



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

Etude du périmètre d'irrigation d'El Kouif à partir de la retenue El Brika (W.Tebessa)

Présenté par :

Mr. BOUYAHIAOUI Faris

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mr.DERNOUNI Youcef	MAA	Président
Mr.BENKACI ALI Tarek	MCB	Examineur
Mme.MAZOUZI Sabra	MAA	Examineur
Mme.SADOUNE Samra	MCB	Promotrice

Session Septembre 2020

Remerciements

*Je remercie Allah le tout puissant le miséricordieux qui m'a donné le courage
d'achever ce modeste travail.*

*Je tiens à remercier vivement tous ceux qui m'ont apporté un soutien pour
l'élaboration de ce mémoire de fin d'études.*

*Mes plus vifs remerciements vont à ma promotrice M^{me} SADOUNE SAMRA pour
leur effort afin de mener ce travail.*

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

*Je tiens à présenter par l'occasion mes respects à tous les enseignants qui ont
contribué à ma formation.*

*Je tiens ensuite à remercier ma chère MERE et mon cher PERE, mon frère et mes
SŒURS pour le soutien inconditionnel dont ils ont fait preuve depuis que mon
projet professionnel est défini. Merci pour le soutien financier, moral, psychologique
et matériel. Si je suis ici aujourd'hui, c'est grâce à Allah et puis vous!*

Enfin, à tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin je leurs dis MERCI.

Dédicace

Je dédie ce travail ...

A ma très chère mère

Je te remercie pour tout le soutien et l'amour que tu m'as apporté depuis mon enfance et j'espère que ton invocation m'accompagne toujours.

Que ce modeste travail soit l'exaucement de tes vœux tant formulés, le fruit de tes innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez.

Puisse Dieu, le Très Haut, t'accorder le paradis, santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je te déçoive

Je t'aime maman

A mon très cher père

A celui qui m'a aidé à découvrir le « savoir » le trésor inépuisable.

De tous les pères, tu es toujours le meilleur au monde, tu as su m'entourer d'attention, m'inculquer les valeurs nobles de la vie, tu m'as appris le sens de l'honnêteté et de la responsabilité.

Que dieu t'accorde le paradis et une longue vie.

À mon cher Frère

À mes chères sœurs

À Toute ma famille, grande et petite

À Tous mes amis

Enfin, à tous ceux qui me connaissent

Bouyahiaoui faris

ملخص:

الهدف من إنجاز هذه المذكرة هو تحديد أبعاد شبكة تزويد وتوزيع المياه على مستوى المنطقة الزراعية "الكouif" الواقعة في ولاية تبسة، التي تمتد على مساحة قدرها 130 هكتارا انطلاقا من خزان "البريكة". يتضمن هذا المشروع دراسة شاملة للمنطقة من حيث المناخ ونوعية التربة إضافة إلى الموارد المائية، بغرض تقييم حاجياتها من المياه، وذلك بغية تحديد وتصميم نظام الري المناسب. نظرا لأهمية المحافظة على الثروة المائية لرفع المردودية وعصرنة الزراعة، تم اعتماد خلال هذه المذكرة أنظمة ري اقتصادية وفعالة.

Résumé :

L'objectif de ce travail est l'étude d'un réseau d'irrigation au niveau du périmètre d'El Kouif situé dans la wilaya de Tebessa qui s'étend sur une superficie de 130 ha, à partir du la retenue d'El Brika. Ce projet comprend une étude détaillée de la région (climatologique, pédologique et ressources en eau) pour estimer les besoins des cultures afin de concevoir un réseau d'irrigation adéquat. La préservation de la ressource en eau est une nécessité pour le développement de l'agriculture qui assure des rendements meilleurs et de ce fait des systèmes d'irrigation économiques.

Abstract :

The aim of this work is to dimension the agricultural perimeter of El kouif irrigation network, which is situated in the Wilaya of Tebessa and extends over a surface of 130ha, from the hill reservoir of El Brika. The project is based on a general study of the area such as: climate, soil nature, water resources, to estimate the water requirements to dimension the suitable irrigation system. The preservation of water resources is essential to modernize agriculture and allow crop intensification; for this, efficient irrigation systems such as drip irrigation and spray irrigation are adopted in this work.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles	
I.1 Introduction.....	2
I.2 Situation géographique et administrative de la wilaya de Tebessa.....	2
I.3 Caractéristiques de la région.....	4
I.3.1 Relief	4
I.3.2 Hydrographie	4
I.4 Etude socio-économique.....	4
I.4.1 Importance de l'agriculture sur l'économie de la région.....	4
I.5 Etude climatologique.....	5
I.5.1 Les précipitations (pluviométrie) :	5
I.5.2 Températures de l'air	5
I.5.3 L'évaporation.....	6
I.5.4 L'humidité relative :	7
I.5.5 Le vent :	7
I.5.6 Insolation	8
I.5.7 La grêle.....	8
I.6 Les indices climatiques.....	8
I.6.1 Classification de climat selon l'indice d'aridité de De Martone :	8
I.6.2 Quotient Ombrothermique d'Emberger	9

I.6.3	Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gausсен :	11
I.7	Conclusion	11

Chapitre II: Ressources en sol et Ressources en eau

II.A	Ressources en sol	13
II.A.1	Introduction	13
II.A.2	But de l'étude pédologique	13
II.A.3	Classification des sols	13
II.A.3.1	Classe des sols peu évolués	13
II.A.3.2	Classe des sols Calcimagnésiques	14
II.A.4	Etude des aptitudes culturales	15
II.A.4.1	Les aptitudes définies	15
B/	Ressources en eau	16
II.B.1	Introduction	16
II.B.2	Présentation du bassin versant	16
II.B.3	Caractéristiques de la retenue	17
II.B.4	Analyse de la qualité de l'eau d'irrigation	18
II.B.4.1	Le SAR (Sodium Absorption Ration)	18
II.B.4.2	La conductivité électrique	19
II.C.	Conclusion	21

Chapitre III : Etude hydrologique

III.1 Introduction	22
III.2 Choix de la station pluviométrique.....	22
III.3 Choix de la station de référence	22
III.4 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique (Test de Mood).....	23
III.5 Ajustement statistique des pluies.....	25
III.5.1 Ajustement des pluies annuelles à la Loi de Gauss ou loi normale.....	26
III.5.2 Ajustement des pluies annuelles a la loi de Glton ou loi log normale	27
III.6 Test de validité d'un ajustement	28
III.7 Détermination de l'année de calcul	30
III.8 Conclusion.....	30

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

IV.1 Introduction	32
IV.2 Besoins en eau des cultures.....	32
IV.2.1 Calcul de l'évapotranspiration	32
IV.2.2 Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ETo)	32
IV.2.3 Calcul de l'évapotranspiration maximale ETM	35
IV.2.4 Coefficients culturaux (K c)	35
IV.3 Besoins en eau d'irrigation	35
IV.3.1 Calcul de la pluie efficace.....	36
IV.3.2 Choix des cultures	36

IV.3.3 Cycle végétatif des cultures.....	37
IV.4 Calcul des besoins en eau des cultures	38
IV.5 Calcul du débit spécifique.....	41
IV.5.1 Evaluation du débit caractéristique.....	42
IV.5.2 Estimation des volumes d'eau d'irrigation.....	43
IV.6 Conclusion	43

Chapitre V : Etude du système d'adduction

V.1.Introduction	44
V.2 Alimentation en eau du périmètre.....	44
V.3 Ilots et bornes d'irrigation.....	44
V.3.1 Rôle et fonction de la borne d'irrigation	44
V.3.2 Calcul du débit aux bornes	45
V.3.3 Choix du diamètre et du type des bornes	45
V.4 Etude du système de pompage	46
V.4.1. Choix du type de pompe.....	47
V.4.2 Choix de type et de nombre de pompe pour la station de pompage (SP).....	47
V.4.3 Calcul des pertes de charge totales	49
V.4.4 Calcul du diamètre économique.....	50
V.4.4.1 Calcul de la HMT pour différents diamètres.....	50
V.4.4.2 Puissance absorbée par la pompe	50
V.4.4.3. Energie consommée par la pompe.....	50
V.4.4.4 Frais d'exploitation.....	51

V.4.4.5 Frais d'amortissement	51
V.4.4.6. Bilan total des frais	52
V.5 Nombre et choix des pompes	53
V.6 Protection contre de la cavitation	54
V.7 Dimensionnement du réservoir.....	56
V.8 La desserte gravitaire	57
V.8.1 Tracé du réseau de distribution	57
V.8.2 Choix des matériaux des canalisations	57
V.8.3 Dimensionnement hydraulique des canalisations.....	58
V.9 Conclusion.....	64

Chapitre VI : Techniques d'irrigation

VI.1 Introduction.....	65
VI.2 Les techniques d'irrigation.....	65
VI.2.1 Irrigation de surface	65
a- Irrigation par bassin (Submersion)	66
b- Irrigation par planches	66
c- Irrigation à la raie	66
VI.2.2 Irrigation par aspersion.....	67
Les différents types d'installation par aspersion	68
VI.2.3 Irrigation localisée (goutte a goutte).....	69
VI.3 Choix de la technique d'arrosage	71
VI.4 Conclusion	72

Chapitre VII : Dimensionnement à la parcelle

VII.1 Introduction.....	73
VII.2 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion.....	73
VII.2.1 Données générales	73
VII.2.2 Dimensionnement théorique	74
VII.2.3 Dimensionnement hydrauliques des rampes	78
VII.2.4 Calcul de la pression en tête du réseau	81
V.3 Conclusion.....	81

Chapitre VIII : Calcul technico-économique

VIII.1. Introduction	82
VIII.2 Différents travaux à entreprendre	82
VIII.3 Frais des travaux sur réseau d'adduction	83
VIII.3.1 Calcul des volumes de déblais et remblais	83
VIII.3.2 Volume du déblais.....	83
VIII.3.3 Volume de remblais	84
VIII.3.4 Volume de sable.....	84
VIII.3.5 Calcul des différent volumes	84
VIII.4 Estimation des Frais des travaux sur le réservoir	85
VIII.4.1 Terrassement.....	86
VIII.4.2 Bétonnage.....	87
VIII.4.3 Enduit et peinture.....	88

VIII.4.4. Le cout des travaux des réservoirs	88
VIII.5 Frais des travaux sur réseau de distribution	89
VIII.5.1 Calcul des différents volumes	89
VIII.5.2 Facture des différents types de conduites du réseau de distribution	89
VIII.5.3 Accessoires du réseau de distribution	90
VIII.6 Estimation du coût total du projet	90
VIII.7. Conclusion	90
CONCLUSION GENERAL	91

Liste des tableaux

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

Tableau I-1: moyenne en mm station d'El Kouif (1975-2011)	5
Tableau I-2: distribution des températures moyennes mensuelles à la station de Tébessa	5
Tableau I-3: Valeurs mensuelles d'évaporation.....	6
Tableau I-4: Valeurs mensuelles de l'humidité relative Station de Tébessa (1980-2010).....	7
Tableau I-5: Moyenne mensuelle des vitesses du vent (Station de Tébessa)	7
Tableau I-6: Valeurs moyennes des durées d'insolation journalières en Heure/jour.....	8
Tableau I-7: Nombre de jours de grêles	8

Chapitre II: Ressources en sol et Ressources en eau

Tableau II- 1: Caractéristiques hydrologiques du Bassin Versant	16
Tableau II- 2: Caractéristiques hydrauliques de la retenue.....	17
Tableau II- 3: Qualité chimique de l'eau d'irrigation	18
Tableau II- 4: Classification des eaux en fonction du S.A.R.....	19
Tableau II- 5: Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique	19

Chapitre III : Etude hydrologique

Tableau III- 1: Caractéristiques géographiques la station étudiée	22
Tableau III- 2: Série pluviométrique station d'El Kouif (1975-2011)	23
Tableau III- 3: Test de validité de l'ajustement	29
Tableau III- 4: Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq= 80%)	30

Chapitre IV : calcul des besoins en eau des cultures

Tableau IV- 1: Calcul de l'évapotranspiration de référence à l'aide de CROPWAT 8.0	34
Tableau IV- 2: Précipitation efficace dans la zone d'étude	36
Tableau IV- 3: Occupation de sol en fonction des cultures	37
Tableau IV- 4: Cycle végétatif des cultures.....	37
Tableau IV- 5: Calcul des besoins en eau du maïs grain.....	38
Tableau IV- 6: Calcul des besoins en eau de la luzerne	38
Tableau IV- 7: Calcul des besoins en eau de l'haricot	39
Tableau IV- 8: Calcul des besoins en eau des Laitue.....	39
Tableau IV- 9: Calcul des besoins en eau de la carotte	39
Tableau IV- 10: Calcul des besoins en eau de la betterave	40
Tableau IV- 11: Calcul des besoins en eau de l'olivier	40
Tableau IV- 12: Calcul des besoins en eau du pêcher.....	40
Tableau IV- 13: Récapitulatif des besoins.....	41
Tableau IV- 14: Besoins en eau totaux.....	43

Chapitre V : Etude du système d'adduction

Tableau V- 1: Type de bornes en fonction de superficies des ilots.....	45
Tableau V- 2: Les caractéristiques des ilots avec débit de la borne du périmètre	46
Tableau V- 3: Calcul de la HMT pour divers diamètres de la conduite.....	50
Tableau V- 4: Calcul des frais d'exploitation	51

Tableau V- 5: Variation des frais d'investissement en fonction du diamètre.....	52
Tableau V- 6: Bilan technico-économique des diamètres choisis	52
Tableau V- 7: Variantes pour le choix du nombre de pompes.....	53
Tableau V- 8: Pression atmosphérique en fonction de la côte.....	55
Tableau V- 9: Pression de vapeur en fonction de la température	55
Tableau V- 10: Dimensions du réservoir de stockage projeté	57
Tableau V- 11: Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon	59
Tableau V- 12: Calculs hydrauliques du réseau de distribution	61

Chapitre VI : Techniques d'irrigation

Tableau VI- 1: Analyse multicritère du choix de la technique d'irrigation	71
---	----

Chapitre VII : Dimensionnement à la parcelle

Tableau VII- 1: Résultat de calcul pratique d'aspersion	80
---	----

Chapitre VIII : Calcul technico-économique

Tableau VIII- 1: Quantité des travaux de terrassement	84
Tableau VIII- 2: Coût des travaux de terrassement.....	85
Tableau VIII- 3: Facture de conduites du réseau d'adduction.....	85
Tableau VIII- 4: Coût des travaux de réalisation du réservoir.....	88
Tableau VIII- 5: Quantité des travaux de terrassement	89
Tableau VIII- 6: Coût des travaux de terrassement.....	89
Tableau VIII- 7: Facture des différents types de conduites du réseau de distribution	89

Tableau VIII- 8: Fourniture de pose de pièces spéciales 90

Liste des figures

Chapitre I : Analyse des Conditions Naturelles

Figure I-1: Localisation de la commune dans la wilaya de Tébessa	3
Figure I-1: Carte de situation de périmètre d'étude	3
Figure I-1: Répartition des températures moyennes.....	6
Figure I-1: Diagramme bioclimatique d'Emberger.....	10
Figure I-5: Diagramme ombrothermique de Gaussen	11

Chapitre II: Ressources en sol et Ressources en eau

Figure II-1: Diagramme de classification des eaux d'irrigation	20
--	----

Chapitre III : Etude hydrologique

Figure III- 1: Le graphe de l'ajustement des pluies annuelles loi normale	26
Figure III- 2: Le graphe de l'ajustement des pluies annuelles loi log normale.....	27
Figure III- 3: Les résultats de l'ajustement des pluies annuelles à la loi normale	29

Chapitre V : Etude du système d'adduction

Figure V- 1: Graphe du cout en fonction diamètre	52
Figure V- 2: Courbe caractéristique de la pompe	53

Chapitre VI : Techniques d'irrigation

Figure VI- 1: Irrigation gravitaire	66
Figure VI- 2: Irrigation par aspersion.....	67
Figure VI- 3: Irrigation par goutte à goutte	69

Chapitre VIII : Calcul technico-économique

Figure VIII- 1: Disposition de la conduite dans une tranchée	84
--	----

Liste des planches

PLANCHE 01 : plan topographique et tracé de l'adduction du périmètre El Kouif

(w.Tebessa)

PLANCHE 02 : Réseau de distribution l'adduction du périmètre El Kouif (w.Tebessa)

PLANCHE 03 : profil en long de l'adduction du périmètre El Kouif (w.Tebessa)

PLANCHE 04 : Réseau d'irrigation par aspersion dans l'îlots N⁰ 12 du périmètre El Kouif

(w.Tebessa)

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est une ressource essentielle à la vie. Il est soumis à une grande variété d'utilisations humaines. Irremplaçable dans la production agricole, énergétique et industrielle.

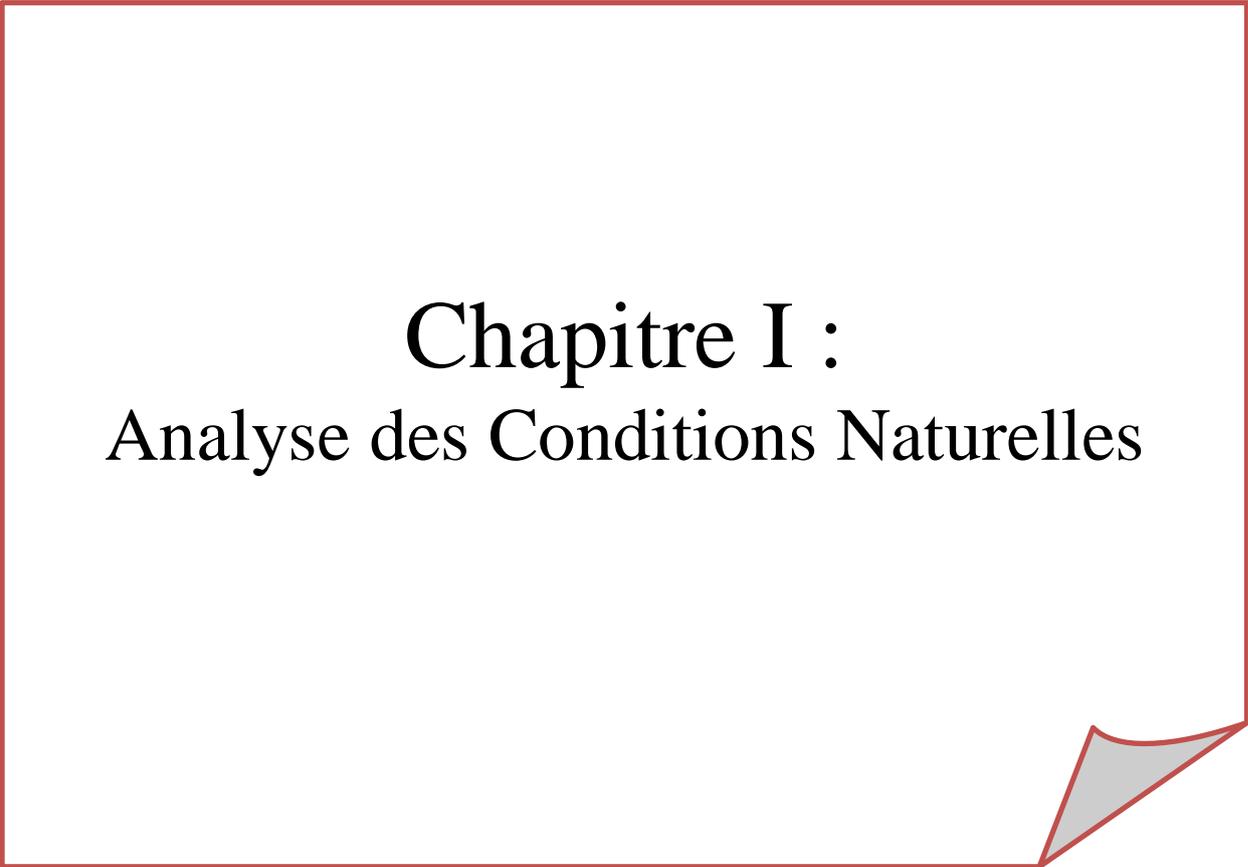
Les ressources en eau sont de plus en plus menacées par les conséquences des activités humaines. Le nombre croissant d'utilisateurs signifie qu'il est désormais nécessaire de gérer cette ressource de manière intégrée et efficace sur le long terme, et ainsi trouver des solutions innovantes répondant à la demande.

La zone d'étude est située sur le périmètre d'El Kouif dans la commune d'El Kouif (257 km²) de la wilaya de Tebessa, située au Nord-Est de l'Algérie.

Dans cette optique, maîtriser la technologie des réseaux d'irrigation gravitaires et son évolution dans le temps, ainsi que les modes de distribution par parcelle. Depuis la première moitié de notre siècle, tous les projets d'irrigation de la région sont subordonnés aux problèmes d'approvisionnement en eau potable, qui est une priorité. Au cours de la dernière décennie, un autre phénomène qui exacerbe la pénurie d'eau pour l'irrigation est la période de sécheresse accrue.

La mobilisation de l'eau au niveau de la retenue collinaire d'El Brika peut permettre actuellement la mise en place d'un système d'adduction et de distribution d'eau à travers l'ensemble du périmètre.

Les parcelles de notre périmètre seront équipés par les modernes techniques d'irrigation (asperseur et goutte à goutte) qui représentent une solution d'une irrigation innovante multiplier d'avantages technico-économique.



Chapitre I :

Analyse des Conditions Naturelles

I.1 Introduction

La connaissance et l'analyse des différents facteurs lors de l'élaboration d'un aménagement hydro-agricole sont primordiales dans le cadre d'une bonne conception du réseau d'irrigation.

Ce chapitre est consacré à la description détaillée de la zone d'étude, du point de vue géographique, climatologique, socio-économique et son contexte morphologique, afin de déterminer les différents paramètres qui vont nous permettre de caractériser la zone d'étude, ce qui est indispensable dans un projet d'irrigation.

I.2 Situation géographique et administrative de la wilaya de Tébessa

La région du Tébessa se trouve à environ 500Km au Nord- Est d'Algérie ; Elle est limitée : Au Nord par la wilaya de Souk-Ahras, au Sud par la wilaya d'El- Oued Souf, à l'Est par la frontière tunisienne et à l'Ouest par les wilayas d'Oum El Bouaghi et Khenchela.

La commune d'El Kouif (Fig.I-1) est située dans la wilaya de Tébessa, elle couvre une superficie de 257 km² ; elle est limitée par :

- Tunisie à l'Est
- l'Ain zeraga au Nord
- Tébessa à Ouest
- Bekkaria au Sud.

Et ses les coordonnées géographiques sont:

- Longitude : 8.33 EST
- Latitude : 35.5 NORD
- Altitude : 885m

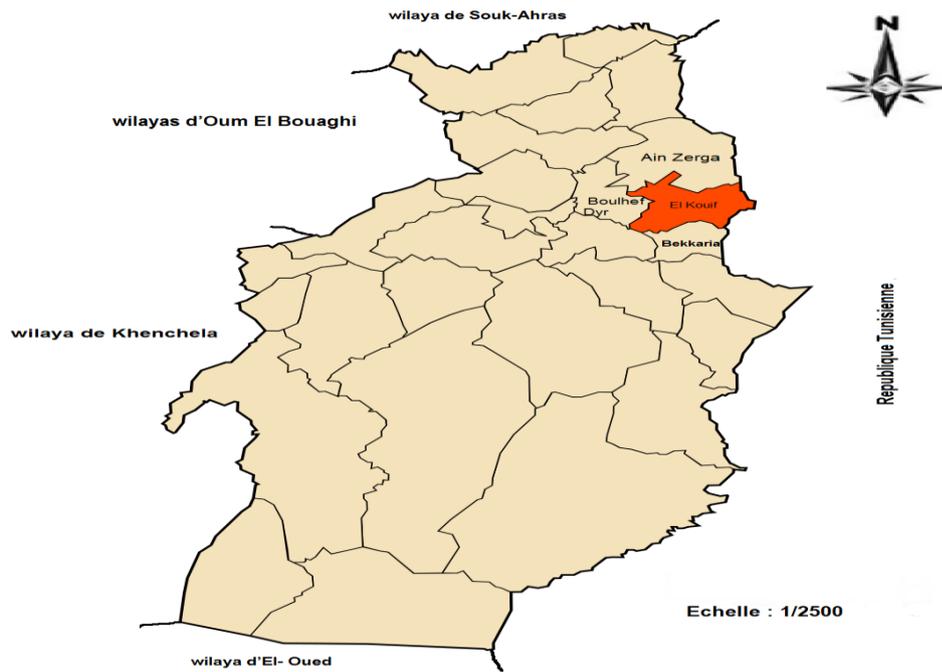


Figure I-1: Localisation de la commune dans la wilaya de Tébessa

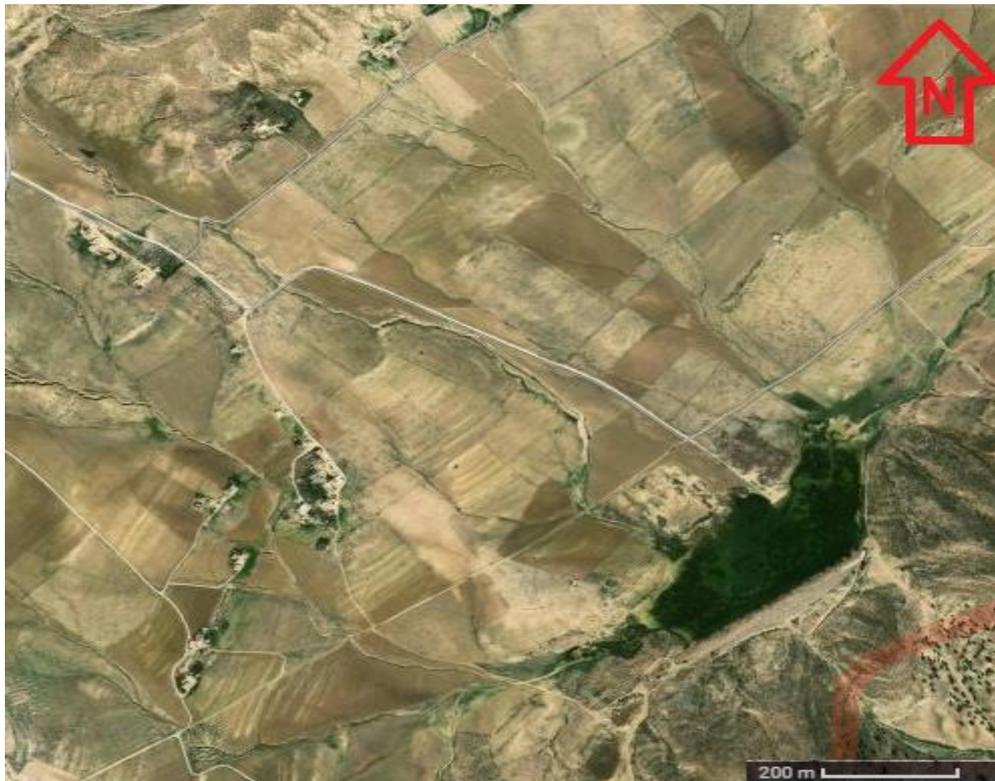


Figure I-2: Carte de situation de périmètre d'étude

I.3 Caractéristiques de la région

I.3.1 Relief

Le périmètre est situé dans la zone frontalière Algero-tunisienne au Sud-Est de la ville d'El Kouif, il est situé dans une vallée cernée entre deux chaînes montagneuses d'orientation Nord-Est, l'une au Nord et l'autre au Sud abritant une partie de la limite frontalière avec la Tunisie. Les terres à irriguer sont situées immédiatement au Nord de la cuvette de la retenue. Elles sont limitées au Nord par le massif calcaire de Djebel Saadi (1144m); au Sud par la cuvette de la retenue, à l'Ouest par la piste reliant El Kouif à la digue de la retenue collinaire et à l'EST par Draa El Brika.

I.3.2 Hydrographie

La densité du chevelu hydrographique témoigne d'un ruissellement important. Les principaux cours d'eau sont oued El Hassi qui prend naissance dans les gorges situées immédiatement au Sud d' El Kouif. C'est un important cours d'eau à écoulement intermittent qui traverse le périmètre du Nord au Sud. Son écoulement dépend exclusivement des précipitations enregistrées notamment les averses orageuses.

I.4 Etude socio-économique

La population de la commune d'El Kouif est évaluée à 19926 habitants, répartie sur 257 km² (superficie totale de la commune), soit une densité de 78 hab. /km². Plus de 50% de la population réside au chef-lieu de commune et 1/3 en zone éparses.

I.4.1 Importance de l'agriculture sur l'économie de la région

La commune d'El Kouif est une région à dominance agricole et rurale. Cependant, l'agriculture actuelle est fondée sur une culture extensive du blé et l'orge en sec, les agriculteurs pratiquent l'assolement biennal, qui n'est pas créateur de postes de travail.

L'aménagement hydro-agricole du périmètre offrira des opportunités sur l'emploi, et donc sur le niveau social.

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

I.5 Etude climatologique

Les données météorologiques et climatologiques sont très importantes dans la planification et la gestion des projets d'irrigation. Elles permettent de délimiter une région en différentes zones agro-météorologiques spécifiques pour chaque spéculation agricole.

Dans un projet d'irrigation, les facteurs climatiques les plus déterminants sont: les précipitations, la température, le vent, l'humidité relative de l'air, l'insolation.

I.5.1 Les précipitations (pluviométrie) :

Les précipitations sont définies comme l'ensemble des eaux météorologiques recueillies par un bassin versant ou une surface bien déterminée.

Pour la pluviométrie, nous avons exploré une série d'observations de 37 ans relevée à partir de la station d'Elkouif.

Les pluies moyennes mensuelles représentées dans le tableau I.2 traduisent clairement les variations saisonnières et leur distribution à l'échelle annuelle.

Tableau I-1: moyenne en mm station d'El Kouif (1975-2011))

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Tot	Max	Min
P (mm)	38,78	25,54	33,6	25,65	24,66	19,71	27,51	27,31	29,55	21,38	7,98	17,65	299,3	38,78	7,98

Source : l'A.N.R.H de Constantine

I.5.2 Températures de l'air

La température représente un facteur essentiel qui conditionne l'évapotranspiration des cultures et intervient dans le développement des plantes, elle se caractérise par une amplitude thermique accentuée entre le jour et la nuit.

Tableau I-2: distribution des températures moyennes mensuelles à la station de Tébessa

T°/Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Moy
Tmax°C	29,4	21,7	16,1	11,7	10,6	12,2	16,1	20,5	25	31,1	35	33,9	21,94

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Tmin°C	16,1	11,1	6,7	2,8	1,7	2,8	4,4	7,2	11,7	16,1	18,9	18,3	9,81
Tmoy°C	22,75	16,4	11,4	7,25	6,15	7,5	10,25	13,85	18,35	23,6	26,95	26,1	15,8

Source : l'A.N.R.H de Constantine

Avec : Tmin: moyenne de tous les minima observés pour chaque mois,

Tmax: moyenne de tous les maxima observés pour chaque mois,

Tmoy: moyenne mensuelle.

Le graphe de variation des températures est présenté comme suit :

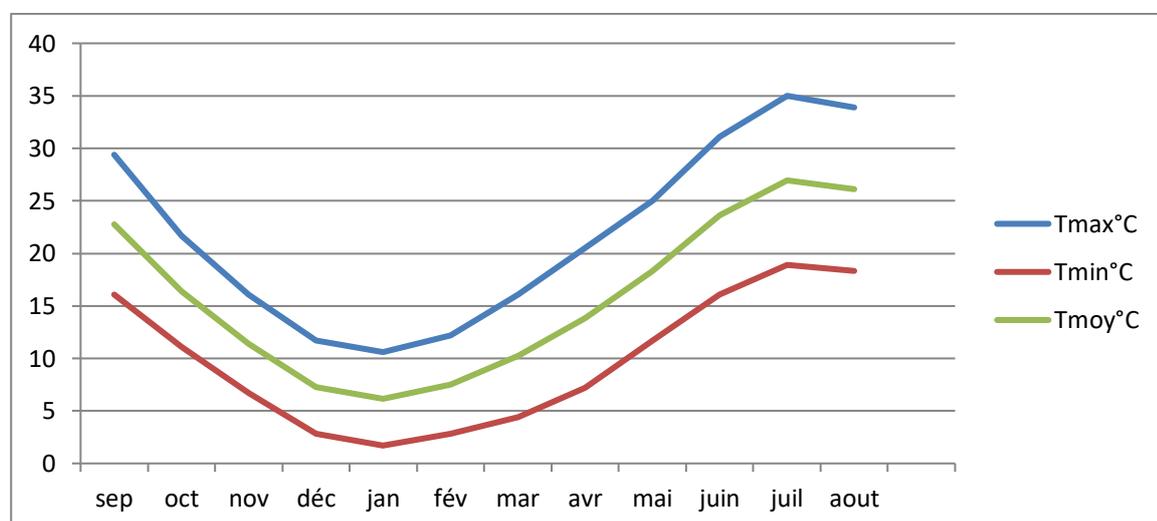


Figure I-3: Répartition des températures moyennes

1.5.3L'évaporation

L'évaporation est un passage progressif de l'état liquide à l'état gazeux, son effet est de réduire la température de l'environnement.

Tableau I-3: Valeurs mensuelles d'évaporation

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Evaporation (mm)	216.6	175.4	108.06	85.73	76.86	92	140.73	176.73	233.66	282.86	370.6	315.6

Source : O.N.M

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

I.5.4 L'humidité relative :

C'est un élément important du cycle hydrologique contrôlant l'évaporation du sol et la couverture végétale et qui représente la quantité réelle de vapeur d'eau contenue dans l'air par rapport à celle que pourrait contenir s'il était saturé à la même température.

Tableau I-4: Valeurs mensuelles de l'humidité relative Station de Tébessa (1980-2010)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Humidité (%)	56.9	60.3	68.9	72.6	72.8	67.0	63.0	60.0	53.9	46.3	40.8	44.3

Source : O.N.M

L'analyse du tableau I.3 fait ressortir l'humidité moyenne annuelle qui est de 58.9% .

I.5.5 Le vent :

Le vent est un facteur important sur le plan d'irrigation, car il représente l'élément déterminant dans le choix de type d'irrigation (aspersion).

Tableau I-5: Moyenne mensuelle des vitesses du vent (Station de Tébessa)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	juil	Aout
V _{moy} (m/s)	2.63	2.35	2.91	3,13	2.81	3.35	3.41	3.79	3.43	3.1	3.08	2.5

Source : O.N.M

Le tableau précédent, montre que la vitesse moyenne mensuelle du vent enregistrée à la station de Tébessa varie entre 2.35 m/s en Octobre et 3.79 en Avril.

I.5.6 Insolation

Les valeurs mensuelles moyennes observées sont présentées dans le tableau suivant :

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Tableau I-6: Valeurs moyennes des durées d'insolation journalières en Heure/jour

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Insolation (h/jour)	9.2	5.3	1	1.5	1.2	1	7.4	11.1	12.2	13.5	12.3	13

Source : O.N.M

I.5.7 La grêle

La moyenne annuelle de journées de grêle est de 3 jours/ an répartie généralement entre les mois de janvier et de juin, avec un maximum de 0,5 jours au mois de mai, le minimum se situe au mois d'octobre.

Tableau I-7: Nombre de jours de grêles

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annuelle
Nbre de jours de grêle	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,1	0,1	0,4	0	0,1	0,1	3

Source : l'A.N.R.H de Constantine

I.6 Les indices climatiques

Les indices climatiques permettent de classer le climat en se basant essentiellement sur deux paramètres la pluie moyenne et la température de l'air.

I.6.1 Classification de climat selon l'indice d'aridité de De Martone :

Cet indice nous donne une idée sur la nécessité d'introduire l'irrigation par rapport au climat :

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

Avec :

I_A : indice climatique ;

P : précipitation moyenne annuelle (mm) ;

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

T : Température moyenne annuelle (°C).

Tableau I-8: Classification du climat selon Martonne

Valeurs de I	Type de climat	Irrigation
I<5	Désertique	Indispensable
5<I<10	Très sec	Indispensable
10<I<20	Sec	Souvent Indispensable
20<I<30	Relativement humide	Parfois utile
I>30	Humide	Inutile

Dans notre cas, on trouve :

$$I_A = \frac{299.34}{15.8 + 10} \approx 11,6$$

On constate que l'indice d'aridité est compris entre 10 et 20 ce qui se traduit par un climat sec et une irrigation souvent indispensable.

1.6.2 Quotient Ombrothermique d'Emberger

Cet indice a pour but de déterminer l'étage bioclimatique :

$$Q = \frac{1000.P}{(M+m)(M-m)/2} = \frac{2.1000.P}{M^2 - m^2}; \dots\dots\dots (I.2)$$

Avec :

Q : coefficient Ombrothermique d'Emberger.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : moyenne des températures maximales (Kelvin).

m : moyenne des températures minimales (Kelvin).

Pour : P=299.34mm; M=26.7°C et m=6°C

$$Q = \frac{2.1000.P}{M^2 - m^2} = \frac{2 \cdot 1000 \cdot 299.34}{(26.7 + 273.15)^2 - (6 + 273.15)^2} = 49.95 \approx 50$$

D'où Q=50

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

En portant la valeur de Q dans le diagramme bioclimatique d'Emberger, et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid (6°C), on peut confirmer que notre région se situe dans :

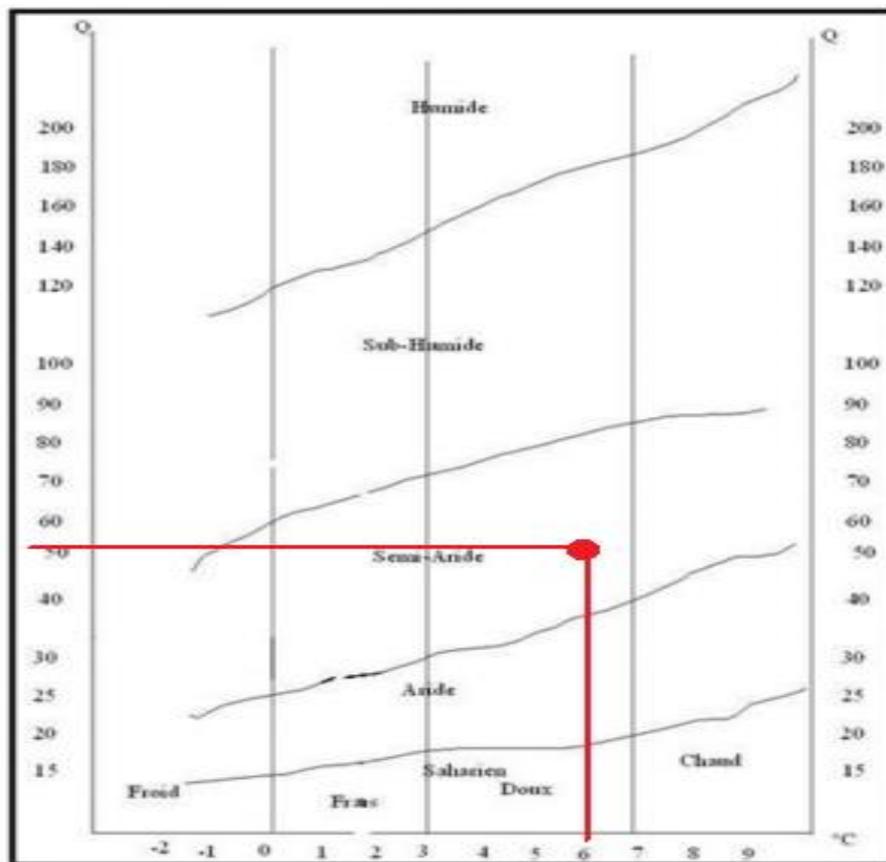


Figure I-4: Diagramme bioclimatique d'Emberger

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

1.6.3 Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gausson :

Le graphe est construit en mettant en abscisse les mois et en ordonné les valeurs moyennes mensuelles des températures et des pluies dont l'échelle est égale à la moitié de celle des précipitations

Lorsque la courbe des températures dépasse celle des précipitations, il y'a une sécheresse totale, dans le cas contraire on dit que la période est humide.

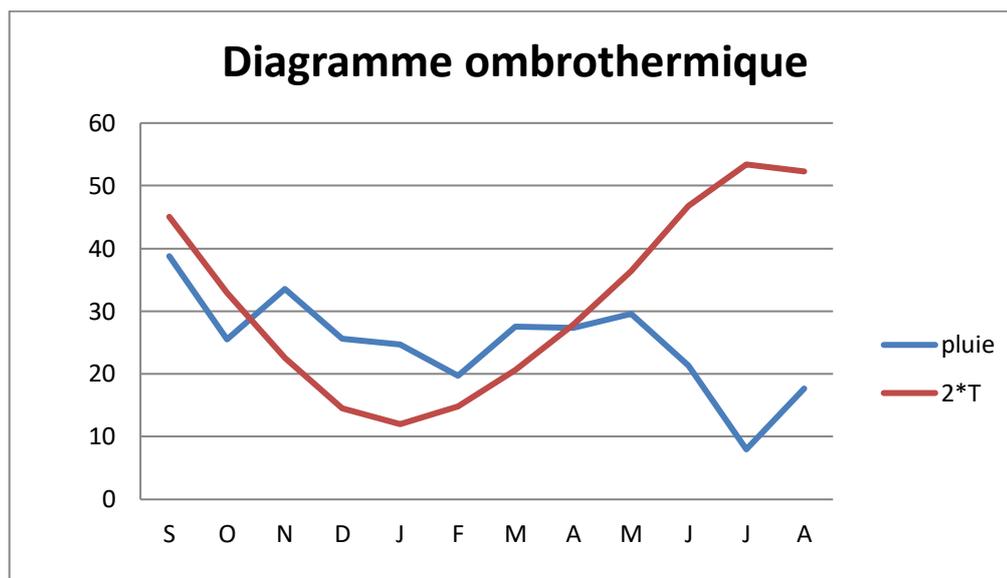


Figure I-1: Diagramme ombrothermique de Gaussen

Les deux courbes se croisent et la surface délimitée mesure l'intensité de la saison sèche et la saison humide, la différence des abscisses nous donne la durée de la saison ; donc :

- La saison humide est de allant de la fin du mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril.
- La saison sèche est plus marquée, allant du mois d'avril jusqu'au début de mois d'octobre.

I.7 Conclusion

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

Le périmètre est situé dans la zone extrême Est du pays, il est caractérisé par une pluviométrie annuelle très limitée, de l'ordre de 299.34 mm et une température moyenne annuelle est de 15,8°.

Les paramètres climatiques et agro-météorologiques indiquent que la zone d'étude est semi-aride. Dans ce cas, l'introduction de l'irrigation s'avère utile pour l'intensification des cultures.

Chapitre II : Ressources en sol et Ressources en eau

II.A/Ressources en sol

II.A.1 Introduction

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

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

II.A.2 But de l'étude pédologique

L'étude pédologique du périmètre a pour buts :

- ❖ D'apprécier les potentialités des terres vis-à-vis l'irrigation, en mettant l'accent sur une hiérarchie d'aptitude de différentes zones et sur l'existence des contraintes éventuelles pour l'aménagement.
- ❖ De fournir à l'ingénieur irrigateur les données fondamentales caractérisant les relations entre le sol et l'eau, à savoir la dose d'irrigation et la vitesse d'infiltration, qui conditionnent la conduite et l'organisation des arrosages.

II.A.3 Classification des sols

La classification des sols utilisée est la classification française (CPCS, 1967), en usage à la direction de pédologie de l'ANRH.

Sur la base de la démarche présentée ci-dessus, cinq (05) unités pédologiques homogènes ont été définies. Ces unités sont réparties en deux (02) Classes taxonomiques :

- ❖ Classe des sols peu évolués .
- ❖ Classe des sols Calcimagnésiques.

II.A.3.1 Classe des sols peu évolués

Ils occupent une superficie très limitée 1.30 ha soit 0.98%. Ils sont représentés par un seul sous-groupe. Ce sont des sols d'apport alluvial, colluvial formés par les matériaux charriés à l'amont puis déposés par oued El Hassi. Morphologiquement, ces sols présentent

un profil profond, présentant une texture fine sur tout le profil, ils ne sont pas salés, leur pH est alcalin.

Dans la majorité des cas, les sols présentent une perméabilité bonne à l'irrigation.

II.A.3.2 Classe des sols Calcimagnésiques

Ils forment la quasi-totalité des sols du périmètre d'irrigation. Ils s'étendent sur une superficie de 131.12 soit 99.02%. Ils sont caractérisés par un profil calcaire avec développement d'un horizon enrichi en carbonates de calcium de profondeur variable. Quatre familles ont été définies :

a) Sols bruns calcaires modaux limono argileux

Ils occupent la partie Nord-Est du périmètre d'étude et s'étalent sur une superficie de 55.31ha soit 41.77%. Ce sont des sols profonds, de texture moyenne à fine, formés sur des marnes calcaires gypsifères. Ils présentent généralement un profil de couleur clair à tendance blanchâtre.

Le profil est riche en calcaire (plus de 30%), le pH est alcalin sur tout le profil et le sol est sain. Les réserves minérales est moyennement pourvu à pauvre en matière organique entre (0.45 et 2.31 %) dans les horizons de surface avec un taux d'argile variant respectivement entre (33 % et 26.5%).

b) Sols bruns calcaires modaux à encroutement

Ils occupent la partie centrale du périmètre d'étude immédiatement à l'Ouest d'Oued El Hassi et s'étalent sur une superficie de 28.84 ha soit 21.78% de la surface du périmètre. Ils sont représentés par les profils 20 et 28.

Ce sont des sols profonds, formés sur des marnes calcaires gypsifères présentant un profil totalement calcaire de couleur claire à blanchâtre. La texture est fine (argileuse à limono argileuse).

Les sols sont sains du point de vue salinité et présentent un pH franchement alcalin. Ils sont pauvres en matières organiques et en phosphore. En revanche, ils sont moyennement pourvus en potassium.

c) Sols bruns calcaires sablo- argileux

Ils occupent la partie extrême Ouest du périmètre et s'étendent sur une superficie de 10.43 ha soit 7.87%. Cette unité est caractérisée par un profil calcaire, profond, à texture (sablo argileuse) et affecté en profondeur par une légère salure.

Le profil est moyennement pourvu en matière organique (1.02 % dans l'horizon de surface). Le pH est neutre en surface à légèrement alcalin en profondeur.

d) Sols bruns calcaires noircis halomorphes

Cette unité est d'une superficie de 36.54 ha soit 27.59 % , elle est formée de deux aires, l'une de 13.78 ha occupant la partie Sud jouxtant le lac de la cuvette; quant à la seconde de 22.76ha, elle occupe la partie Sud-Est du périmètre.

Ce sont des sols profonds, calcaires, caractérisés par une couleur brune à sombre sur une partie du profil. La texture est fine (limono argileuse).

Le pH est alcalin. Les sols sont affectés par une faible salinité.

II.A.4 Etude des aptitudes culturales

Les aptitudes culturales des différentes unités pédologiques définies ont été établies en tenant compte des paramètres suivants :

- La texture du sol (selon la profondeur des racines de la culture)
- La structure des horizons en fonction de l'enracinement de la culture
- Présence d'éléments grossiers dans le profil
- La salinité du sol
- Le calcaire
- La réaction du sol (pH).

II.A.4.1 Les aptitudes définies

a) Cultures céréalière et fourragères

Aptitude bonne pour la fétuque, vesce-avoine, blé dur, blé tendre, maïs et Orge. et moyenne pour la luzerne, bersim, sorgho.

b) Culture maraichères

Aptitude bonne pour, oignon, navet, choux, épinard, betterave, carotte et laitue. Aptitude moyenne pour : tomate, ail, aubergine, pastèque, melon, piment, poivron, haricot, concombre et pois.

c) Cultures arboricoles

Aptitude bonne pour olivier, pêcher sur prunier et figuier. et moyenne pour agrumes, pêcher sur amandier, abricotier sur amandier, amandier sur franc, prunier, abricotier sur myrobolan, cerisier sur merisier, pommier et poirier.

B/ Ressources en eau

II.B.1 Introduction

Dans cette partie on va présenter les ressources en eau qui vont alimenter notre périmètre, en faisant une étude détaillé sur la localisation et la quantité des eaux nécessaires, ainsi que leurs qualité qui conditionnent l'étude de notre projets d'aménagement hydro-agricole.

II.B.2 Présentation du bassin versant

Notre périmètre sera irrigué à partir de la retenue collinaire d'El Brika a partir de l'oued El Hassi. Cet oued prend naissance dans les gorges situées immédiatement au Sud d'El Kouif. C'est un important cours d'eau à écoulement intermittent qui traverse le périmètre du Nord au Sud. Son écoulement dépend exclusivement des précipitations enregistrées notamment les averses orageuses. Le bassin versant présente une superficie de 13.0 km².

Son écoulement est également intermittent et déverse dans la cuvette de la retenue collinaire. Les caractéristiques hydrologiques de la retenue sont résumées comme suit :

Tableau II- 1: Caractéristiques hydrologiques du Bassin Versant

N°	Désignation	Unité	Valeurs	
1	Coordonnées du site	X	Km	1012.700
		Y	Km	255.200
		Z	mNGA	958
2	Superficie du bassin versant	S	km ²	13
3	Altitudes caractéristiques	Hmax	m	1189
		Hmoy	m	1025
		Hmin	m	958
4	Pente brute	i	%	3.98
5	Longueur du talweg principal	Lp	Km	5.8
6	Temps de concentration	Tc	Heures	3.53
4	Apport moyen annuel	A	Mm ³	0.54
8	Pluviométrie moyenne annuelle	P	Mm	380
9	Crue de projet (T=100 ans)	Q	m ³ /s	45

II.B.3 Caractéristiques de la retenue

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

Tableau II- 2: Caractéristiques hydrauliques de la retenue

N	Désignation	Unité	Valeur
1	Capacité	Hm3	1.025
2	Volume utile	Hm3	0.9676
3	Volume mort	Hm3	0.0573
5	Côte en crête	m	974.20
6	Côte des plus hautes eaux	m	973.10
7	Côte niveau normal des eaux	m	972.00

Chapitre II : Ressources en sol et Ressources en eau

8	Côte niveau mort	m	966.00
9	Côte vidange de fond	m	964.20
10	Conduite de vidange Conduite en acier du diamètre	mm	500
11	longueur du Conduite vidange	m	77,75

II.B.4 Analyse de la qualité de l'eau d'irrigation

Il est nécessaire d'étudier la qualité d'eau d'irrigation avant tout projet d'aménagement agricole .pour cela il faut vérifier certains facteurs plus importants qui sont :

- Risque de Salinité ;
- Risque de Sodium (Degré d'Adsorption du Sodium ou SAR) ;
- Le pH et la toxicité.

Les analyses chimiques de l'eau de la retenue recueillies au niveau de la DHW, sont résumées comme suit :

Tableau II- 3: Qualité chimique de l'eau d'irrigation

Cations			Anions		
	mg/l	méq/l		mg/l	méq/l
Calcium	275.53	13.75	Bicarbonates	79.3	1.30
Magnésium	37.81	3.11	Sulfates	584	12.16
Sodium	69.29	3.01	Chlorures	85	2.40
Potassium	0.69	0.01	Nitrates	3	0.05
Total	383.32	19.88	Total	751.3	15.91

Source : l'A.N.R.H de constantine

II.B.4.1 Le SAR (Sodium Absorption Ration)

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

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

$A.N : S.A.R = 1.04$

Tableau II- 4: Classification des eaux en fonction du S.A.R

Classe	S.A.R	Danger d'alcalinisation
S1	$SAR \leq 10$	risque faible
S2	$10 < SAR \leq 18$	risque moyen
S3	$18 < SAR \leq 26$	risque élevée
S4	$SAR > 26$	risque très élevée

D'après les valeurs du tableau II-4, on voit que les eaux de la retenue d'El Brika ne présentent pas de risque alcalin pour le sol.

II.B.4.2 La conductivité électrique

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

Tableau II- 5: Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique

Classe	Conductivité électrique CE(mmhos/cm) à 25°C	Qualité des eaux
C1	$CE \leq 0,25$	Eau de risque faible
C2	$0,25 < CE \leq 0,75$	Eau de risque moyen
C3	$0,75 < CE \leq 2,25$	Eau de risque élevée
C4	$CE > 2,25$	Eau de risque très élevée

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

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

Chapitre II : Ressources en sol et Ressources en eau

L'eau de retenue ELBRIKA prévue pour l'irrigation du périmètre étudié a une conductivité électrique moyenne $CE = 1.69$ mmhos/cm et un $PH = 7.23$

A partir de **Tableau II-5** la qualité des eaux risque élevée.

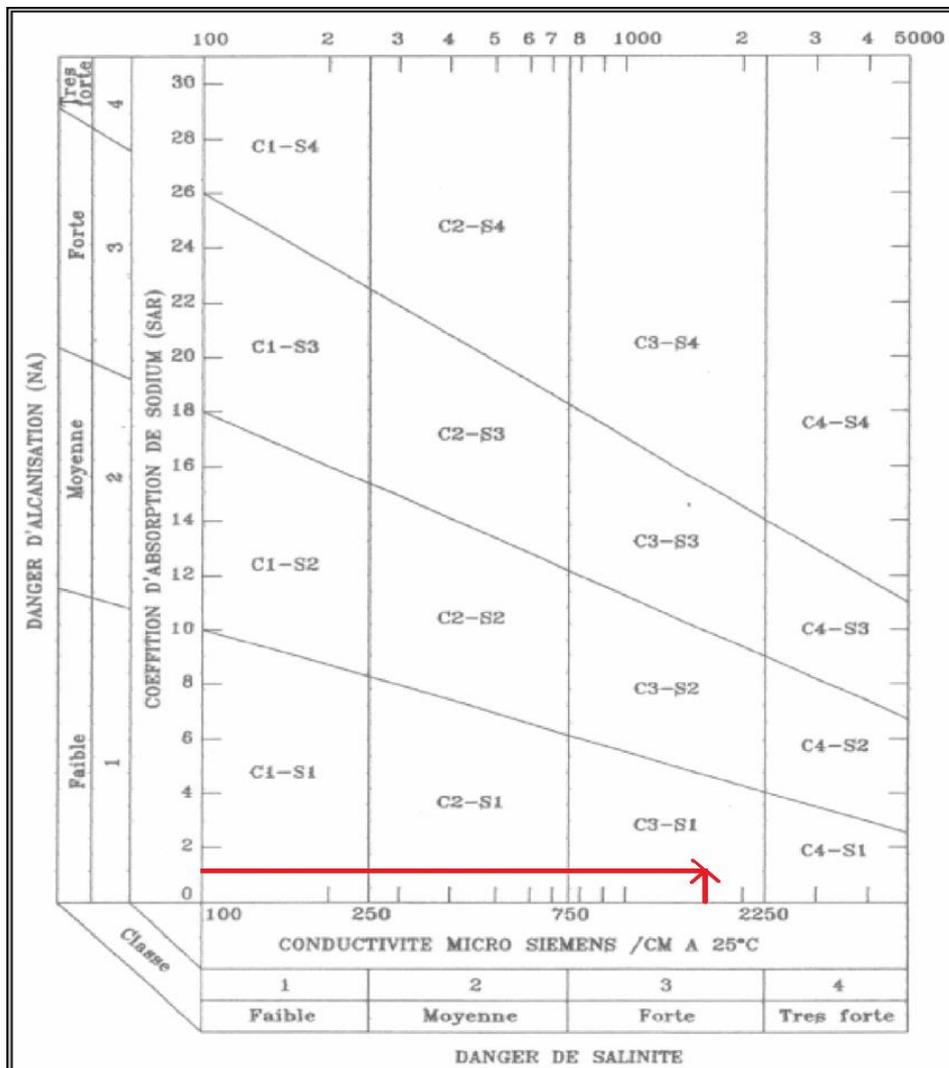


Figure II-1: Diagramme de classification des eaux d'irrigation

Après les calculs du (S.A.R et CE) on peut considérer que l'eau est de qualité acceptable pour l'irrigation et ne présente pas de risques majeurs pour les cultures et les sols.

L'eau est classée (C3-S1)

II.C. Conclusion

Ce chapitre a été consacré à l'étude des ressources en sol et en eau indispensables pour un projet d'irrigation.

Chapitre II : Ressources en sol et Ressources en eau

L'analyse agro-pédologique de la zone d'étude et les analyses physicochimiques des sols ont mis en évidence des propriétés s'adéquate pour toute mise en valeur de ce périmètre.

De façon générale, les sols du périmètre d'Elkouif présentent de bonnes aptitudes culturales, et donc peut constituer une opportunité socio- économique pour la région.

Pour ce qui est des ressources en eau, les eaux de la retenue qui alimentent notre périmètre appartiennent à la classe **C3-S1**, avec une faible alcalinité, et une salinité forte.

Chapitre III: Etude hydrologique

Chapitre III : Etude hydrologique

III.1 Introduction

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

L'étude consiste a :

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

III.2 Choix de la station pluviométrique

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

L'agence nationale des ressources en eau (ANRH), gère plusieurs stations pluviométriques. Pour notre région nous avons choisi la station de Elkouif codée (120504) par l'ANRH, dont les coordonnées sont présentées dans le tableau suivant :

III.3 Choix de la station de référence

Tableau III- 1: Caractéristiques géographiques la station étudiée

Nom de la station	Code	Coordonnées		Altitude(m)	Période d'observation	Nbre d'années d'observer
		X(km)	Y(km)			
Elkouif	120504	1009.700	259.150	1100	1975-2011	37

Source : l'A.N.R.H de Constantine.

La série pluviométrique de la station d'El kouif est donnée dans le tableau suivant :

Tableau III- 2: Série pluviométrique station d'El Kouif (1975-2011)

Année	sept	oct.	nov.	déc.	janv.	fév.	mars	avril	mai	Juin	juil.	aout	annuel
1975	53,9	4,5	46,6	10,3	20,1	58,7	24,7	19,8	46,6	51,7	0	0	336,9
1976	69,8	26,1	119,3	18,9	31,6	41	44,3	43,3	25,3	2	17,6	13,7	452,9
1977	4,7	10,9	54,7	0,7	4,1	22,1	0	28,8	66,5	22,2	13,7	28,2	256,6
1978	0,5	16,3	37	5,5	9,3	38,3	22,1	55,7	19,9	47,4	0	51,2	303,2
1979	45,3	38,1	18,2	0,3	24,6	27,7	63,6	31,3	25,8	8,5	0	9	292,4
1980	111	0,4	50,1	0	14,2	50,1	20,1	39,8	31,8	19,5	10,6	12,3	359,9
1981	42,1	11,4	2,4	4,4	2,5	31,8	2,8	56,5	82	4,5	0	8,5	248,9
1982	32	52,3	92,7	26,4	0	2,3	6,8	30,9	0	40,5	11,6	12,4	307,9
1983	12,5	65,8	34,5	20,4	14,6	37,9	21,9	32,6	5,5	21,8	0	4,5	272
1984	37,4	40,3	5,7	69	24,7	25,8	52,9	31,4	41,1	6,3	0	0	334,6
1985	10,7	11,6	3,9	8,1	24	15,3	77,1	15,6	51,3	44	16,5	23,8	301,9
1986	35,8	24,6	33,3	32	9,3	26,8	42,9	8,6	25,1	15,8	12,3	20	286,5
1987	6,1	26,3	15,6	10,1	15,3	4,3	39,6	41,5	51,6	41,8	8,1	16,5	276,8
1988	2,9	16,7	41,8	31,8	6,3	5,3	24,9	13,4	6,9	42,2	6,6	45,7	244,5
1989	33,1	14,4	18,1	10,7	15,2	12	13	29	0	0	0	12,8	158,3
1990	58,98	15,9	34,9	87,5	27,5	11,6	59,3	22,2	60,6	15,1	0	0	393,58
1991	40,1	26,5	19,8	0	39,2	7,9	28,4	29,5	42,4	19,6	0	0	253,4
1992	22,1	45,5	62,4	37,4	9,6	14,8	18,6	7,1	91,8	1,1	18,6	10,9	339,9
1993	2,1	1,4	34,8	22,8	24,5	11,7	15,8	18,7	28,9	20,1	3,1	12,3	196,2
1994	4,1	8,5	1,8	1,8	29,6	0,4	6,5	19,9	1,8	68,9	13,9	8,2	165,4
1995	103,1	38,5	65,7	26,7	14,3	19,6	23,3	4,7	11,1	20,4	5,2	5,1	337,7
1996	5,4	1,3	0,4	19,4	32,3	11,3	8,4	57,2	19,8	13	9,5	13,6	191,6
1997	37,8	26,9	26,1	10,5	34	8,5	10,6	6,8	44	18,5	0	5,9	229,6
1998	28,3	55,3	24,7	0,9	60,9	48	12,8	7,2	3,7	38,5	8,7	16,2	305,2
1999	2,7	19,1	21,1	24,2	3,2	8,4	7,7	13	42	34,9	4,7	2	183
2000	46,5	5,8	2	6,7	11,1	4,9	1,5	1,4	10,8	0	0	0	90,7
2001	11,8	30	32,3	3,6	0	5,1	6	10,5	7,7	10,9	79,7	116,2	313,8
2002	10,8	18	6,2	13,8	41,6	10	28	13,2	13	18,4	0	10,8	183,8
2003	110,8	58	49	61,7	37	47,1	77,5	40,3	38,6	35,1	2,7	30,5	588,3
2004	102	13,7	73,5	66,3	60	44,5	13,7	33,1	45,1	10,8	0	5,9	468,6
2005	37,4	28,1	33,8	16,1	43,1	6,7	23,6	82,8	7,5	21	9,7	18	327,8
2006	10,7	6,5	2,8	80,4	27	0	31,4	39,7	15,3	17,5	12,9	28,8	273
2007	34,6	16	6	50	21,8	15,2	36,4	47,6	36,9	14,9	0	22,7	302,1
2008	118,4	61,6	0	27	71	0	35	13	14	21,3	7,3	4,3	372,9
2009	45,9	7,9	50,3	15,2	8,7	5,1	25,2	14,5	7,9	0	13,7	17,7	212,1
2010	16,1	39,9	48,8	69,8	23,6	9,5	34	12,7	26,4	0,2	0,6	11,3	292,9
2011	48,6	35,3	39,3	33	52	20	30,1	10	15,2	1,3	0	36,3	321,1
Moyenne	38,78	25,54	33,6	25,65	24,66	19,71	27,51	27,31	29,5	21,38	7,99	17,65	299,33

Source : l'A.N.R.H de Constantine.

III.4 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique (Test de Mood)

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de mood, la vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé ci-dessous:

-Soit la variable aléatoire x , représentant la série des pluies moyenne annuelle et N étant la taille de cette série, l'application de ce test consiste à la détermination de la médiane de cet échantillon unique et à classer ses valeurs par ordre croissant, ensuite un dénombrement des éléments situés de part et d'autre de la médiane en affectant un(+)aux valeurs supérieures à la médiane et un (-) aux valeurs inférieures à la médiane.

Chapitre III : Etude hydrologique

Le nombre de valeurs inférieures et supérieures à la médiane est égale et représente la quantité notée N_s . La quantité T_s est égale à la taille de la plus grande suite de (+) ou de (-) dans la série chronologique.

L'hypothèse est nulle du test de la médiane pour un seuil de signification de 95% est vérifié si :

$$N_s > 1/2 (N+1 - \mu_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \sqrt{N+1}) \dots\dots\dots(\text{III.1})$$

$$T_s < 3.3(\log_{10}N+1). \dots\dots\dots(\text{III.2})$$

Avec : $\mu_{1-\frac{\alpha}{2}} = 1.96$, elle représente la valeur de la variable centrée réduite de Gauss correspondant à une probabilité de $1-\frac{\alpha}{2}$, avec $\alpha = 5\%$ (erreur de premier espèce).

Dans notre cas nous avons : la Médiane $m_e = 292.9$ mm et la taille de la série $N=37$.

$$N_s > 1/2 (N+1 - \mu_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \sqrt{N+1}) = 12.96$$

$N_s = 26$ (nombre total de séries de + ou de - dans la série)

$T_s < 3.3 (\log_{10}N+1) = 8.47$ et $T_s = 4$ (maximum de + ou de - au-dessus de la médiane).

Pour N_s : On a : $26 > 12.96$ et Pour T_s : On a : $4 < 8.47$

On conclut que la série des pluies est homogène.

Rang	Années	Série d'origine	Ns/Ts
1	1975	336,9	+
2	1976	452,9	+
3	1977	256,6	-
4	1978	303,2	+
5	1979	292,4	-
6	1980	359,9	+
7	1981	248,9	-
8	1982	307,9	+
9	1983	272	-

Chapitre III : Etude hydrologique

10	1984	334,6	+
11	1985	301,9	+
12	1986	286,5	-
13	1987	276,8	-
14	1988	244,5	-
15	1989	158,3	-
16	1990	393,58	+
17	1991	253,4	-
18	1992	339,9	+
19	1993	196,2	-
20	1994	165,4	-
21	1995	337,7	+
22	1996	191,6	-
23	1997	229,6	-
24	1998	305,2	+
25	1999	183	-
26	2000	90,7	-
27	2001	313,8	+
28	2002	183,8	-
29	2003	588,3	+
30	2004	468,6	+
31	2005	327,8	+
32	2006	273	-
33	2007	302,1	+
34	2008	372,9	+
35	2009	212,1	-
36	2010	292,9	+
37	2011	321,1	+

III.5 Ajustement statistique des pluies

Les données de pluies annuelles sont souvent ajustables à des lois statistiques nombreuses, ceci est dû à la faible variabilité interannuelle pour certaines stations. Dans notre

Chapitre III : Etude hydrologique

cas, on utilise pour celle qui garantit le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus communément employées dans le cas de pluies annuelles sont les suivantes :

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

III.5.1 Ajustement des pluies annuelles à la Loi de Gauss ou loi normale

Le procédé de calcul consiste à:

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Calculer la fréquence expérimentale (par la formule de Hazen par exemple).

$$\frac{X - \bar{X}}{\delta}$$

- Variable réduite de gauss : $U = \frac{X - \bar{X}}{\delta}$ (III.3)
- Calcul des caractéristiques empirique de loi (\bar{X} ; δ ; Cv ; $CS=0$).
- Calculer le coefficient de variation : $Cv = \frac{\delta}{\bar{x}}$ (III.4)

Le quantile de pluie pour une période de retour donnée est:

$XP\% = \bar{x} + \delta * Up\%$, avec : $XP\%$: précipitation de probabilité $P\%$ et $Up\%$: variable réduit de Gauss. \bar{x} : Moyenne arithmétique et δ : Écart type

Dans cette partie on a utilisé le logiciel à « Hyfran» pour ajuster notre série à la loi de Gauss.

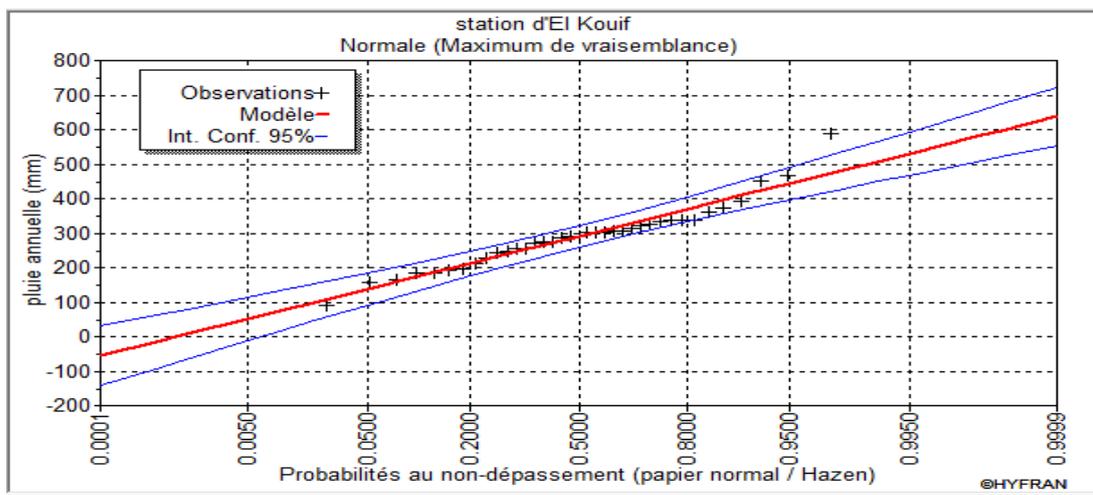


Figure III- 1: Le graphe de l'ajustement des pluies annuelles loi normale

III.5.2 Ajustement des pluies annuelles a la loi de Glton ou loi log normale

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

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

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

$$\text{Ln}(X_p\%) = \overline{\text{Ln}(X)} + \delta \text{Ln} * (U_p\%) \dots \dots \dots \text{(III.5)}$$

$X_p\%$: Précipitation probable a P%.

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

δLn : La variance calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique sa formule s'écrit comme suit :

$$\delta \text{Ln} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} (\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(X)})^2} \quad \text{si } n < 30 \dots \dots \dots \text{(III.6)}$$

$$\delta \text{Ln} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} (\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(X)})^2} \quad \text{si } n \geq 30 \dots \dots \dots \text{(III.7)}$$

Pour le calcul on a utilisé le logiciel HYFRAN

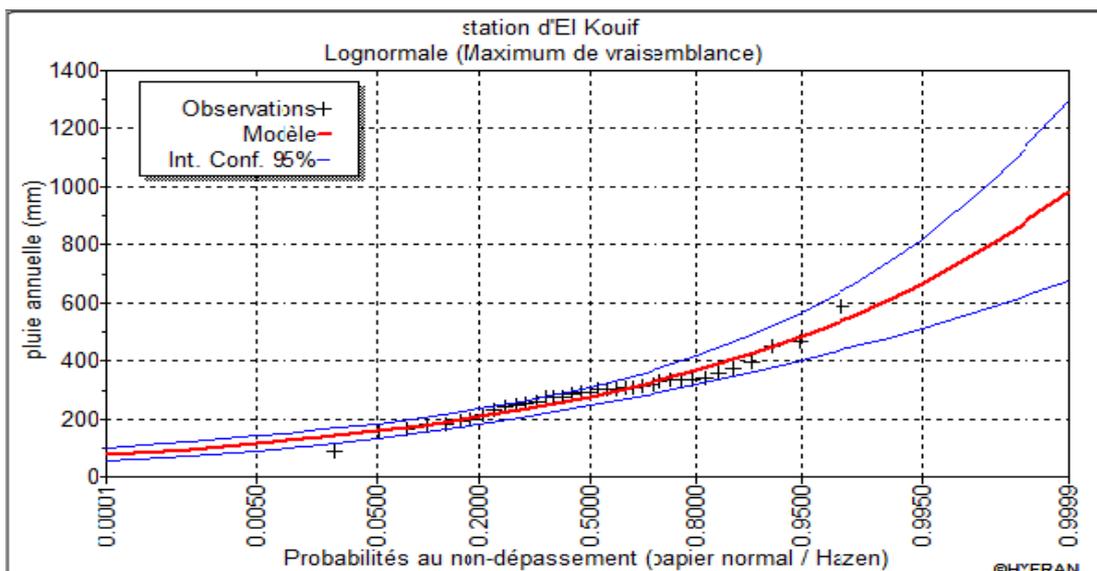


Figure III- 2: Le graphe de l'ajustement des pluies annuelles loi log normale

III.6 Test de validité d'un ajustement

La loi choisie pour ajuster la distribution statistique de l'échantillon, ne représente qu'approximativement l'échantillon étudié, l'erreur commise en adoptant une loi donnée est une erreur d'adéquation. Il convient par conséquent de comparer l'adéquation de ces lois afin d'adopter le meilleur ajustement. L'un des tests le plus employé, est le test du Khi carré (χ^2) **Touaibia (2004)**. Soit un échantillon de N valeurs, classées par ordre croissant ou décroissant à étudier, et pour lequel une loi de répartition F(X) a été déterminée :

On divise cet échantillon en un certain nombre de classes K contenant chacune N_i valeurs expérimentales. Le nombre V_i est le nombre théorique de valeurs sur un échantillon de N valeurs affectées à la classe i par la loi de répartition, donnée par la relation suivante :

$$v_i = N \int_{x_{i-1}}^{x_i} f(X) dX = N[F(X_i) - F(X_{i-1})] \dots \dots \dots \text{(III.8)}$$

$f(X)$: étant la densité de probabilité correspondant à la loi théorique. La variable aléatoire χ^2 , dont la répartition a été étudiée par Pearson, est définie par l'expression suivante :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(n_i - n'_i)^2}{n_i} \dots \dots \dots \text{(III.9)}$$

$\lambda = K - 1 - P$ Avec :

P : Nombre de paramètres, dont dépend la loi de répartition (P=2).

On calcule χ^2 , on calcule le nombre de degré de liberté γ : $\gamma = k - 1 - m$. On détermine χ^2 théorique sur la table de Pearson

Avec : χ^2 théorique = $g(\gamma, \alpha)$

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.05$ si et seulement si :

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

Chapitre III : Etude hydrologique

Table de Pearson de χ^2

$\alpha \backslash \gamma$	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

Tableau III- 3: Test de validité de l'ajustement

	Loi normale	Loi log-normale
χ^2 calculée	4.73	8.62
χ^2 théorique	11.070	11.070
Degré de liberté γ	5	5
Nombre de classes k	8	8

D'après le test de Khi carré, on déduit que les deux lois sont à considérer ($\alpha = 5\%$), et que la loi log normale présente un meilleur ajustement.

T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance
50.0	0.9800	482	27.3	429 - 536
20.0	0.9500	444	23.7	398 - 491
10.0	0.9000	410	20.8	369 - 451
5.0	0.8000	369	17.9	334 - 404
3.0	0.6667	331	16.0	299 - 362
2.0	0.5000	291	15.3	261 - 321
1.4286	0.3000	242	16.4	210 - 274
1.2500	0.2000	212	17.9	177 - 247

Paramètres estimés

mu : 290.703

sigma : 93.2297

Niveau de confiance

95 %

Figure III- 3: Les résultats de l'ajustement des pluies annuelles à la loi normale

Chapitre III : Etude hydrologique

III.7 Détermination de l'année de calcul

Puisque la loi normale est adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne annuelle (fréquence 80%) représentative de la région.

La probabilité pour laquelle on assure l'irrigation est donnée souvent pour la fréquence 80 d'où :

$$P_{\text{moyannuelle } 80\%} = \frac{P_{\text{annuelle } 80\%}}{P_{\text{annuelle } 50\%}} \cdot P_{\text{moyannuelle}} \dots\dots\dots(\text{III.10})$$

Avec :

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{\text{annuelle } 80\%} = 212 \text{ mm} \\ P_{\text{annuelle } 50\%} = 291 \text{ mm} \end{array} \right.$$

Donc le rapport ($P_{80\%} / P_{50\%}$) = 0,75

Les résultats de calcul des pluies moyennes de 80% sont représentés dans le tableau ci-dessous

Les pluies mensuelles de projet, sont calculées comme suit :

Tableau III- 4: Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq= 80%)

Mois	sept	oct	nov	Dec	Janv	fev	mars	Avril	mai	juin	Juil	aout
P_{moy} (mm/mois)	38,78	25,54	33,6	25,65	24,66	19,71	27,51	27,31	29,5	21,38	7,99	17,65
$P_{\text{moy}80\%}$ (mm/mois)	29.09	19.16	25.2	19.24	18.5	14.78	20.63	20.48	22.13	16.04	5.99	13.24

III.8 Conclusion

Le calcul manuel des expressions statistiques prend plus de temps, mais avec outil informatique, il est facile d'atteindre les résultats attendus et l'utilisation de logiciel comme Hyfran nous a permis de développer les analyses statistiques les plus populaires en hydrologie.

Chapitre III : Etude hydrologique

Au cours de ce chapitre, nous peuvent conclure que :

✓ La zone étudié caractérisé par une pluie moyenne annuelle est de **299.33mm**, la pluie de 80% est de l'ordre de **212 mm**, la pluie de 50% est de l'ordre de **291mm**.

✓ La série pluviométrie est opérée sur plusieurs étapes, vérification de l'homogénéisation, ajustement avec deux lois (normal et log-normal) et vérification de la validité de ces lois avec le teste de khi carré. Et dans notre projet on constate que la loi de Gauss présente un meilleur ajustement.

Chapitre IV: Calcul des besoins en eau des cultures

IV.1 Introduction

Ce chapitre a pour objectif de quantifier 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, l'intensité culturale, potentialités des sols, l'eau disponible, et méthodes d'irrigation.

IV.2 Besoins en eau des cultures

Selon Doorenbos et Pruitt (1976) : « Le besoin en eau d'une culture est la quantité d'eau en mm, nécessaire pour compenser l'évapotranspiration d'une culture en bon état sanitaire, établi dans un champ de grande superficie, dans des conditions de sol non limitant du point de vue de la disponibilité de l'eau et de la fertilité, et conduisant au rendement cultural potentiel dans des conditions climatiques données».

IV.2.1 Calcul de l'évapotranspiration

L'évaluation des besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins en eau de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique, pour cela il faut déterminer l'évapotranspiration potentielle ou de référence (ET_0).

IV.2.2 Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET_0)

C'est l'évapotranspiration maximale d'un gazon recouvrant complètement le sol, bien alimenté en eau, en phase active de croissance et situé au sein d'une parcelle suffisamment étendue (Perrier, 1977).

Vu la complexité de la mise en œuvre d'un dispositif de mesure de l'évapotranspiration potentielle et à défaut de mesures directes, il est toujours préférable d'utiliser des formules empiriques suffisamment variées, et adaptées à différents climats.

Pour estimer l'évapotranspiration de référence on se base sur des méthodes indirectes, utilisant des formules empiriques en s'appuyant sur des variables climatiques.

Il existe plusieurs formules de calcul dont les principales sont :

- Formule de Turc (1960).

- Formule de Thornthwaite (1955).
- Formule de Blaney-Criddle (1959).
- Formule de Penman ou Formule de Bilan d'énergie (1948).
- Méthode de Doorenbos et Pruitt (1977) dans le cadre de la FAO.
- Formule de Bouchet

La formule de Penman est la meilleure manière d'estimation de l'ETP sous tous les climats. Son seul inconvénient est qu'elle nécessite un nombre important d'informations climatiques, rarement toutes disponibles sur une même station.

Les experts de la FAO, recommandent la méthode de Penman-Monteith (modifiée) comme méthode privilégiée d'estimation de ETo.

Formule Modifiée de Penman_Monteith

La formule la plus employée aujourd'hui est la formule de Penman-Monteith modifiée :

$$ET0 = \frac{0.408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{Cste}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0.34u_2)} \dots\dots\dots(IV.1)$$

ETo : évapotranspiration de référence [mm jour⁻¹],

Rn : rayonnement net à la surface de la culture [MJ m⁻² jour⁻¹],

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

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

u2 : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s⁻¹],

es : pression de vapeur saturante [kPa],

ea : pression de vapeur réelle [kPa],

es-ea : déficit de pression de vapeur saturante [kPa],

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

D : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [$\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$],

g : constante psychrométrique [$\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$].

Pour l'exécution des calculs, nous avons appliqué le logiciel CROPWAT, où nous avons introduit les données mensuelles de la station météorologique de Mostaganem :

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

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET_0 calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0. Les résultats trouvés pour la station de Mostaganem sont récapitulés dans le tableau ci-après.

Tableau IV- 1: Calcul de l'évapotranspiration de référence à l'aide de CROPWAT 8.0

Mois	Temps min $^\circ\text{C}$	Temps max $^\circ\text{C}$	Humidité %	Vent m/s	Insolation heures	Radiation $\text{MJ/m}^2\cdot\text{jour}$	ET_0 mm/mois
Janvier	1.7	10.6	62	2.8	1.2	5.5	43.59
Février	2.8	12.2	67	3.3	1	6.7	53.95
Mars	4.4	16.1	63	3.4	7.4	16.5	97.11
Avril	7.2	20.5	60	3.8	11.1	24.3	142.19
Mai	11.7	25	53	3.4	12.2	27.6	188.72
Juin	16.1	31.1	46	3.1	13.5	30	228.14
Juillet	18.9	35	40	3.1	12.3	27.9	254.66
Août	18.3	33.9	44	2.5	13	27.6	221.49
Septembre	16.1	29.4	56	2.6	9.2	19.8	151.54
Octobre	11.1	21.7	60	2.3	5.3	12.1	90.92
Novembre	6.7	16.1	68	2.9	1	5.7	58.08
Décembre	2.8	11.7	72	3.1	1.5	5.4	45.86
Moy.	9.8	21.9	58	3	7.4	17.4	1576.24

IV.2.3 Calcul de l'évapotranspiration maximale ETM

Les besoins en eau d'une culture (ETM), représentent l'évapotranspiration maximale de la culture considérée durant un stade végétatif donné.

Pour estimer l'évapotranspiration maximale (ETM) à partir de l'évapotranspiration de référence (ET₀), on utilise les coefficients culturaux (K_c), dépendant du type de la culture et de son stade de développement et des conditions climatiques qui y règnent.

L'évapotranspiration maximale (ETM) est mesurée comme suit :

$$ETM = K_c \cdot ET_0 \quad \dots\dots\dots(IV.2)$$

IV.2.4 Coefficients culturaux (K_c)

Les valeurs du coefficient cultural (K_c) de chaque culture ont été ressorties, en fonction du stade végétatif de la plante ; de la force du vent et de la valeur moyenne de l'humidité moyenne minimale de l'air régnant au niveau de notre périmètre d'étude, à partir du bulletin « irrigation et drainage », F.A.O N°24.

IV.3 Besoins en eau d'irrigation

Par définition le bilan hydrique d'une culture donnée est la différence entre d'une part les besoins en eau des cultures tels que déterminés par le climat et les caractéristiques végétales (ETM) et d'autre part la somme des apports effectifs des précipitations.

Le calcul des volumes d'eau à apporter par irrigation est réalisé en effectuant période par période le bilan :

$$B_i = ETM - (P_{eff} + K \cdot RFU_{i-1}) \quad \dots\dots\dots (IV.3)$$

ETM : évapotranspiration potentielle de référence en (mm/mois)

P_{eff} : pluie efficace en mm

RFU : Réserve du sol assimilée à la réserve facilement utilisable disponible au début de la période, **K** est un coefficient généralement égal à 1/2 ou 1/3.

$$RFU = (h_{cc} - h_{pf}) / 100 \cdot \gamma \cdot Z \cdot d_a \quad \dots\dots\dots (IV.4)$$

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

hcc : humidité à la capacité au champ.

hpf : humidité au point de flétrissement.

Z : profondeur racinaire

Y : coefficient qui dépend de la nature du sol

Da : densité apparente du sol

➔ **L'irrigation est faite lorsque Bi (bilan hydrique) > 0**

IV.3.1 Calcul de la pluie efficace

Pour tenir compte des pertes, il faut calculer la précipitation efficace, définie comme étant la fraction des précipitations contribuant 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.

La pluie efficace est estimée comme suit :

Pluie efficace (P_{eff}) = 80 % de la pluie moyenne mensuelle.

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

Tableau IV- 2: Précipitation efficace dans la zone d'étude

Mois	sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	mars	Avril	mai	juin	Juil	aout
P_{moy}(mm/mois)	29.09	19.16	25.2	19.24	18.5	14.78	20.63	20.48	22.13	16.04	5.99	13.24
P_{eff}(mm/mois)	23.27	15.33	20.16	15.39	14.8	11.82	16.5	16.38	17.7	12.83	4.79	10.59

IV.3.2 Choix des cultures

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

- Les conditions climatiques de la région étudiée.
- La qualité et disponibilité de l'eau d'irrigation.
- L'aptitude culturale des sols basée sur l'étude pédologique.
- Des disponibilités des moyens de production.
- De la demande commerciale traduisant les profils des agriculteurs.

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

Cultures proposées

Dans notre mémoire on propose un scénario équilibré. La gamme des cultures proposée relatives aux cultures envisageables dans notre scénario est indiquée dans le tableau ci dessous.

Tableau IV- 3: Occupation de sol en fonction des cultures

Les cultures	Surface occupé en %	Surface occupé en Ha
La céréaliculture : <ul style="list-style-type: none">▪ Mais grain	12	15
Les cultures fourragères : <ul style="list-style-type: none">▪ Luzerne	12	15
Le maraîchage : <ul style="list-style-type: none">▪ Betterave▪ Laitue▪ Carotte▪ Haricot	30	40
L'arboriculture : <ul style="list-style-type: none">▪ Pécher▪ Olivier	46	60
Total	100	130

IV.3.3 Cycle végétatif des cultures

Le cycle végétatif des différentes cultures sont présentés dans le tableau dessous:

Tableau IV- 4: Cycle végétatif des cultures

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Maïs grain				→								
Luzerne	→								←			
Haricot	→											
Laitue								→				
Betterave								→				
Carotte	←								→			
Olivier	→											
Pécher	→											

IV.4 Calcul des besoins en eau des cultures

Pour chaque culture on calcule les besoins suivant le stade végétatif :

Tableau IV- 5: Calcul des besoins en eau du maïs grain

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	29.09	23.27	151.54	-	-	-	-	-	-
Oct	19.16	15.33	90.92	-	-	-	-	-	-
Nov	25.2	20.16	58.08	-	-	-	-	-	-
Dec	19.24	15.39	45.86	-	-	-	-	-	-
Jan	18.5	14.8	43.59	-	-	-	-	-	-
Fev	14.78	11.82	53.95	-	-	-	-	-	-
Mars	20.63	16.5	97.11	-	-	-	-	-	-
Avr	20.48	16.38	142.19	0.1	9.3	4.7	0.5	71.10	54.72
Mai	22.13	17.7	188.72	0.2	18.7	9.3	1.15	217.03	194.66
Juin	16.04	12.83	228.14	0.3	28.0	-	1.15	262.36	240.20
Juil	5.99	4.79	254.66	0.4	37.3	-	0.6	152.80	148.01
Aout	13.24	10.59	221.49	-	-	-	-	-	-

Tableau IV- 6: Calcul des besoins en eau de la luzerne

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	29.09	23.27	151.54	-	-	-	-	-	-
Oct	19.16	15.33	90.92	0.4	37.3	18.7	0.65	59.10	-
Nov	25.2	20.16	58.08	0.7	65.3	32.7	0.7	40.66	-
Dec	19.24	15.39	45.86	0.9	84.0	84.0	0.8	36.69	-
Jan	18.5	14.8	43.59	1	93.3	93.3	0.9	39.23	-
Fev	14.78	11.82	53.95	1.2	112.0	112.0	0.95	51.25	-
Mars	20.63	16.5	97.11	1.2	112.0	112.0	1.05	101.97	-
Avr	20.48	16.38	142.19	1.2	112.0	56.0	1.05	149.30	20.92

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

Mai	22.13	17.7	188.72	1.2	112.0	56.0	1.15	217.03	143.33
Juin	16.04	12.83	228.14	1.2	112.0	-	1.25	285.18	216.35
Juil	5.99	4.79	254.66	-	-	-	-	-	-
Aout	13.24	10.59	221.49	-	-	-	-	-	-

Tableau IV- 7: Calcul des besoins en eau de l'haricot

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	29.09	23.27	151.54	-	-	-	-	-	-
Oct	19.16	15.33	90.92	-	-	-	-	-	-
nov	25.2	20.16	58.08	-	-	-	-	-	-
Dec	19.24	15.39	45.86	-	-	-	-	-	-
Jan	18.5	14.8	43.59	0.5	46.7	46.7	0.5	21.80	7.00
Fev	14.78	11.82	53.95	0.5	46.7	46.7	0.85	45.86	-
mars	20.63	16.5	97.11	0.7	65.3	65.3	0.95	92.25	29.09
Avr	20.48	16.38	142.19	0.7	65.3	32.7	0.9	127.97	46.26
Mai	22.13	17.7	188.72	0.7	65.3	32.7	0.7	132.10	81.74
Juin	16.04	12.83	228.14	-	-	-	-	-	-
Juil	5.99	4.79	254.66	-	-	-	-	-	-
aout	13.24	10.59	221.49	-	-	-	-	-	-

Tableau IV- 8: Calcul des besoins en eau des Laitue

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	29.09	23.27	151.54	0.2	18.7	-	1	151.54	128.27
Oct	19.16	15.33	90.92	0.25	23.3	11.7	0.9	81.83	66.50
nov	25.2	20.16	58.08	-	-	-	-	-	-
Dec	19.24	15.39	45.86	-	-	-	-	-	-
Jan	18.5	14.8	43.59	-	-	-	-	-	-
Fev	14.78	11.82	53.95	-	-	-	-	-	-
mars	20.63	16.5	97.11	-	-	-	-	-	-
Avr	20.48	16.38	142.19	-	-	-	-	-	-
Mai	22.13	17.7	188.72	-	-	-	-	-	-
Juin	16.04	12.83	228.14	-	-	-	-	-	-
Juil	5.99	4.79	254.66	-	-	-	-	-	-
aout	13.24	10.59	221.49	0.1	9.3	-	0.8	177.19	166.60

Tableau IV- 9: Calcul des besoins en eau de la carotte

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	29.09	23.27	151.54	0.3	28.0	-	0.42	63.65	40.38
Oct	19.16	15.33	90.92	0.4	37.3	18.7	0.7	63.64	48.31
nov	25.2	20.16	58.08	0.5	46.7	23.3	0.81	47.04	8.22
Dec	19.24	15.39	45.86	0.6	56.0	56.0	0.77	35.31	-

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

Jan	18.5	14.8	43.59	0.7	65.3	65.3	0.57	24.85	-
Fev	14.78	11.82	53.95	-	-	-	-	-	-
mars	20.63	16.5	97.11	-	-	-	-	-	-
Avr	20.48	16.38	142.19	-	-	-	-	-	-
Mai	22.13	17.7	188.72	-	-	-	-	-	-
Juin	16.04	12.83	228.14	-	-	-	-	-	-
Juil	5.99	4.79	254.66	-	-	-	-	-	-
août	13.24	10.59	221.49	-	-	-	-	-	-

Tableau IV- 10: Calcul des besoins en eau de la betterave

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	29.09	23.27	151.54	0.6	56.0	-	0.65	98.50	75.23
Oct	19.16	15.33	90.92	0.6	56.0	28.0	1	90.92	75.59
nov	25.2	20.16	58.08	0.6	56.0	28.0	0.6	34.85	-
Dec	19.24	15.39	45.86	-	-	-	-	-	-
Jan	18.5	14.8	43.59	-	-	-	-	-	-
Fev	14.78	11.82	53.95	-	-	-	-	-	-
mars	20.63	16.5	97.11	-	-	-	-	-	-
Avr	20.48	16.38	142.19	-	-	-	-	-	-
Mai	22.13	17.7	188.72	-	-	-	-	-	-
Juin	16.04	12.83	228.14	-	-	-	-	-	-
Juil	5.99	4.79	254.66	-	-	-	-	-	-
août	13.24	10.59	221.49	0.4	37.3	-	0.45	99.67	89.08

Tableau IV- 11: Calcul des besoins en eau de l'olivier

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	29.09	23.27	151.54	1.2	112.0	-	0.7	106.08	82.81
Oct	19.16	15.33	90.92	1.2	112.0	56.0	0.7	63.64	48.31
nov	25.2	20.16	58.08	1.2	112.0	56.0	0.7	40.66	-
Dec	19.24	15.39	45.86	1.2	112.0	112.0	0.75	34.40	-
Jan	18.5	14.8	43.59	1.2	112.0	112.0	0.75	32.69	-
Fev	14.78	11.82	53.95	1.2	112.0	112.0	0.75	40.46	-
mars	20.63	16.5	97.11	1.2	112.0	112.0	0.85	82.54	-
Avr	20.48	16.38	142.19	1.2	112.0	56.0	0.85	120.86	-
Mai	22.13	17.7	188.72	1.2	112.0	56.0	0.85	160.41	86.71
Juin	16.04	12.83	228.14	1.2	112.0	-	0.85	193.92	125.09
Juil	5.99	4.79	254.66	1.2	112.0	-	0.9	229.19	224.40
août	13.24	10.59	221.49	1.2	112.0	-	0.9	199.34	188.75

Tableau IV- 12: Calcul des besoins en eau du pêcher

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	29.09	23.27	151.54	1.5	140.0	-	0.55	83.35	60.08
Oct	19.16	15.33	90.92	1.5	140.0	70.0	0.55	50.01	34.68
nov	25.2	20.16	58.08	1.5	140.0	70.0	0.55	31.94	-
Dec	19.24	15.39	45.86	1.5	140.0	140.0	0.75	34.40	-
Jan	18.5	14.8	43.59	1.5	140.0	140.0	0.75	32.69	-
Fev	14.78	11.82	53.95	1.5	140.0	140.0	0.75	40.46	-
mars	20.63	16.5	97.11	1.5	140.0	140.0	0.75	72.83	-
Avr	20.48	16.38	142.19	1.5	140.0	70.0	0.55	78.20	-
Mai	22.13	17.7	188.72	1.5	140.0	70.0	0.55	103.80	16.10
Juin	16.04	12.83	228.14	1.5	140.0	-	0.55	125.48	42.65
Juil	5.99	4.79	254.66	1.5	140.0	-	0.55	140.06	135.27
aout	13.24	10.59	221.49	1.5	140.0	-	0.55	121.82	111.23

Tableau IV- 13: Récapitulatif des besoins

Mois	Maïs grain	Luzerne	Haricot	Laitue	Betterave	Carotte	Olivier	pécher	Total
Septembre	-	-	-	128.27	75.23	40.38	82.81	60.08	386.77
Octobre	-	-	-	66.5	75.59	48.31	48.31	34.68	273.39
Novembre	-	-	-	-	-	8.22	-	-	8.22
Décembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Janvier	-	-	7	-	-	-	-	-	7
Février	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mars	-	-	29.09	-	-	-	-	-	29.09
Avril	54.72	20.92	46.26	-	-	-	-	-	121.9
Mai	187.66	143.33	81.74	-	-	-	86.71	16.1	515.54
Juin	194.15	189.76	-	-	-	-	125.09	42.65	551.65
Juillet	148.01	-	-	-	-	-	224.4	135.27	507.68
Août	-	-	-	166.6	89.08	-	188.75	111.23	555.66

IV.5 Calcul du débit spécifique

Les débits spécifiques sont définis d'après les besoins en eau de chaque culture évaluée précédemment à partir de la répartition culturale. La dose d'arrosage de la consommation de pointe est donnée sous forme de débit permanent fourni 22 heures sur 24 afin d'assurer les besoins de la consommation mensuelle.

$$q_s = \frac{B_{net} * 10 * 1000}{N_j * N_i * 3600 * E_i} \text{ l/s/ha} \dots\dots\dots \text{(IV.5)}$$

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

Ni : nombre des heures d'irrigation=22h

Nj : nombre de jours du mois de pointe =30 jours

Ei : Efficience d'irrigation=75%

les besoins de pointe correspondent au mois de Août,

Bnet = 555.66 mm/mois.

➔ **qs=3.12 l/s/ha > 1.5 l/s/ha**

Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1.5. On prend donc le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe.

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

➔ **qs =1.05 l/s /ha**

IV.5.1 Evaluation du débit caractéristique

Le calcul du débit caractéristique permet de définir le débit maximum que le système de desserte aura à fournir pour l'irrigation de chaque parcelle, déterminé en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile, voir la formule suivante :

$$Q_{car} = q_s \cdot S \dots\dots\dots \text{(IV.6)}$$

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

S : la superficie nette à irriguer = 130 ha

➔ **Qcar = qs. S =1.05*130=136.5 l/s**

IV.5.2 Estimation des volumes d'eau d'irrigation

Le volume des besoins en eau pour notre périmètre est présenté dans le Tableau suivant.

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures

Tableau IV- 14: Besoins en eau totaux

Culture	Besoins nets (m ³ /ha)	Efficiencie	Besoins bruts (m ³ /ha)	Surface cultivé (ha)	Surface irrigué (ha)	Besoins en eau (m ³)
Mais grain	5845.4	0,75	7793.87	15	15	116908
Luzerne	3540.1	0,75	4720.13	15	15	70802
Haricot	1640.9	0,75	2187.87	10	10	21878.67
Laitue	3613.7	0,75	4818.27	7	7	33727.87
Betterave	2399	0,75	3198.67	10	10	31986.67
Carotte	969.1	0,75	1292.13	13	13	16797.73
Olivier	7560.7	0,75	10080.93	25	25	252023.33
pécher	4000.1	0,75	5333.47	35	35	186671.33
Total	29569		39425.33	130	130	730795.6

IV.6 Conclusion

A partir de ce chapitre nous avons déterminé les besoins en eau d'irrigation pour les cultures de notre périmètre. On remarque que le mois de pointe est le mois d'Aout, ce qui a permis de calculer le débit spécifique ($q_s = 1.05 \text{ l/s/ha}$) en tenant compte du débit spécifique de la culture la plus exigeante. On remarque que le volume total des besoins en eau de notre périmètre est de **730795,6 m³**, prélevés à partir de la retenue d'Elbrika.

Chapitre V : Etude du système d'adduction

V.1.Introduction

L'aménagement d'un périmètre nécessite l'acheminement de l'eau d'irrigation depuis sa source (forage, retenue ou barrage) jusqu'aux différentes parcelles par un réseau d'adduction et de distribution, à travers un réseau de conduites ou d'ouvrages hydrauliques.

Le choix des variantes d'aménagement, du tracé des conduites et de leurs matériaux permettra le bon fonctionnement du réseau d'irrigation à court et a long terme.

V.2 Alimentation en eau du périmètre

Le périmètre d'Ekouif dont la surface est de 130 Ha, sera irrigué à partir du barrage de la retenue d'Elbrika.

V.3 Ilots et bornes d'irrigation

Un ilot d'irrigation est une unité hydro-agricole alimenté par une borne d'irrigation. L'organisation d'un périmètre en ilots résulte d'un compromis de plusieurs facteurs topographiques, technico-économique, taille et nombre de parcelle, etc.

On admet généralement que l'implantation des bornes doit répondre aux critères suivant :

- Une prise par îlot d'exploitation.
- Quatre (4) prises maximum sur une même borne pour les grandes exploitations, la borne sera implantée de préférence au centre de la zone et à la limite pour les petites exploitations.
- Dénivelée maximum de cinq (5) mètres entre les points les plus hauts et les plus bas du bloc d'ilot.

V.3.1 Rôle et fonction de la borne d'irrigation

Un ouvrage de desserte appelé borne d'irrigation est nécessaire pour chaque ilot, cet organe présente une ou plusieurs sorties < prises > suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément, chaque sortie de la borne doit assurer tous les fonctions :

- Réglage et limitation du débit de l'ilot.
- Réglage de la pression et encaissement des suppressions accidentelles.

- Comptage des volumes distribués par la prise.

V.3.2 Calcul du débit aux bornes

Le débit de chaque borne desservant un ilot est calculé comme suit :

$$Q_b = q_s \cdot S_i \dots\dots\dots(V.1)$$

Avec :

Q_b : Débit de chaque ilot (l/s)

q_s : Débit spécifique (l/s/ha)

S_i : Superficie de l'ilot (ha)

V.3.3 Choix du diamètre et du type des bornes

Le choix du type de borne dépend de la surface de l'ilot et du nombre de parcelles. Généralement on admet :

- Pour les ilots qui ont un nombre de parcelles entre [4 -8], et dont la superficie est inférieure à 15 ha, on prend la borne à quatre prises (Borne de type A4).
- Pour les ilots qui ont deux parcelles et dont la superficie est inférieure à 15 ha, on prend la borne à deux prises (borne de type A2).
- Pour les ilots qui ont deux parcelles et dont la superficie dépasse 15 ha, on prend la borne à deux prises (Borne de type B).
- ➔ Pour les grands ilots ($S > 50$ ha) on prévoit des bornes de type C. La borne se situe au centre de l'ilot.
- ➔ 4 prises sur la même borne.

Tableau V- 1: Type de bornes en fonction de superficies des ilots

Type	Débit fourni	Entrée	Sortie (prise)
Type A2	$Q < 40$ m ³ /h (11.11) l/s	1 Entrée $\Phi 80,100$	2 Entrée $\Phi 65$
Type A4	$Q < 40$ m ³ /h (11.11) l/s	2 Entrée $\Phi 80,100$	4 Entrée $\Phi 65$
Type B	40 m ³ /h (11.11) l/s $< Q < 80$ m ³ /h (22.22 l/s)	2 Entrée $\Phi 80,100,125$	2 Entrée $\Phi 100$
Type C	$Q > 80$ m ³ /h (33.33 l/s)	2 Entrée $\Phi 80,100,125$	1 Entrée $\Phi 150$

Chapitre V : Etude du système d'adduction

Tableau V- 2: Les caractéristiques des ilots avec débit de la borne du périmètre

Périmètre	N° ILOT	Nbre de parcelles	Superficie de l'ilot (Ha)	N°Borne	Type de borne	Débit Borne (l/s)
	1	2	7.3	1	A2	7.67
	2	4	8.32	2	A4	8.74
	3	2	6.79	3	A2	7.13
	4	4	8.81	4	A4	9.25
	5	2	5.89	5	A2	6.18
	6	2	6.44	6	A2	6.76
	7	4	7.53	7	A4	7.91
	8	2	5.16	8	A2	5.42
	9	2	4	9	A2	4.20
	10	4	5.17	10	A4	5.43
	11	2	5.88	11	A2	6.17
	12	4	7.46	12	A4	7.83
	13	4	8.58	13	A4	9.01
	14	2	7.65	14	A2	8.03
	15	2	4.68	15	A2	4.91
	16	2	4.55	16	A2	4.78
	17	4	8.74	17	A4	9.18
	18	4	7.04	18	A4	7.39
	19	2	5.19	19	A2	5.45
	20	2	4.82	20	A2	5.06
TOTAL PERIMETRE	20	56	130	20		136.50

V.4 Etude du système de pompage

Une pompe est un dispositif permettant d'aspirer et de refouler un fluide. Il existe deux grands types de pompes: les pompes volumétriques qui sont utilisées pour pomper les eaux usées et les turbopompes

➤ Les turbopompes (pompes centrifuge)

- Les pompes à écoulement radial

Elles permettent de relever des faibles débits sur de fortes hauteurs. La hauteur de refoulement croît avec le diamètre extérieur de la roue. Dans ce cas, l'écoulement est radial et les aubages sont des surfaces planes.

- Les pompes axiales :

Ce sont les pompes hélices où les pales sont constituées par des surfaces gauches. Ces pompes conviennent pour relever de forts débits sur de faibles hauteurs.

- Les pompes semi axiales:

Pour relever de forts débits sur de faibles hauteurs on montre que les vitesses d'entrée doivent être faibles. La hauteur de refoulement étant faible le diamètre de sortie est relativement faible d'où la construction d'une pompe hélico-centrifuge avec des dimensions importantes.

V.4.1. Choix du type de pompe

Le choix du type de pompe se base sur plusieurs critères à savoir :

- ✓ Assurer le débit appelé Q_{app} et la hauteur HMT
- ✓ Meilleur rendement
- ✓ Vérifier la condition de non cavitation
- ✓ Encombrement et poids les plus faibles
- ✓ Vitesse de rotation la plus élevée
- ✓ Puissance absorbée minimale
- ✓ $(NPSH)_r$ minimal
- ✓ Etre fabriquée en série.

V.4.2 Choix de type et de nombre de pompe pour la station de pompage (SP)

a) Détermination de la hauteur d'élévation calculée :

La hauteur d'élévation se calcule comme suivant :

$$HMT = H_g + \sum h_p(asp) + \sum h_p(ref) + P_{exh} \dots \dots \dots (V.2)$$

Chapitre V : Etude du système d'adduction

Avec :

h_g : Hauteur géométrique (m) ;

$\Sigma h_p(\text{asp})$: Pertes de charges à l'aspiration (m) ;

$\Sigma h_p(\text{ref})$: Pertes de charges au refoulement (m) ;

P_{exh} : Pression nécessaire à l'exhaure (sortie du collecteur),
 $P_{\text{exh}} = (1,0 \div 1,5)$ m ; On prend $P_{\text{exh}} = 1$ m

b) Hauteur manométrique totale:

La hauteur manométrique est donnée par la formule

$$\text{HMT} = H_g + \Delta h_p \dots\dots\dots(\text{V.2})$$

Avec:

HMT : Hauteur Manométrique Totale en (m).

H_g : Hauteur géométrique en (m). $H_g = h_r - h_b \dots\dots\dots(\text{V.4})$

Avec:

H_b : hauteur de retenue = 960.26 m

h_r : cote du réservoir = 1055.20m

Pour notre cas :

$$H_g = 1055.2 - 960.26 = 94.94\text{m}$$

c) La longueur de refoulement :

La longueur de refoulement pour le premier forge est de $L_{\text{ref}} = 2230\text{m}$.

Donc: Le débit à refouler se calcule comme suit : $Q_{\text{rf}} = Q_c * (1.05 - 1.1) \dots\dots\dots(\text{V.5})$

$$Q_{\text{rf}} = 1.05 * Q_c = 143.32\text{l/s} = \mathbf{0.143\text{m}^3/\text{s}}$$

Chapitre V : Etude du système d'adduction

Pour dimensionner la conduite de refoulement, on applique la formule de Bonin pour une première approximation :

$$D = \sqrt[3]{Q_{r1}} \dots \dots \dots (\text{V.6})$$

Avec: D : Diamètre intérieur de la conduite en m

Donc nous avons : D = 378mm

Ce diamètre est approximatif, on doit établir une analyse technico-économique pour choisir le meilleur diamètre économique.

V.4.3 Calcul des pertes de charge totales

a) Pertes de charges linéaires H_L

Les pertes de charge sont calculées comme suit :

$$\Delta H_l = I * L = \lambda \frac{L V^2}{D 2g} \dots \dots \dots (\text{V.7})$$

L : longueur du tronçon en (m).

V : vitesse moyenne d'écoulement en (m/s).

ΔH_l : Pertes de charge linéaires en (m) :

I : gradient hydraulique en (m/m)

Le coefficient λ est obtenu par les formules suivantes :

$$\lambda = (1,14 - 0,86Ln \frac{\xi}{D})^{-2} \quad (\text{Formule de Nikuradzé}) \dots \dots \dots (\text{V.8})$$

b) Pertes de charges singulières

Chapitre V : Etude du système d'adduction

Elles sont occasionnées par les singularités des différents accessoires de la conduite (Coude, vannes, clapets,.....) Elles sont estimées à 10 % des pertes de charge linéaires pour une adduction ou conduite longue.

$$\Delta H_s = 0,1 * \Delta H_l \dots\dots\dots(V.9)$$

V.4.4 Calcul du diamètre économique

Le calcul du diamètre économique se fait en faisant un bilan technico-économique sur les frais d'exploitation et d'investissement.

V.4.4.1 Calcul de la HMT pour différents diamètres

Tableau V- 3: Calcul de la HMT pour divers diamètres de la conduite

D (mm)	L(m)	Q (m3/s)	V (m/s)	ΔH_l (m)	ΔH_t (m)	Hg (m)	Hmt (m)
250	2230	0.143	2.91	36.57	40.23	94.94	136.17
315	2230	0.143	1.83	10.99	12.09	94.94	108.03
400	2230	0.143	1.13	3.19	3.51	94.94	99.45
500	2230	0.143	0.72	1.00	1.10	94.94	97.041

V.4.4.2 Puissance absorbée par la pompe

La puissance absorbée par la pompe est donnée par la formule suivante :

$$P_{abs} = \frac{g * Q * HMT}{\eta} \dots\dots\dots(V.10)$$

η : Rendement de la pompe en (%) (n=80%)

Q : Débit refoulé par la pompe en (m³/s)

V.4.4.3. Energie consommée par la pompe

L'énergie consommée par la station de pompage est donnée par la formule suivante :

$$E = P * T * 365 [KWh] \dots\dots\dots(V.11)$$

P : Puissance de la pompe en(KW).

Chapitre V : Etude du système d'adduction

T ; C'est le temps de pompage en (heure), dans notre cas T=22h.

V.4.4.4 Frais d'exploitation

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

$$F_{ex} = E * e[DA] \dots\dots\dots(V.12)$$

E : L'énergie consommée par la pompe en (KWh)

e : Prix unitaire d'un KWh imposé par la SONELGAZ (e=4.69DA)

Tableau V- 4: Calcul des frais d'exploitation

D (mm)	Q (m3/s)	Hmt (m)	P (KWatt)	E (KWh)	Prix du KWh (DA)	F _{EX}
250	0.143	136.17	238.78	1 917 396.99	4,69	8 992 591.87
315	0.143	108.03	189.43	1 521 160.29		7 134 241.75
400	0.143	99.45	174.39	1 400 346.11		6 567 623.28
500	0.143	97.041	170.17	1 366 425.21		6 408 534.24

V.4.4.5 Frais d'amortissement

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

$$F_{am} = Prc * A[DA] \dots\dots\dots(V.13)$$

Prc : Prix de la conduite en (DA)

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

$$A = \frac{i}{(i+1)^n} + i \dots\dots\dots(V.14)$$

i : Taux d'annuité annuel. i= 8%.

n : nombre d'année d'amortissement. n=30ans.

Chapitre V : Etude du système d'adduction

Tableau V- 5: Variation des frais d'investissement en fonction du diamètre

D (mm)	Prix ML(TT)	L(m)	Prix (DA)	A	F Amort (DA)
250	4 340.56	2230	9679448.8	0.089	861470.943
315	6 881.37	2230	15345455	0.089	1365745.5
400	11 116.05	2230	24788792	0.089	2206202.44
500	17 335.76	2230	38658745	0.089	3440628.29

V.4.4.6. Bilan total des frais

Le bilan des frais d'exploitation et d'amortissement permet de déterminer le diamètre économique de la conduite de refoulement

Tableau V- 6: Bilan technico-économique des diamètres choisis

D(mm)	Amortissement(DA)	Exploitation(DA)	Bilan (DA)
250	861470.94	8 992 591.87	9 854 062.81
315	1365745.5	7 134 241.75	8 499 987.25
400	2206202.4	6 567 623.28	8 773 825.72
500	3440628.3	6 408 534.24	9 849 162.53

Figure V- 1: Graphe du cout en fonction diamètre

D'après le graphe précédent **figure V-1**, on s'aperçoit que le diamètre optimal est de **D=315mm**. On prend donc ce diamètre pour la conduite de refoulement.

V.5 Nombre et choix des pompes

Le choix de nombre de pompes se fait sur la base du plusieurs critères, qui sont :

- ✓ Nombre de pompes minimal
- ✓ Meilleur rendement
- ✓ Charge nette d'aspiration requise (NPSH) r minimale
- ✓ Nombre d'étage minimal
- ✓ Puissance absorbée minimale
- ✓ Encombrement et poids les plus faibles
- ✓ Vitesse de rotation élevée.

Chapitre V : Etude du système d'adduction

Dans notre cas, nous avons utilisé le logiciel CAPRARI pour le choix du type et du nombre des pompes. Le **tableau V.8** englobe le type, le nombre et les caractéristiques de chaque pompe choisie.

Les caractéristiques de la pompe sont représentées dans le tableau suivant:

Tableau V- 7: Variantes pour le choix du nombre de pompes

N	Q (l/s)	HMT(m)	Type de la Pompe	η (%)	N (tr/min)	P abs (KW)	NPSHr (m)	\varnothing Mm
1	144	109	P16C/10/55/6D	71.2	1450	223	5.87	250
2	71.5*2	108	E9S55/6A + MC8870	78.8	2900	51	5.58	125
3	47.7*3	107	E6S55-6/13A +	66.6	2900	26	5.55	150

Le choix des pompes est porté sur la variante n°2 avec 2 pompes pour les raisons technico-économiques suivantes :

1. **Meilleure Rendement 78.8%**
2. **Puissance absorbée 51 Kw**
3. **NPSHr minimal de 5.58 m**
4. **Vitesse de rotation élevée 2900tr/min**

Les courbes caractéristiques des pompes choisies sont représentées dans la figure suivante :

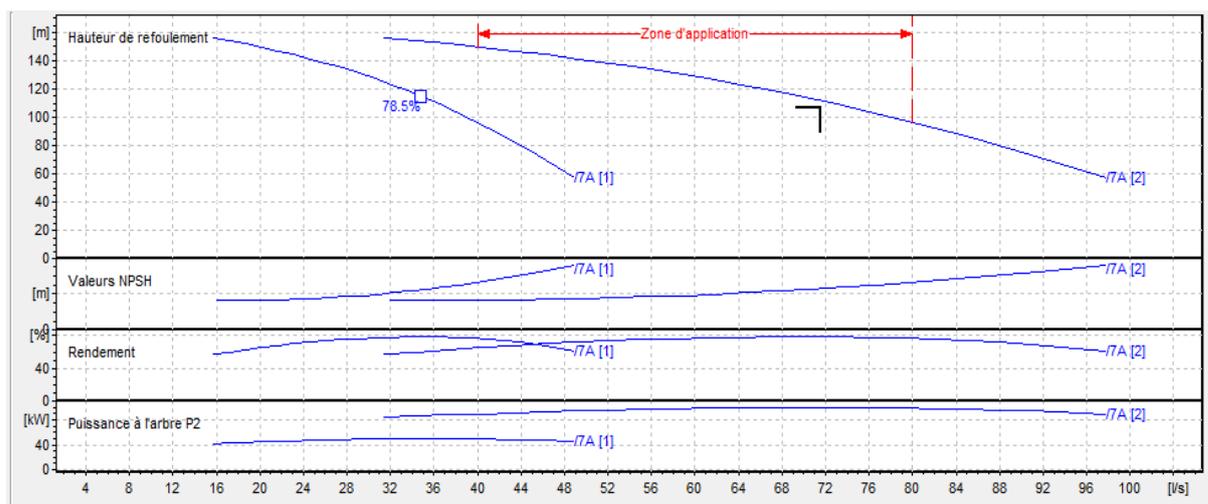


Figure V- 2: Courbe caractéristique de la pompe

Chapitre V : Etude du système d'adduction

V.6 Protection contre de la cavitation

La cavitation est la perturbation du courant liquide juste à l'entrée de la pompe en fonctionnement, cela se produit pour à une température constante, la pression absolue est inférieure ou égale à la tension de vapeur d'eau.

La condition suivante doit être vérifiée : $(NPSH)_r < (NPSH)_d$

$(NPSH)_r$: Charge nette d'aspiration requise, elle est fournie par le constructeur.

$(NPSH)_d$: Charge nette d'aspiration disponible, elle est fournie par l'installateur.

$$(NPSH)_d = (NPSH)_r + r \dots\dots\dots(\mathbf{V.15})$$

r : marge de sécurité, $r = (0,3 - 0,5) \text{ m}$. On prend: $r = 0,5\text{m}$.

$$(NPSH)_d = \frac{P_{at}}{\bar{w}} - \frac{P_v}{\bar{w}} - \sum h_p^{asp} - \frac{V_{asp}^2}{2g} - h_{adm}^{asp} = (NPSH)_r + 0,5 \dots\dots\dots(\mathbf{V.16})$$

$$h_{adm}^{asp} = \frac{P_{at}}{\bar{w}} - \frac{P_v}{\bar{w}} - \sum h_p^{asp} - \frac{V_{asp}^2}{2g} - (NPSH)_r - 0,5$$

$V(\text{m/s})$: vitesse d'écoulement dans la conduite d'aspiration;

$(NPSH)_r$: Déterminé d'après le (**Tableau V8**)

$\frac{P_{at}}{\bar{w}}$: Dépend de l'altitude d'implantation de la station de pompage (**tableau V-8**)

$\frac{P_v}{\bar{w}}$: dépend de la température du liquide pompé (**tableau V-9**)

Tableau V- 8: Pression atmosphérique en fonction de la côte

H (m)	-50	0	100	300	500	1500	2000
$\frac{P_{at}}{\bar{w}}$ (m)	10.86	10.33	10.2	10.06	9.7	8.6	8.4

Tableau V- 9: Pression de vapeur en fonction de la température

T (°C)	5	10	20	30	40	50	80	100
$\frac{P_v}{\bar{w}}$ (m)	0.09	0.12	0.24	0.43	0.75	1.25	4.82	10.33

Chapitre V : Etude du système d'adduction

On a :

(NPSH)_r : Déterminé graphiquement égal à 5.58 m

La côte de la station de pompage est de 989m.

$$\frac{P_{at}}{\bar{w}} = 9.16 \text{ m.}$$

La température ambiante est considérée égale à 20°C donc $\rho = 998.2 \text{ kg/m}^3$

Avec :

$$V_{asp} = \frac{4.Q}{\pi.D_a^2} = \frac{4.0.0715}{3,14.0,191^2} = 2.49 \text{ m/s}$$

$$\Delta H_{\left(\frac{m}{100m}\right)} = 1.23 \times 10^{12} \times \frac{Q^{1.85}}{D^{4.87}} \dots\dots\dots (V.17)$$

$$\Delta H_{m/100m} = 6.32 \times 10^{-4}$$

$$h_{adm}^{asp} = \frac{P_{at}}{\bar{w}} - \frac{P_v}{\bar{w}} - \sum h_p^{asp} - \frac{V_{asp}^2}{2g} - (NPSH)_r - 0,5$$

$$h_{adm}^{asp} = 9.16 - 0.24 - 6.32 \times 10^{-4} - 0.316 - 5.58 - 0.5 = 2.52 \text{ m.}$$

Pour éviter tout risque de cavitation il suffit de respectée l'inégalité suivante:

$$(NPSH)_d > (NPSH)_r$$

Alors :

$$(NPSH)_d = 9.16 - 0.24 - 6.32 \times 10^{-4} - 0.316 - 2.52 = 6.08 \text{ m.}$$

On remarque que : $(NPSH)_d = 6.08 \text{ m} > 5.58 = (NPSH)_r$

Donc notre pompe est bien protégée contre le risque de cavitation.

Conclusion :

Donc notre système de pompage est composé de deux pompes de type **E9S55/6A** + **MC8870** dont une pompe de secoure sera mise en place.

V.7 Dimensionnement du réservoir

Le réservoir est dimensionné selon les besoins en eau des cultures au mois de pointe a fin d'assurer une bonne continuité d'irrigation.

Le volume du réservoir est calculé comme suit :

$$V = Q \cdot T_f \dots\dots\dots(V.18)$$

Q : est le besoin maximum du mois du pointe= 491.4 m³/h

T_f : l'intervalle de temps, il correspond au temps de non fonctionnement de la pompe, puisqu'on a le temps de pompage est de 22h/j, donc T_f=2h

$$V = 491.4 \cdot 2 = 982.8 \text{ m}^3$$

On prend un volume total de **V= 1000m³**

La forme géométrique de notre réservoir est soit :

- **Réservoir circulaire**

Tableau V- 10: Dimensions du réservoir de stockage projeté

Volume (m ³)	1004
Hauteur (m)	5
Diamètre (m)	16

V.8 La desserte gravitaire

V.8.1 Tracé du réseau de distribution

Pour le choix du tracé du réseau de distribution, il est impératif de s'assurer de certaines considérations, qu'on résume en :

- Il est important de chercher un profil en long aussi régulier que possible pour éliminer les contres pentes ;
- Dans le but d'économie du projet, le tracé doit être le plus court possible ;

- Éviter le phénomène de cavitation qui peut engendrer les éclatements et vibration de la canalisation au cours de la phase de surpression ;
- Éviter les forêts, bois et zones marécageuses, ainsi que la traversée des obstacles (routes, voies ferrées, canaux, oueds,).

Le tracé escompté est un réseau ramifié qui conduit à un coût d'investissement optimum.

V.8.2 Choix des matériaux des canalisations

De nombreux types de matériaux sont disponibles pour constituer une conduite. On peut classer en fonction des matériaux avec lesquels ils sont fabriqués : fonte, PEHD, PRV, ...etc. Le choix des tuyaux utilisés est fonction de la pression et de la nature du terrain, des coûts de fourniture et de mise en œuvre, mais aussi de la facilité à réaliser les raccordements, les prises de branchement et les réparations en cas de fuite.

➤ Fonte

La fonte est un matériau noble apte à prendre en charge les grandes pressions, il n'est pas sensible à la corrosion et sa pose se fait sans grande contrainte. Néanmoins elle nécessite beaucoup de pièces spéciales ainsi son prix devient onéreux mais acceptable par rapport à la longévité de la conduite.

➤ PEHD (polyéthylène)

Les tuyaux en matière plastique sont les plus légers de tous les tuyaux. Ils sont faciles à couper, à poser et à assembler si certaines précautions sont prises. Ils ont de très bonnes propriétés hydrauliques et ne sont pas sujets à la corrosion. Toutefois leur résistance mécanique présente une limitation plus sévère que les autres matériaux (Casse pour le PVC, écrasement pour le PEHD).

➤ PRV (polyester renforcé verre)

C'est un matériau composite constitué d'une matrice polymère (appelée résine) renforcée par des fibres ou parfois par des microsphères de verre, Ses propriétés de résistance (mécanique, chimique) et sa densité sont très favorables, comparé aux métaux. et sa résistance à la corrosion.

V.8.3 Dimensionnement hydraulique des canalisations

➤ Calcul des diamètres :

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 :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 1000 \dots\dots\dots(\text{V.19})$$

Avec :

Q : débit, exprimé en m³/s ;

D : diamètre exprimé en mm

V : vitesse d'écoulement dans les conduites.

➤ **Vitesse admissible** : La vitesse admissible varie entre 0.5 m/s, comme vitesse inférieure, et 2.5 m/s comme vitesse maximum. Dans notre étude, on prend une vitesse moyenne dans la conduite égale à 1.2 m/s.

➤ Calcul des pertes de charge :

Les pertes de charge unitaires, ont été définies par la formule de LECHAPT et CALMON, qui est donnée par la formule suivante :

$$h_{Pu} = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C \dots\dots\dots(\text{V.20})$$

Avec :

h_{Pu} : Pertes de charge unitaire en mm/ml

Q : Débit en m³/s

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

Chapitre V : Etude du système d'adduction

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

$$J=L \times Q^M/D^N \dots\dots\dots(V.21)$$

Tableau V- 11: Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon

K (mm)	L	M	N
0,1	1,15	1,89	5,01
0,5	1,4	1,96	5,19
1	1,6	1,975	5,25

La rugosité équivalente : K=0.1 mm, donc : L=1.15 M=1.89 N=5.01.

Dans notre cas, les conduites seront en PEHD.

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

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

$$Z_1+h_1+V_1^2 /2g=Z_2+h_2+V_2^2 /2g+\Delta h\dots\dots\dots(V.22)$$

Où h_1 et h_2 sont les hauteurs de pressions

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

Z_1 et Z_2 sont les côtes du terrain naturel.

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

Chapitre V : Etude du système d'adduction

Tableau V- 12: Calculs hydrauliques du réseau de distribution

Tronçon	L(m)	Q(l/s)	D calculé (mm)	D normalisé (mm)	V réelle (m/s)	pdc linéaire (m)	pdc total (m)	cote aval (m)	cote piézométrique (m)	pression (m)	Pression (bar)
R-N1	183.92	136.5	380.66	400	1.09	0.46	0.51	1016.26	1054.75	38.49	3.8
N1-N2	300.61	53.64	238.63	250	1.09	1.36	1.50	1019.8	1053.25	33.45	3.3
N2-B1	150.07	7.67	90.23	110	0.81	1.05	1.16	1019.5	1052.09	32.59	3.3
N2-N3	367.85	45.97	220.91	250	0.94	1.25	1.37	1006.7	1051.88	45.18	4.5
N3-B2	110.55	8.74	96.32	110	0.92	0.99	1.09	1001	1050.79	49.79	5.0
N3-B3	63.02	7.13	87.00	90	1.12	1.05	1.16	1005.5	1050.72	45.22	4.5
N3-N4	260.71	30.1	178.75	200	0.96	1.21	1.33	998	1050.55	52.55	5.3
N4-B4	209.48	9.25	99.09	110	0.97	2.09	2.30	995	1048.24	53.24	5.3
N4-N5	123.45	20.85	148.77	160	1.04	0.88	0.97	994.3	1049.58	55.28	5.5
N5-B6	301.01	6.76	84.71	90	1.06	4.55	5.00	989	1044.58	55.58	5.6
N5-N6	140.51	14.09	122.30	160	0.70	0.48	0.52	990	1049.06	59.06	5.9
N6-B5	34.82	6.18	81.00	90	0.97	0.44	0.49	991	1048.57	57.57	5.8
N6-B7	440.39	7.91	91.64	110	0.83	3.28	3.60	982	1045.45	63.45	6.3
N1-N7	105.79	31.76	183.62	200	1.01	0.54	0.60	1010.2	1054.15	43.95	4.4
N7-B8	19.81	5.42	75.85	90	0.85	0.20	0.22	1010.1	1053.94	43.84	4.4
N7-N8	90.91	26.7	168.36	200	0.85	0.34	0.37	1005.2	1053.78	48.58	4.9

Chapitre V : Etude du système d'adduction

Tronçon	L(m)	Q(l/s)	D calculé (mm)	D normalisé (mm)	V réelle (m/s)	pdv linéaire (m)	pdv total (m)	cote aval (m)	cote piézométrique (m)	pression (m)	Pression (bar)
N8-B12	134.87	7.83	91.17	110	0.82	0.98	1.08	998.5	1052.70	54.20	5.4
N8-N9	362.95	18.87	141.53	160	0.94	2.14	2.35	992.7	1051.43	58.73	5.9
N9-B15	136.59	4.91	72.20	75	1.11	2.81	3.09	995	1048.34	53.34	5.3
N9-N10	112.18	13.96	121.74	125	1.14	1.29	1.42	990	1050.01	60.01	6.0
N10-B16	30.75	4.78	71.23	75	1.08	0.60	0.66	988.6	1049.35	60.75	6.1
N10-B17	291.13	9.18	98.72	110	0.97	2.87	3.16	979.5	1046.86	67.36	6.7
N1-N11	101.43	50.74	232.09	250	1.03	0.41	0.46	1018.6	1054.30	35.70	3.6
N11-B9	26.19	4.2	66.77	75	0.95	0.40	0.44	1016.5	1053.85	37.35	3.7
N11-N12	210.86	46.54	222.27	250	0.95	0.73	0.80	1014	1053.49	39.49	3.9
N12-B10	119.56	5.43	75.92	90	0.85	1.19	1.31	1005	1052.18	47.18	4.7
N12-N13	252.85	41.11	208.90	250	0.84	0.69	0.76	1005.3	1052.73	47.43	4.7
N13-B11	25.28	6.17	80.93	90	0.97	0.32	0.35	1005	1052.38	47.38	4.7
N13-N14	309.76	34.94	192.59	200	1.11	1.91	2.10	994.5	1050.63	56.13	5.6
N14-B13	136.31	9.01	97.80	110	0.95	1.30	1.43	992.1	1049.20	57.10	5.7
N14-B14	28.03	8.03	92.33	110	0.85	0.21	0.24	993.8	1050.39	56.59	5.7

Chapitre V : Etude du système d'adduction

tronçon	L(m)	Q(l/s)	D calculé (mm)	D normalisé (mm)	V réelle (m/s)	pdc linéaire (m)	pdc total (m)	cote aval (m)	cote piézométrique (m)	pression (m)	Pression (bar)
N14-N15	274.67	17.9	137.85	160	0.89	1.46	1.61	986	1049.02	63.02	6.3
N15-B18	165.53	7.39	88.57	90	1.16	2.96	3.26	981	1045.76	64.76	6.5
N15-N16	260.78	10.51	105.63	110	1.11	3.32	3.65	988	1045.37	57.37	5.7
N16-B19	25.84	5.45	76.06	90	0.86	0.26	0.29	988	1045.08	57.08	5.7
N16-B20	157.96	5.06	73.29	75	1.15	3.44	3.79	979.5	1041.58	62.08	6.2

V.9 Conclusion

Dans Ce chapitre, nous avons étudié le système d'adduction du périmètre d'Elkouif.

Le périmètre est découpé en 20 ilots et comporte 20 bornes.

Dans la phase de calcul nous a permis:

- De calculer le réseau d'adduction qui est constitué d'une conduite de refoulement de diamètre 315 mm.
- De projeter le réseau de distribution, du réservoir vers les bornes d'irrigation à travers un système de canalisation en PEHD.
- De s'assurer des pressions des bornes, qui sont nécessaires à toute projection d'un réseau d'irrigation, ce qui permet d'utiliser plusieurs systèmes d'irrigation même les plus exigeants en pression (tel que l'aspersion) et de diversifier les cultures pour de meilleurs rendements.



Chapitre VI : Techniques d'irrigation

VI.1 Introduction

Pour une exploitation particulière, le choix de la méthode d'irrigation dépend d'un grand nombre de facteurs techniques, économiques et sociologiques.

Les facteurs techniques incluent le type de culture, le type du sol, la structure parcellaire, la topographie et la qualité de l'eau.

Les facteurs socio économiques se rapportent à la structure de l'exploitation, les coûts d'investissement, les frais de fonctionnement et d'entretien, le niveau technique de l'exploitant et les besoins en main d'œuvre.

Le choix de la méthode d'irrigation par l'exploitant, peut être dicté également par le mode de livraison de l'eau au niveau de la parcelle. La distribution de l'eau aux bornes d'irrigation, fonctionnant sous pression et à la demande, encouragerait l'utilisation de méthodes d'irrigation modernes (irrigation par aspersion ou localisée).

VI.2 Les techniques d'irrigation

Les techniques d'arrosages sont majoritairement réparties en trois classes :

- L'irrigation gravitaire ou de surface.
- L'irrigation par aspersion (sous pression).
- L'irrigation par micro-irrigation (sous pression).

VI.2.1 Irrigation de surface

Les irrigations de surface recouvrent l'ensemble des techniques d'irrigation où l'eau disponible en tête de parcelle est répartie sur le terrain à irriguer par un écoulement gravitaire de surface, ne nécessitant aucun aménagement adéquat du sol.



Figure VI- 1: Irrigation gravitaire

On classe généralement les différentes techniques d'irrigation de surface en trois groupes principaux:

a- Irrigation par bassin (Submersion)

Le principe consiste à donner au sol une couche d'eau plus au moins épaisse, qu'on laisse séjourner pendant le temps nécessaire pour qu'elle pénètre par infiltration à la profondeur utile permettant ainsi au sol de mettre en réserve l'eau indispensable au développement des cultures.

b- Irrigation par planches

L'irrigation à la planche, s'effectue par ruissellement d'une lame d'eau sur une planche (terrain en pente parfaitement nivelée) délimitée par deux diguettes longitudinales ou levées. L'eau est déversée à la partie supérieure de la planche constituant le petit côté d'un rectangle.

c- Irrigation à la raie

Les raies sont des petits fossés creusés entre les rangées de plantes. Cette méthode est essentiellement appropriée pour les cultures qui ne tolèrent pas la submersion de leurs feuillages ou de leur collet par les eaux pour un temps trop long. Elle convient pour les terrains en pente, et pour plusieurs types de sol. La longueur des sillons dépend de la pente

Chapitre VI : Technique d'irrigation

du terrain naturel, du type de sol, du débit d'eau, de la dose d'irrigation.

Avantages et les inconvénients de l'irrigation par gravité

➤ **Avantage**

- ❖ Coût d'investissement relativement faible.
- ❖ Besoins en énergie nuls.
- ❖ Permet d'irriguer des grandes surfaces.

➤ **Inconvénients**

- ❖ Elle nécessite un aménagement préalable du terrain.
- ❖ Le volume d'eau utilisé est important.
- ❖ Pertes d'eau considérable.
- ❖ Elle nécessite beaucoup de mains d'œuvre.
- ❖ La durée de l'arrosage est plus longue.

VI.2.2 Irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion est la technique d'arrosage par laquelle l'eau est fournie aux plantes sous forme de pluie artificielle, grâce à l'utilisation d'appareils d'aspersion alimentés en eau sous pression.

Ces appareils rotatifs pulvérisent l'eau en fines gouttelettes et doivent assurer une répartition aussi uniforme que possible de pluie sur la surface du sol.



Figure VI- 2: Irrigation par aspersion

Avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion

➤ Avantages

- ❖ Elle ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface d'irrigation.
- ❖ Elle provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie.
- ❖ Elle permet un dosage précis et une répartition régulière de la quantité d'eau distribuée.
- ❖ Elle met à la disposition des exploitants des conditions d'arrosage très souples.

➤ Inconvénients

- ❖ Elle nécessite au départ, pour chaque irrigant une dépense importante de premier établissement et qu'elle exige souvent une nombreuse main d'œuvre d'explication.
- ❖ Elle favorise l'évaporation qui est d'autant plus intense que les gouttelettes sont plus fines et l'air plus sec.
- ❖ Elle favorise le développement des mauvaises herbes.
- ❖ L'eau distribuée peut provoquer une croûte superficielle dans le cas de sols lourds.

Les différents types d'installation par aspersion

En pratique, deux solutions extrêmes peuvent être envisagées :

- L'installation totalement fixée.
- L'installation totalement mobile.

Dans l'installation fixée, l'ensemble des équipements (pompe, canalisation, asperseur) sont fixés de façon permanente, ce qui limite une main d'œuvre, mais occasionne des investissements très élevés.

- **Couverture totale (quadrillage total)**

Ce dispositif est le plus utilisé, au lieu d'avoir une seule rampe on couvre toute la superficie à arroser par toute la tuyauterie, celle-ci reste en place durant toute la saison d'arrosage. Dans ce cas, seuls les asperseurs doivent être déplacés et chaque rampe comporte un asperseur et forme une rampe fictive, ce qui permet de réduire le diamètre de la rampe.

- **Couverture intégrale**

La parcelle à arroser est entièrement couverte par des tuyaux et des arroseurs à poste fixé, l'arrosage est commandé par l'ouverture et la fermeture d'une vanne soit manuellement soit automatiquement par commande hydraulique ou électrique.

VI.2.3 Irrigation localisée (goutte a goutte)

Cette méthode d'irrigation sous pression est appelée ainsi du fait que l'eau est appliquée en des endroits où l'on désire la voir s'infiltrer. Cette application est donc localisée. L'irrigation localisée regroupe tous les systèmes caractérisés par un réseau de distribution à la parcelle, fixe sous pression, permettant des apports d'eau continus ou fréquents en des endroits déterminés par apport au dispositif cultural et de façon telle que l'infiltration ne se produise que sur une fraction réduite de la surface du sol, en l'occurrence la zone racinaire.



Figure VI- 3: Irrigation par goutte à goutte

Avantages et les inconvénients de l'irrigation localisée

➤ Avantages

❖ Efficience de l'eau

Peu de pertes par évaporation, puisqu'il n'y a pas de trajectoire aérienne des gouttes d'eau, que le feuillage n'est pas humidifié inutilement, qu'une partie de la surface du sol reste sèche, que la croissance des mauvaises herbes est très limitée et n'entraîne donc pas une consommation parasite (**Rieul, 1992**), il n'y a pas de ruissellement, pas de débordement sur les parcelles voisines.

❖ Avantages agronomiques

- L'humidité du sol au voisinage des racines reste constamment élevée sans empêcher une bonne aération du sol.
- La fertilisation par des engrais incorporés à l'eau d'arrosage est aisée.
- L'atmosphère au voisinage des plantes n'est pas saturée d'humidité comme dans l'aspersion.
- les mauvaises herbes se développent peu.
- Les activités culturales ne sont pas gênées par les arrosages

❖ Avantages économiques

Le prix de revient est très influencé par l'espacement des lignes, le prix de revient est nettement moins élevé que celui d'autres réseaux fixes, comme l'aspersion. En ce qui concerne le coût d'exploitation, il est peu élevé, de plus la faible pression.

➤ Inconvénients

❖ L'obstruction des goutteurs

Des particules de sable, des dépôts lents d'argile ou de limons, des précipitations chimiques, le développement de micro-organismes sont les plus souvent rencontrés et favorisent l'obstruction des orifices des goutteurs. Il est à noter que l'entretien et l'élimination des goutteurs obstrués sont longs et onéreux. Le meilleur moyen de prévenir ces obstructions est un procédé par de filtration soignée de l'eau.

❖ Accumulation de sels

Chapitre VI : Technique d'irrigation

Pendant la période d'irrigation les sels sont peu refoulés à la périphérie du bulbe humide, plus spécialement près de la surface du sol.

VI.3 Choix de la technique d'arrosage

Pour pouvoir choisir la technique d'irrigation convenable, il est nécessaire de connaître toutes les contraintes de chaque type d'arrosage. Une analyse multicritères des techniques d'arrosage basée sur différentes contraintes est nécessaire pour aboutir au choix de la technique d'irrigation la plus adéquate pour le zone considérée, notre analyse est détaillée comme suit :

Tableau VI- 1: Analyse multicritère du choix de la technique d'irrigation

Contraintes	Irrigation de surface par Rigole	Irrigation par Aspersion	Irrigation Localisée
Evaporation	+	++	+++
Vent (1.9 m/s)	+++	+	+++
Texture (argileux- limoneuse)	++	++	++++
Perméabilité (bonne)	++	+++	+++
Pente	+	++	+++
Qualité d'eau(moyenne)	++	++	+
Cultures			
Maraîchage	+++	+++	+++
Céréales	x	+++	x
Arbres	+++	x	+++
Contraintes économiques			
économie d'eau	x	++	+++

Remarque:

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

VI.4 Conclusion

Il existe une multitude de système d'irrigation que l'ingénieur doit analyser et choisir.

Dans notre projet, compte tenu des critères détaillés dans le tableau précédent, on opte pour le système d'irrigation par aspersion et par goutte à goutte, ces deux systèmes présentent la meilleure efficacité en eau, indispensable dans une zone semi-aride et permettent de meilleurs rendements des cultures.

Chapitre VII :

Dimensionnement à la parcelle

VII.1 Introduction

L'irrigation est l'application de l'eau au sol dans le but de combler le déficit en eau, pour cela il faut réaliser les conditions les plus favorables pour la croissance des plantes.

Quel que soit l'origine de l'eau (nappe souterraine, eau de barrage) et son mode de transport (canaux, conduite sous pression), il faut bien la répartir sur le sol de façon à ce que les plantes en tirent le maximum de profit. Cependant on doit envisager un choix minutieux du mode d'irrigation et de la technique d'arrosage en compatibilité avec les contraintes de la région d'étude.

L'objectif du présent chapitre, est le calcul des installations d'irrigation à la parcelle, pour l'irrigation par aspersion.

VII.2 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion

Avec l'aspersion, l'eau d'irrigation est amenée aux plantes sous forme de pluie artificielle, grâce à l'utilisation d'appareils d'aspersion alimentés en eau sous pression. Présentons sommairement le principe de la mise en œuvre de l'irrigation à la parcelle dans le cadre d'un équipement classique.

À partir de la prise d'irrigation, l'agriculteur dispose d'une canalisation d'approche (conduite tertiaire) alimentant les portes rampes qui alimentent à leurs tours les rampes sur lesquelles sont montés les asperseurs.

Le dimensionnement des ouvrages cités, nécessite au préalable de quantifier certains paramètres nécessaires à la mise en œuvre de cette technique, tels que le choix de la culture et les caractéristiques de la parcelle choisie.

VII.2.1 Données générales

Choix de la culture : Pour laquelle la totalité des canalisations et des asperseurs est mise en place sur la parcelle, durant toute la campagne d'irrigation.

Dans notre cas nous avons choisi l'irrigation du betterave,

Choix des parcelles et de l'ilot : la parcelle choisie pour l'arrosage par aspersion est dans l'ilot 12 qui présente une superficie de 2.43 ha et qui dispose d'une pression de 5.4 bars.

Chapitre VII : Dimensionnement à la parcelle

Surface: 2.43 ha

Longueur: 187 m

Largeur: 130 m

Temps de travail: 20 heures par jour, et 26 jours par mois

Besoins en de pointe: 89.08 mm/mois pour le mois de pointe(Aout).

Perméabilité du sol : $K=7.2$ mm/h.

Dose pratique :RFU : elle est calculée comme suit :

$$RFU = Y *(H_{cc} - H_{pf})*Da*Z \dots\dots\dots(VII.1)$$

Y: degré de tarissement : égal à 2/3 ;

Da: densité apparente : égale à 1.4

Z: profondeur d'enracinement mm (40 cm)

Hcc: humidité à la capacité au champ (24%)

Hpf : humidité au point de flétrissement (14%).

RFU= 37.33mm

VII.2.2 Dimensionnement théorique

a) Calcul du diamètre de l'ajutage

La perméabilité du sol $K= 7.2$ mm/h; On pose $p \leq k$ tel que p : pluviométrie de la buse.

Le diamètre de la buse se calcule par la formule suivante :

$$P = \frac{1.5 \cdot d}{1.04} \dots\dots\dots(VII.2)$$

$$\text{D'où : } d = \frac{7.2 \cdot 1,04}{1,5} = 4,99 \text{ m m}$$

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

b) Calcul de la portée du jet (L)

La portée du jet est la distance de l'appareil au point du rayon arrosé, permet de définir la surface circulaire arrosée par l'appareil, se calcule par l'équation suivante :

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

Avec : d : le diamètre de la buse (mm)

h : pression à la buse (m), dans notre cas P= 5.4 bars, hauteur d'eau =54m.

$$L = 3 \cdot (5)^{0,5} \cdot 48^{0,25} = 18.18m$$

Théoriquement, cette formule est valable, mais demande encore plus de précisions en fonction du diamètre choisi et recommandé par le fournisseur.

D'après le catalogue, pour le diamètre de la buse de 5 mm à une pression de 5.3 bars, la portée calculée est de 17.5m.

c) Ecartements entre les rampes et arroseurs

En fonction de la vitesse du vent, les normes américaines recommandent l'écartement maximum suivant :

E_l entre les lignes d'arrosage : 1,25L (vent faible) à 1,02 L (vent fort).

E_a entre les arroseurs sur la rampe : 0,8 L (vent faible) à 0,5 L (vent fort).

Les valeurs maximales correspondent à des conditions de vent peu violent (<10Km/h).

Notre zone d'étude présente des vitesses maximales de vents de l'ordre de 3.8 m/s=13.68 Km/h, donc on prend les valeurs suivantes :

$$E_l = 1,25 \cdot 17,5 = 21,88m$$

$$E_a = 0,8 \cdot 17,5 = 14m$$

Les valeurs normalisées des écartements sont comme suit :

$$E_l=24m, \quad E_a=18m.$$

La surface mouillée (m²) =24*18= 432 m².

d) Débit de l'asperseur

Le débit d'un asperseur se calcule, par la relation suivante :

$$q = 0,95 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \sqrt{2 \cdot g \cdot h}.$$

$$q = 0,95 \cdot \frac{3,14 \cdot (5 \cdot 10^{-3})^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 54} = 6,06 \cdot 10^{-4} m^3/s \dots\dots\dots(\text{VII.4})$$

$$q = 2,18 m^3/h$$

Avec q débit de l'asperseur (m³/s).

e) Vérification de la pluviométrie de la buse

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

$$p = \frac{q}{E_l \cdot E_a} \dots\dots\dots(\text{VII.5})$$

Q : est le débit de l'asperseur choisi, q = 2.18 m³/h

$$D'où \quad p = \frac{2,18}{24 \cdot 18} = 5,04 mm/h$$

Donc le diamètre de la buse choisi assurera une pluviométrie P≤K=7.2 mm/h.

f) Calcul du tour d'eau

La durée du tour d'eau correspond à la durée nécessaire à l'arrosage de l'ensemble des parcelles.

$$T_{eau} = \frac{Dose_{RFU} \cdot N_J}{B_{mp}} \dots\dots\dots(\text{VII.6})$$

$$Teau = (37.33 \cdot 26) / 89.08 = 10.89 \text{ jours.}$$

Donc on irrigue 2 fois par mois.

On prend un tour d'eau de 11 jours.

g) La dose réelle

$$Dr = Teau \cdot \text{la dose journaliere} \dots\dots\dots(\text{VII.7})$$

$$Dr = 11 \cdot \frac{89.09}{30} = 32.66 \text{ mm.}$$

$$Dr = 32.66 \text{ mm.}$$

h) Calcul de la dose brute

$$Db = \text{La dose réelle} / 0,75 \dots\dots\dots(\text{VII.8})$$

$$Db = 32.66 / 0,75 = 43.55 \text{ mm}$$

i) Temps d'arrosage

Le temps T pour donner une dose par un asperseur sans dépasser la capacité d'infiltration se calcule d'après la relation suivante :

$$T = \frac{\text{dose _ réelle _ brute}}{\text{pluviometrie}} \dots\dots\dots(\text{VII.9})$$

$$T = 43.55 / 7.2 = 6.05 \text{ h}$$

Chapitre VII : Dimensionnement à la parcelle

donc $T = 6$ h.

Donc on pourra adopter trois positions par jour pour un asperseur, ce qui donne un temps de fonctionnement d'un 18 h

j) Calcul de l'unité d'arrosage (SU)

$$\text{La surface unitaire arrosée : } SU = \frac{S}{Teau.n} = \frac{2,43}{11.2} = 0,11ha \dots\dots\dots(\text{VII.10})$$

k) Nombre d'asperseur requis (Nasp)

$$Nasp = \frac{SU.10000}{El.Ea} = \frac{0,11.10000}{18.24} = 2.55asp \dots\dots\dots(\text{VII.11})$$

donc on prend 3 asperseurs

l) Calcul du volume fourni par un asperseur par mois

$V = \text{nbr de position par jour} \cdot \text{nbr d'irrigation par mois} \cdot \text{Dose brute} \cdot Ea \cdot El$ (VII.12)

$$V = \frac{2 \times 3 \times 43.55 \times 24 \times 18}{1000} = 112.88 m^3$$

VII.2.3 Dimensionnement hydrauliques des rampes

a) Longueur de la rampe et la porte rampe

Cette étape de dimensionnement diffère d'une parcelle à une autre car elle basée sur les dimensions de la parcelle ainsi que la façon dont on projette le réseau d'aspersion. dans notre cas nous avons : la longueur du terrain est de 187m , la largeur du terrain est de 130m.

$$L_r = \frac{\text{Longueur du terrain}}{2} - \frac{E_a}{2} \dots\dots\dots(\text{VII.13})$$

$$L_r = \frac{187}{2} - \frac{18}{2} = 85 \text{ m}$$

$$L_{pr} = \text{Largeur du terrain} - \frac{E_l}{2} \dots\dots\dots(\text{VII.14})$$

$$L_{pr} = 130 - \frac{24}{2} = 118\text{m}$$

b) Nbre asperseur/rampe (N)

$$N_{asp/rampe} = \frac{Lr}{E_a} \dots\dots\dots(\text{VII.15})$$

$$N_{asp/rampe} = \frac{85}{18} = 5 \text{ asperseurs}$$

c) Nombre de rampes(Nr)

$$N_{rampes} = \frac{N_{asp}}{N_{asp/rampe}} = 1 \text{ rampe} \dots\dots\dots(\text{VII.16})$$

d) Calcul du débit de la rampe(Qr)

$$Q_{rampe} = Q_{asp} \times \text{nbre d'asperseur par rampe} \dots\dots\dots(\text{VII.17})$$

Le débit de la rampe : $Q_r = 2.18 \times 5 = 10.9 \text{ m}^3/\text{h}$

e) Débit de la porte rampe

$$Q_{porte rampe} = Q_{rampe} \times N_{rampes} \dots\dots\dots(\text{VII.18})$$

$$Q_{porte rampe} = 10.9 \times 1 = 10.9 \text{ m}^3/\text{h}$$

f) Calcul du Diamètre de la rampe et la porte rampe

$$\text{Diamètre de la rampe : } D_R = \sqrt{\frac{4Q_R}{\pi.V}} \dots\dots\dots(\text{VII.19})$$

Avec V : vitesse de l'écoulement à travers la rampe

Où : $V \leq V_{ADM}$; $V_{adm} \in [0.5 \div 2.5] \text{ m/s}$

On suppose que $V = 1.5 \text{ m/s}$ et on calcule D_R

$$D_{pr} = D_r = \sqrt{\frac{4 \times 3.03 \times 10 - 3}{\pi \times 1.5}} = 0.052 \text{ m}$$

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

La nouvelle vitesse sera :

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi \times d^2} = 0.97 \text{ m/s}$$

g) Calcul des pertes de charge

L'expression générale des pertes de charges linéaire dans les conduites est calculée généralement par une formule de type Hazen Williams :

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_H} \right)^{1.852} \frac{Q^{1.852}}{D^{4.87}} \dots \dots \dots \text{(VII.20)}$$

Ou ΔH = Perte de charge unitaires (m/m)

Q : Debit de la conduite en m³/s

CH : coefficient equivalent à 130.

Pour la rampe on a : L=85m, D= 63mm, Q= 0.00303 m³/s

$\Delta H_{\text{rampe}} = 1.68 \text{ m}$

Pour la porte rampe on a : L=118m, D=63mm, Q=0.00303 m³/s

$\Delta H_{\text{porte-rampe}} = 2.33 \text{ m}$

L'application de la règle de Christiansen conduit à imposer une perte de charge maximale de 20% de la pression de fonctionnement (P=3 bars, =30 m) entre le premier asperseur et l'asperseur le plus défavorisé.

Pour une perte de charge totale de 0.08 m, la règle de Christiansen est donc respectée.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

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

Chapitre VII : Dimensionnement à la parcelle

Paramètres	Porte Rampe	Rampe
Longueur (m)	118	85
Diamètre (mm)	63	63
Débit (m ³ /s)	0.00303	0.00303
Vitesse (m/s)	0.97	0.97
Perte de charge totale (m)	2.33	1.68

$$\Delta H_t = 2.33 + 1.68 = 4.01 \text{ m}$$

VII.2.4 Calcul de la pression en tête du réseau

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

$$H = H_1 + H_2 + H_3 \quad \dots\dots\dots(\text{VII.21})$$

H : pression à la tête de la parcelle.

H₁ : pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (3bar).

H₂ : perte de charge totale de la rampe

H₃ : la dénivelée =5m

$$H = 30 + 4.01 + 5 = 39.01 \text{ m}$$

P=3.901 bar, ce qui est suffisant vu que la pression à la borne est de 5.4 bars.

V.3 Conclusion

Le choix de techniques d'irrigation est d'une grande importance dans l'aménagement d'un périmètre, puisqu'il joue un rôle capital dans le rendement des cultures. Dans ce chapitre, nous avons procédé au dimensionnement de systèmes d'irrigation par aspersion. Ces systèmes d'irrigation sont modernes, pratiques et nettement plus économiques et donc nous aide beaucoup dans le développement de l'agriculture.



Chapitre VIII :

Calcul technico-économique

VIII.1.Introduction

Dans ce chapitre on va procéder à un calcul détaillé qui consiste à déterminer toutes les quantités des matériaux ainsi que le cout global du projet de l'aménagement du notre périmètre, pour se faire il est important d'estimer toutes les opérations nécessaires à la réalisation d'ouvrage hydro-agricole.

VIII.2 Différents travaux à entreprendre

a) Exécution des tranchées

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

b) Pose du lit de sable

Cette opération consiste à poser un lit de sable au fond de la tranchée, ce lit aura une épaisseur de 12cm.

c) Pose des conduites

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

d) Epreuve de joint et de la canalisation

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

e) Remblayage des tranchées

C'est une opération de terrassement qui consiste à enterrer la conduite, en utilisant le

remblai résultant de l'excavation.

f) Nivellement et compactage

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

VIII.3 Frais des travaux sur réseau d'adduction

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

VIII.3.1 Calcul des volumes de déblais et remblais

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

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

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

La hauteur est de :

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

Avec :

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

Sois L la longueur de la tranchée en mètres.

D : diamètre de la conduite.

VIII.3.2 Volume du déblais

Le volume des déblaiements sera alors égal à :

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

VIII.3.3 Volume de remblais

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

$$V_{\text{remb}} = V_{\text{deb}} - V_{\text{cond}}$$

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

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

VIII.3.4 Volume de sable

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

$$V_{\text{sable}} = h_{\text{sable}} \times L \times l$$

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

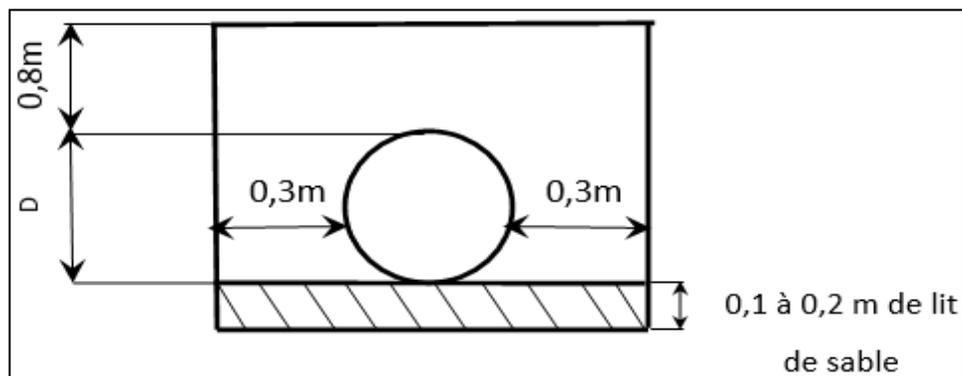


Figure VIII- 1: Disposition de la conduite dans une tranchée

VIII.3.5 Calcul des différent volumes

Tableau VIII- 1: Quantité des travaux de terrassement

CHAPITRE VIII : CALCUL TECHNICO-ECONOMIQUE

Conduites	l (m)	h (m)	L (m)	Vdeb (m3)	Vcond (m3)	Vsable (m3)	Vremb (m3)	Vexcédentair (m3)
Ø 315	1	1.25	2230	2787.50	280.09	267.60	2239.81	547.69

Tableau VIII- 2: Coût des travaux de terrassement

Conduites	Unités de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Déblai	M ³	2787.50	300	836250
Pose du lit de sable	M ³	267.60	800	214080
Remblai de la tranchée	M ³	2239.81	200	447962
TOTAL (DA)				1498292

Les prix des conduites sont détaillés comme suit :

Tableau VIII- 3: Facture de conduites du réseau d'adduction

Conduites	Type de conduite	Unités de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire (DA/m)	Montant (DA)
Ø 315	PEHD	ml	2230	4 003.95	8928808.5
Total (HT)					8928808.5
TVA (19%)					1696473.62
Total (TTC)					10625282.1

VIII.4 Estimation des Frais des travaux sur le réservoir

Les opérations à suivre pour la réalisation :

- Terrassements :
 - Décapage des terres végétales.
 - Fouille en grande masse jusqu'au bon sol.
 - Remblai en terre épierrée.
 - Transport des terres excédentaires.
- Coffrage :
 - Radier.

- Voile.
- Coupole.
- Béton :
 - Béton de propreté dosé a 150kg/m³.
 - Béton : radier, voile (400kg/m³) ; coupole (350kg/m³)

VIII.4.1 Terrassement

➤ Décapage

$$S_{\text{dec}} = A * B$$

$$S_{\text{dec}} = (16+0.3*2+2) (16+0.3*2+2) = 345.96 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{dec}} = S_{\text{dec}} * e = 345.96 * 0.1$$

Avec: e = 10 cm

$$\rightarrow V_{\text{dec}} = 34.596 \text{ m}^3$$

➤ Les fouilles en grand masse

$$D = D_{\text{ext}} + 2 \text{ m}$$

$$D_1 = 16.6 + 2 = 18.6 \text{ m}$$

$$S_f = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi * 18.6^2}{4} = 271.72 \text{ m}^2$$

$$V_f = S_f * h_{\text{bs}} = 271.72 * 2.2$$

h_{bs} : hauteur du bon sol c'est 2.2m.

$$\rightarrow V_f = 597.78 \text{ m}^3$$

➤ Volume des terres

$$V_t = V_f * C_f = 597.78 * 1.3$$

$$\rightarrow V_t = 777.1 \text{ m}^3$$

➤ Les remblais des fouilles

$$V_{rf} = S * h_{bs} - V_{bp}$$

$$V_{rf} = \frac{\pi(D_{fext}^2 - D_{ext}^2)}{4} * h_{bn} - 2$$

$$V_{rf} = 3.14 * (20.6^2 - 18.6^2) / 4 * 2.2 - 2$$

$$\rightarrow V_{rf} = 133.39 \text{ m}^3$$

➤ **Volume du déblai a transporté**

$$V_t - V_{rf} = 953 - 148 = 637.71 \text{ m}^3$$

VIII.4.2 Bétonnage

➤ **Volume de béton de propreté**

$$V_{bp} = S_{bp} * e_{bp}$$

$$S_{bp} = \frac{\pi(D_{ext} + 0.1)^2}{4} = \frac{\pi 16.7^2}{4} = 219.05 \text{ m}^2$$

$$V_{bp} = 219.05 * 0.2$$

$$\rightarrow V_{bp} = 43.8 \text{ m}^3$$

➤ **Volume de radier**

$$V_{rad} = S_{rad} * e_r$$

$$S_r = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi 16.6^2}{4} = 216.42 \text{ m}^2$$

$$V_r = 271.57 * 0.35$$

$$\rightarrow V_r = 75.75 \text{ m}^3$$

➤ **volume des voiles**

$$V_{bv} = \frac{\pi(D_{ex}^2 - D_{int}^2)}{4} * H_{rad} = 63.81$$

CHAPITRE VIII : CALCUL TECHNICO-ECONOMIQUE

$$\rightarrow V_{bv}=63.81\text{m}^3$$

➤ Le volume de la coupole

$$S_c=2\pi R_{\text{moy}} * f$$

$$R_{\text{moy}}=(R_{\text{ext}}^2+f^2)/2f = (8.3^2+1.2^2)/(2*1.2) = 29.3\text{m}$$

$$S=2*3.14*36.63*1.2=220.84\text{m}^2$$

$$V_c=S*ef$$

$$\rightarrow V_c= 22.08\text{m}^3$$

VIII.4.3 Enduit et peinture

$$S_{\text{end}}=\frac{\pi D_{\text{int}}^2}{4} + \pi D_{\text{int}} * H_r$$

$$\rightarrow S_{\text{end}}=452.39\text{m}^2$$

VIII.4.4. Le cout des travaux des réservoirs

Tableau VIII- 4: Coût des travaux de réalisation du réservoir

Désignation des travaux	U	Quantité	Prix Unitaire	Montant en HT
Travaux de terrassement	M3	2180	200,00	436000
béton de propreté dosé à 200kg/m3	m3	44	7000,00	308000
béton armé	M3	162	15000,00	2430000
enduit et peinture	M2	452.39	1 400,00	633346
une chambre de vanne de dimension 4m*4m	M2	16	45 000,00	720000
			Total (HT)	4527346
			TVA (19%)	860195.74
			Total (TTC)	5387541.74

CHAPITRE VIII : CALCUL TECHNICO-ECONOMIQUE

VIII.5 Frais des travaux sur réseau de distribution

VIII.5.1 Calcul des différents volumes

Tableau VIII- 5: Quantité des travaux de terrassement

Conduites	l (m)	h (m)	L (m)	V _{deb} (m ³)	V _{cond} (m ³)	V _{sable} (m ³)	V _{remb} (m ³)	V _{excédentair} (m ³)
Ø 75	0.7	1	321	224.70	1.42	26.96	196.32	28.38
Ø 90	0.7	1	755	528.50	4.80	63.42	460.28	68.22
Ø 110	0.8	1	1762	1409.60	16.74	169.15	1223.71	185.89
Ø 125	0.8	1.1	113	99.44	1.39	10.85	87.21	12.23
Ø160	0.8	1.1	902	793.76	18.13	86.59	689.04	104.72
Ø 200	0.8	1.1	768	675.84	24.12	73.73	578.00	97.84
Ø 250	0.9	1.2	1234	1332.72	60.54	133.27	1138.90	193.82
Ø 400	1	1.3	184	239.20	23.11	22.08	194.01	45.19
Total				5303.76	--	586.06	4567.47	736.29

Tableau VIII- 6: Coût des travaux de terrassement

Conduites	Unités de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Déblai	M ³	5303.76	300	1591128
Pose du lit de sable	M ³	586.06	800	468848
Remblai de la tranchée	M ³	4567.47	200	913494
TOTAL (DA)				32663936

VIII.5.2 Facture des différents types de conduites du réseau de distribution

Les prix des conduites sont détaillés comme suit :

Tableau VIII- 7: Facture des différents types de conduites du réseau de distribution

Conduites	Type de conduite	Unitésde mesure	Quantité (m)	Prix unitaire (DA/m)	Montant (DA)
Ø 75	PEHD	ml	321	193,61	62148.81
Ø 90	PEHD	ml	755	278,35	210154.25
Ø 110	PEHD	ml	1762	416,10	733168.2

CHAPITRE VIII : CALCUL TECHNICO-ECONOMIQUE

Ø 125	PEHD	ml	113	530,10	59901.3
Ø160	PEHD	ml	902	868,30	783206.6
Ø 200	PEHD	ml	768	1 358,50	1043328
Ø 250	PEHD	ml	1234	2 109,00	2602506
Ø 400	Fonte	ml	184	5 396,00	992864
Total (HT)					6487277.16
TVA (19%)					1232582.66
Total (TTC)					7719859.82

VIII.5.3 Accessoires du réseau de distribution

Tableau VIII- 8: Fourniture de pose de pièces spéciales

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant
La pompe	U	3	350000	1050000
Fourniture pose de borne d'irrigation PN 10	U	20	52000	1040000
Fourniture et pose de Vannes Ø 250 PN 10	U	2	15000	30000
Fourniture et pose de Vannes Ø 200 PN 10	U	1	14000	14000
Total (HT)				2134000
TVA (19%)				405460
Total (TTC)				2539460

VIII.6 Estimation du coût total du projet

Le devis des différentes opérations sont comme suit:

- Devis de la partie adduction (conduite de refoulement) **12 123 574.1DA**
- Devis du réservoir **5 387 541.74 DA**
- Devis de la partie distribution **42 923 255.82 DA**

Donc le devis total du projet est estimé à : **60 434 371.66 DA**

VIII.7. Conclusion

L'estimation du cout total du projet a donné un montant global de **soixante million quatre cent trente- quatre mille trois cent soixante et onze dinars.**

CONCLUSION GENERALE

Au cours de ce travail, nous avons étudié les différentes composantes du projet d'irrigation, et nous avons réalisé l'étude nécessaire du système d'irrigation pour la mise en valeur de 130 ha de surface dans la commune d'El Kouif a partir de la retenue collinaire d'El brika.

L'étude réalisée nous a permis de conclure :

- ✓ L'étude du climat de notre région, a montré que la région appartient à un climat semi-aride, et que la période sèche s'étend sur plus de 5 mois ce qui confirme le caractère semi aride de cette zone, d'où l'irrigation est importante pour l'intensification des cultures.
- ✓ L'analyse des échantillons du sol a montré l'existence de deux classes, les sols peu évolués et les sols calcimagnésiques, ce qui nous a permis de choisir les cultures, les plus appropriées.
- ✓ Le choix des cultures a été élaboré en se basant sur les caractéristiques climatiques et pédologiques de notre périmètre.
- ✓ Pour Le système d'adduction qui est l'épine dorsale de l'aménagement puisque c'est grâce au dimensionnement approprié de ses divers ouvrages que l'opération d'acheminer l'eau au périmètre se fera de manière optimale est constitué de conduites en PEHD, équipé de bornes d'irrigation dont la majorité a une pression satisfaisante.
- ✓ Pour le système d'irrigation, nous avons opté pour la technique de l'aspersion étant donné les multiples avantages qu'elles offrent.

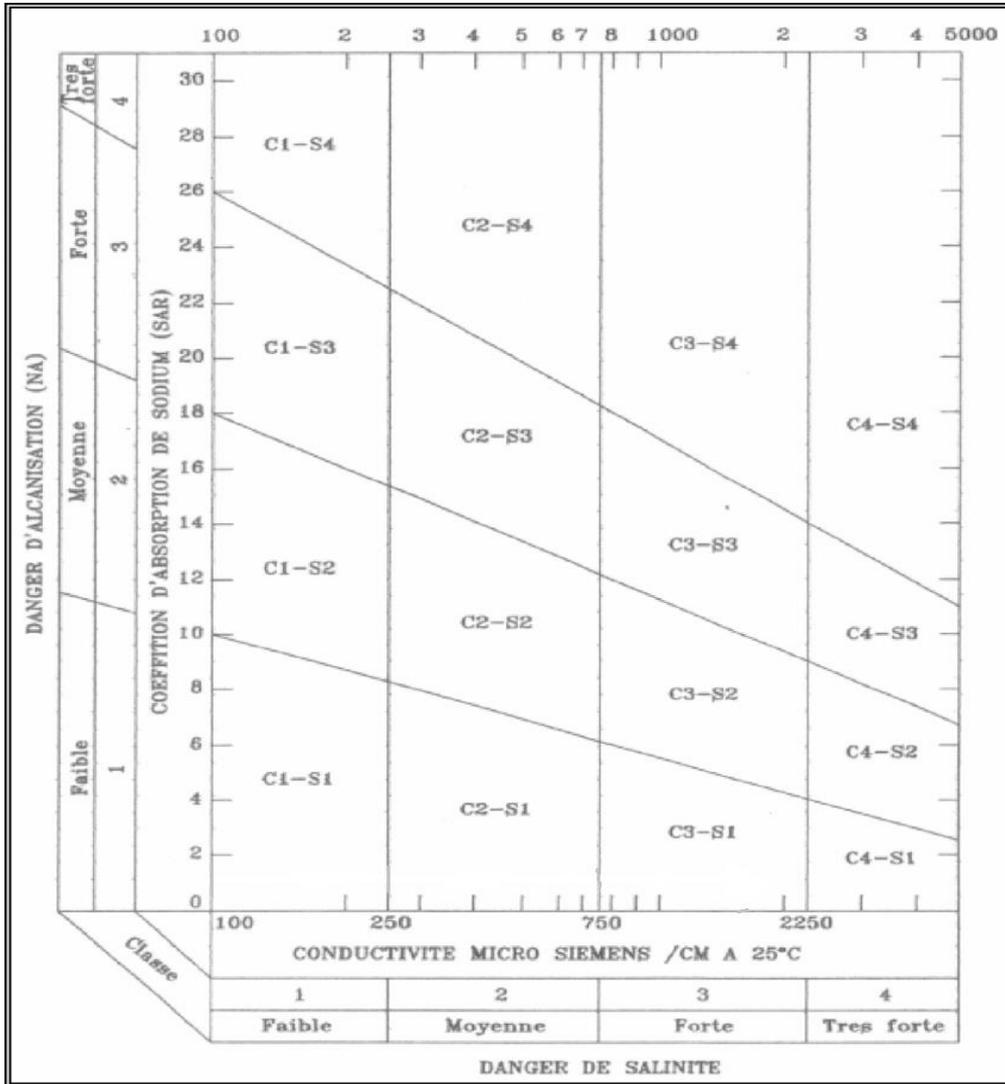
De façon générale, les considérations techniques et économiques montrent qu'à long terme les méthodes d'irrigation dans notre périmètre devraient évoluer vers l'adoption de l'aspersion pour les cultures annuelles et l'irrigation localisée pour l'arboriculture.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **Touaibia, B., (2004)** Manuel pratique d'hydrologie. Presse Madani Frères. Blida. Algérie.
- [2] **FAO.** Irrigation and Drainage Paper no, 2007, Manuel des techniques d'irrigation sous pression.
- [3] **CLEMENT, R.GALAND, A. (1979) CROPWAT,** Un logiciel pour la planification et la gestion des systèmes d'irrigation. Irrigation par aspersion et réseau collectifs de Distribution sous pression.
- [4] **Ollier Ch. et Poirée m, 1983.** Les réseaux d'irrigation théorie, technique et économie des arrosages, Paris. 500P.

ANNEXES

Annexe 1 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation



Annexe 2 : 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 3 : Perte de charge Lechapt_Calmom

A/ NOTATIONS - EXPLOITATION DE LA TABLE

Formule utilisée

$$J = L Q^M / D^N$$

où Q est en m³/s ; D en mètre ; J en mm/m
valable pour une eau à 10° centigrades.

1 - K = 2	L = 1,863	M = 2	N = 5,33
2 - K = 1	L = 1,601	M = 1,975	N = 5,25
3 - K = 0,5	L = 1,40	M = 1,96	N = 5,19
4 - K = 0,25	L = 1,160	M = 1,93	N = 5,11
5 - K = 0,1	L = 1,100	M = 1,89	N = 5,01
6 - K = 0,05	L = 1,049	M = 1,86	N = 4,93
7 - K = 0,025	L = 1,01	M = 1,84	N = 4,88
8 - K = 0			

Annexe 4 : Loi de Khi-deux

Loi de Khi-deux

Le tableau donne x tel que $P(K > x) = p$

p	0.999	0.995	0.99	0.98	0.95	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.005	0.001
1	0,0000	0,0000	0,0002	0,0006	0,0039	0,0158	0,0642	1,6424	2,7055	3,8415	5,4119	6,6349	7,8794	10,8276	13,8155	16,2662	18,4668	20,5150	22,4577
2	0,0020	0,0100	0,0201	0,0404	0,1026	0,2107	0,4463	3,2189	4,6052	5,9915	7,8240	9,2103	10,5966	12,8382	14,8603	16,7799	18,4753	20,0902	21,5999
3	0,0243	0,0717	0,1148	0,1848	0,3518	0,5844	1,0052	4,6416	6,2514	7,8147	9,8374	11,3449	12,8382	14,8603	16,7799	18,4753	20,0902	21,5999	23,0273
4	0,0908	0,2070	0,2971	0,4294	0,7107	1,0636	1,6488	5,9886	7,7794	9,4877	11,6678	13,2767	14,8603	16,7799	18,4753	20,0902	21,5999	23,0273	24,4519
5	0,2102	0,4117	0,5543	0,7519	1,1455	1,6103	2,3425	7,2893	9,2364	11,0705	13,3882	15,0863	16,7496	18,4129	20,0762	21,7395	23,4028	25,0661	26,7294
6	0,3811	0,6757	0,8721	1,1344	1,6354	2,2041	3,0701	8,5581	10,6446	12,5916	15,0332	16,8119	18,5476	20,2833	22,0190	23,7547	25,4904	27,2261	28,9618
7	0,5985	0,9893	1,2390	1,5643	2,1673	2,8331	3,8223	9,8032	12,0170	14,0671	16,6224	18,4753	20,2777	22,0801	23,8825	25,6849	27,4873	29,2897	31,0921
8	0,8571	1,3444	1,6465	2,0325	2,7326	3,4895	4,5936	11,0301	13,3616	15,5073	18,1682	20,0902	21,9550	23,8198	25,6846	27,5494	29,4142	31,2790	33,1438
9	1,1519	1,7349	2,0879	2,5324	3,3251	4,1682	5,3801	12,2421	14,6837	16,9190	19,6790	21,6660	23,5894	25,5128	27,4362	29,3596	31,2830	33,2064	35,1298
10	1,4787	2,1559	2,5582	3,0591	3,9403	4,8652	6,1791	13,4420	15,9872	18,3070	21,1608	23,2093	25,1882	27,1676	29,1470	31,1264	33,1058	35,0852	37,0646
11	1,8339	2,6032	3,0535	3,6087	4,5748	5,5778	6,9887	14,6314	17,2750	19,6751	22,6179	24,7250	26,7568	28,7886	30,8204	32,8522	34,8840	36,9158	38,9476
12	2,2142	3,0738	3,5706	4,1783	5,2260	6,3038	7,8073	15,8120	18,5493	21,0261	24,0540	26,2170	28,2995	30,5950	32,8905	35,1860	37,4815	39,7770	42,0725
13	2,6172	3,5650	4,1069	4,7654	5,8919	7,0415	8,6339	16,9848	19,8119	22,3620	25,4715	27,6882	29,8195	32,1123	34,4147	36,7171	38,9695	41,2219	43,5245
14	3,0407	4,0747	4,6604	5,3682	6,5706	7,7895	9,4673	18,1508	21,0641	23,6848	26,8728	29,1412	31,3193	33,5973	35,8753	38,1533	40,4313	42,7093	45,0273
15	3,4827	4,6005	5,2293	5,9849	7,2609	8,5468	10,3070	19,3107	22,3071	24,9958	28,2595	30,5779	32,8013	35,0793	37,3613	39,6433	41,9053	44,1653	46,4273
16	3,9416	5,1422	5,8122	6,6142	7,9616	9,3122	11,1521	20,4651	23,5418	26,2962	29,6332	31,9999	34,2672	36,5292	38,7912	41,0512	43,3022	45,5542	47,8052
17	4,4161	5,6972	6,4078	7,2550	8,6718	10,0852	12,0023	21,6146	24,7690	27,5871	30,9950	33,4087	35,7185	38,0295	40,3405	42,6515	44,9625	47,2745	49,5875
18	4,9048	6,2648	7,0149	7,9062	9,3905	10,8649	12,8570	22,7595	25,9894	28,8693	32,3462	34,8053	37,1565	39,5675	41,9787	44,3899	46,8009	49,2119	51,6229
19	5,4068	6,8440	7,6327	8,5670	10,1170	11,6509	13,7158	23,9004	27,2036	30,1435	33,6874	36,1909	38,5823	40,9773	43,3685	45,7597	48,1509	50,5319	52,9129
20	5,9210	7,4338	8,2604	9,2367	10,8508	12,4426	14,5784	25,0375	28,4120	31,4104	35,0196	37,5662	39,9968	42,9740	45,3452	47,7164	49,9876	52,3598	54,7318
21	6,4467	8,0337	8,8972	9,9146	11,5913	13,2396	15,4446	26,1711	29,6151	32,6706	36,3434	38,9322	41,4011	43,7623	46,1235	48,4849	50,8465	53,2041	55,5661
22	6,9830	8,6427	9,5425	10,6000	12,3380	14,0415	16,3140	27,3015	30,8133	33,9244	37,6595	40,2894	42,7957	45,1973	47,5997	49,9921	52,7869	55,5821	58,4673
23	7,5292	9,2604	10,1957	11,2926	13,0905	14,8480	17,1865	28,4288	32,0069	35,1725	38,9683	41,6384	44,1813	46,7282	49,5273	52,3356	55,1309	57,9251	60,7193
24	8,0849	9,8862	10,8564	11,9918	13,8484	15,6587	18,0618	29,5533	33,1962	36,4150	40,2704	42,9798	45,5585	48,1786	50,9773	53,7765	56,5753	59,3741	62,1727
25	8,6493	10,5197	11,5240	12,6973	14,6114	16,4734	18,9398	30,6752	34,3816	37,6525	41,5661	44,3141	46,9279	49,6197	52,4211	55,2225	58,0239	60,8253	63,6267
26	9,2221	11,1602	12,1981	13,4086	15,3792	17,2919	20,1203	31,7946	35,5632	38,8851	42,8558	45,6417	48,2899	51,0520	53,8534	56,6548	59,4562	62,2576	65,0590
27	9,8028	11,8076	12,8785	14,1254	16,1514	18,1139	20,7030	32,9117	36,7412	40,1133	44,1400	46,9629	49,6449	52,4760	55,3071	58,1381	60,9692	63,7903	66,6017
28	10,3909	12,4613	13,5647	14,8475	16,9279	18,9392	21,5880	34,0266	37,9159	41,3371	45,4188	48,2782	50,9934	53,8223	56,6534	59,4845	62,3206	65,1427	67,9549
29	10,9861	13,1211	14,2565	15,5745	17,7084	19,7677	22,4751	35,1394	39,0875	42,5570	46,6927	49,5879	52,3356	55,1800	58,0111	60,8421	63,6742	66,5270	69,3392
30	11,5880	13,7867	14,9535	16,3062	18,4927	20,5992	23,3641	36,2502	40,2560	43,7730	47,9618	50,8922	53,6720	56,5021	59,3322	62,1623	65,0024	67,8325	70,6627
40	17,9164	20,7065	22,1643	23,8376	26,5093	29,0505	32,3450	47,2685	51,8051	55,7585	60,4361	63,6907	66,7660	70,4020	73,4020	76,7673	80,3027	83,9081	87,5835
50	24,6739	27,9907	29,7067	31,6639	34,7643	37,6886	41,4492	58,1638	63,1671	67,5048	72,6133	76,1539	79,4900	83,6660	87,6660	91,5000	95,1900	98,7300	102,1300
60	31,7383	35,5345	37,4849	39,6994	43,1880	46,4589	50,6406	68,9721	74,3970	79,0819	84,5799	88,3794	91,9517	95,8072	99,4627	103,0182	106,4737	110,0292	113,5847
70	39,0364	43,2752	45,4417	47,8934	51,7393	55,3289	59,8978	79,7146	85,5270	90,5312	96,3875	100,4252	104,2149	108,1369	112,3288	116,3211	120,1329	124,0292	127,9100
80	46,5199	51,1719	53,5401	56,2128	60,3915	64,2778	69,2069	90,4053	96,5782	101,8795	108,0693	112,3288	116,3211	120,1329	124,0292	127,9100	131,8292	135,7847	139,7762
90	54,1552	59,1963	61,7541	64,6347	69,1260	73,2911	78,5584	101,0537	107,5650	113,1453	119,6485	124,1163	128,2989	132,2084	136,1369	140,0844	144,0519	148,0394	152,0469
100	61,9179	67,3276	70,0649	73,1422	77,9295	82,3581	87,9453	111,6667	118,4980	124,3421	131,1417	135,8067	140,1695	144,4499	148,7473	153,0617	157,3931	161,7415	166,1069
120	77,7551	83,8516	86,9233	90,3667	95,7046	100,6236	106,8056	132,8063	140,2326	146,5674	153,9182	158,9502	163,6482	168,3127	172,9537	177,5712	182,1652	186,8357	191,4827
140	93,9256	100,6548	104,0344	107,8149	113,6593	119,0293	125,7581	153,8537	161,8270	168,6130	176,4709	181,8403	186,8468	191,4827	196,1362	200,8057	205,4902	210,1907	214,9072
160	110,3603	117,6793	121,3456	125,4400	131,7561	137,5457	144,7834	174,8283	183,3106	190,5165	198,8464	204,5301	209,8239	214,7277	219,6415	224,5653	229,4991	234,4429	239,3967
180	127,0111	134,8844	138,8204	143,2096	149,9688	156,1526	163,8682	195,7434	204,7037	212,3039	221,0772	227,0561	232,6198	237,7686	242,9174	248,0662	253,2150	258,3638	263,5126
200	143,8428	152,2410	156,4320	161,1003	168,2786	174,8353	183,0028	216,6088	226,0210	233,9943	243,1869	249,4451	255,2642	260,7442	266,2842	271,8842	277,5442	283,2642	289,0442
250	186,5541	196,1606	200,9386	206,2490	214,3916	221,8059	231,0128	268,5986	279,0504	287,8815	298,0388	304,9396	311,3462	317,8462	324,4462	331,1462	337,9462	344,8462	351,8462
300	229,9634	240,6634	245,9725	251,8637	260,8781	269,0679	279,2143	320,3971	331,7885	341,3951	352,4246	359,9064	366,8444	373,8444	380,9444	388,1444	395,4444	402,8444	410,3444
400	318,2596	330,9028	337,1553	344,0781	354,6410	364,2074	376,0218	423,5895	436,6490	447,6325	460,2108	468,7245	476,6064	484,6464	492,8464	501,1464	509,5464	518,0464	526,6464
500	407,9470	422,3034	429,3875	437,2194	449,1468	459,9261	473,2099	526,4014	540,9303	553,1268	567,0698	576,4928	585,2066	594,1466	603,2066	612,3866	621,6866	631,1066	640,6466
600	498,6229	514,5289	522,3651	531,0191	544,1801	556,0560	570,6680	628,9433	644,8004	658,0936	673,2703	683,5156	692,9816	702,6416	712,4016	722,2616	732,2216	742,3816	752,6416
700	590,0480	607,3795	615,9075	625,3175	639,6130	652,4973	668,3308	731,2805	748,3591	762,6607	778,9721	789,9735	800,1314	810,5464	821,1164	831,8414	842,6214	853,5564	864,6464
800	682,0665	700,7250	709,8969	720,0107	735,3623	749,1852	766,1555	833,4557	851,6712	866,9114	884,2789	895,9843	906,7862	917,7862	928,9862	940,3862	951,9862	963,6862	975,4862
900	774,5698	794,4750	804,2517	815,0267	831,3702	846,0746	864,112												

Annexe 5 : Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30



**Caractéristiques de
l'asperseur circulaire
PERROT ZF 30**

1 buse
angle de jet 30°
Raccord fileté 1"

Ø de la buse Ø mm	pression à la buse bar	portée m	débit m ³ /h	espacement m		surface irriguée m ²		densité d'aspersion mm/h	
				□ 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	4,66	3,6
	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	2,16	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	6,7

Figure IV.48 : fiche technique d'un arroseur

- Débit de l'asperseur

On le calcule par la relation (IV.9)