



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

**ETUDE D'AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DU
PERIMETRE DE TOUFFANA, 515 ha (WILAYA DE BATNA)**

Présenté par :

MISSOUM TAREK AMINE

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mr. RASSOUL ABDELAZIZ	Professeur	Président
Mme. AZIEZ OUAHIBA	MAA	Examineur
Mr. KERID RACHID	MAA	Examineur
Mme DJOUDAR HALLAL DAHBIA	MCA	Promoteur

Session

2021

Dédicace

A peine je viens de terminer la rédaction du mon mémoire de fin d'étude, je voudrais très vite le dédier avec une immense joie, un grand honneur et un cœur chaleureux :

A mes très chers parents en signe de mes profondes et affectueuses reconnaissances pour les amours sans mesure, tous les sacrifices, les soutiens, les tolérances et les encouragements qu'ils ont bien voulu consentir pour moi. Tous les mots restent faibles pour leur exprimer mes sentiments et qu'ils acceptent seulement ces lignes en guise de témoignage.

A mes chers frères Abdelaziz et Abderrahim.

A ma très chère sœur Safaa Rayhana.

A mes grands-parents.

A toute la famille Missoum et Hamzaoui.

A tous mes chers amis au nom de l'amitié qui nous uni et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur surtout : Mohamed Hamdani, Chikh Mebarki, Yacine Abdeladim, Brahim Alami, Khaled Abdallah, Mohamed Mokrane

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce mémoire.

A tout la promotion 2020/2021.

Remerciement

A l'issue de ce travail, je remercie, en premier lieu, le BON DIEU de m'avoir donné la force et le courage de mener à terme ce projet de fin d'études.

Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Madame Hallal Dahbia Djoudar, je la remercie pour la qualité de leur encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa disponibilité, ses conseils et ses encouragements lors de ma préparation de ce mémoire.

Mes vifs remerciements vont à monsieur RASSOUL Abdelaziz pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant de présider le jury de ce mémoire.

Je tiens à remercier et à exprimer mes reconnaissances et mes gratitude envers Messieurs les membres du jury, pour l'honneur qu'ils m'ont fait en prenant part à ce jury.

Mes remerciements les plus sincères au staff pédagogique de département de l'irrigation et drainage, de l'Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique de Blida pour la qualité de l'enseignement et le suivi durant mes années d'études en Algérie.

J'adresse mes remerciements aussi à ma famille et toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce projet qu'elle trouve ici l'expression de mes sincères remerciements.

ملخص

إن زيادة القدرة التخزينية لخزان المياه لسد كدية المدور نتيجة انشاء نظام تحويل مائي من سد بني هارون سمح بزيادة مساحة الأراضي الزراعية المسقية في ولاية باتنة بما في ذلك منطقة التوفانا.

الهدف من هاته المذكرة هو التهيئة المائية - الزراعية لمنطقة التوفانا التي تقع في محيط دائرة التوفانا ولاية باتنة بهدف ضمان التوفير المستمر لهاته المياه في كل القطع الزراعية وبأقل تكلفة وتوفير أحسن الظروف للفاعلين من اجل ضمان أحسن مردود للنبنة.

Résumé :

L'augmentation de la capacité du réservoir d'eau du barrage de Koudiat Medaouar à travers le système de transfert de Beni Haroun a permis la création de nouvelles surfaces irriguées au niveau de la wilaya de BATNA y compris le périmètre de Touffana.

L'objectif de notre mémoire est l'aménagement hydro agricole du périmètre de Batna Touffana, dans le but d'assurer une disponibilité permanente des eaux d'irrigation dans chaque parcelle avec un minimum de cout et mettre les agriculteurs dans les bonnes conditions pour un meilleur rendement des plantes.

Abstract:

The increase of the water tank capacity of the Koudiat Medaouar dam through the Beni Haroun transfer system has allowed the creation of new irrigated areas in wilaya of BATNA including the perimeter of Batna Touffana.

The objective of our memory is the hydro-agricultural development of perimeter of Batna Touffana, to ensure permanent availability of irrigation water in each plot with a minimum cost and put the farmers in the right conditions for better plant performance

INTRODUCTION GENERALE :	1
Chapitre I: PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE	2
I.1 Situation géographique et organisation administrative :	2
I.2 Présentation générale de la région d'études :	2
I.2.1 Position géographique :	2
I.2.2 Localisation du périmètre d'irrigation :	3
I.2.3 Infrastructure routière	4
I.2.4 Infrastructure hydrographique	4
I.2.5 La population dans la région.....	4
I.2.6 Aperçu géologique :	5
I.2.7 Aperçu géomorphologique :	7
Chapitre II: ETUDE HYDROLOGIQUE	8
Introduction :	8
II.1 Climatologie et éléments climatiques :	8
II.1.1 Température :	8
II.1.2 Le vent :	10
II.1.3 L'évaporation :	10
II.1.4 L'insolation :	11
II.1.5 L'humidité relative de l'air :	11
II.1.6 Pluviométrie :	12
II.1.7 Les Phénomènes Climatiques Secondaires :	13
II.1.8 Calcul des indices Agro-météorologiques :	14
II.2 HYDROLOGIE :	17
II.2.1 L'objectif :	17
II.2.2 Choix de la station représentative de la Zone d'étude :	17
II.2.3 Homogénéité de la série pluviométrique :	19
II.2.4 Ajustement de la série pluviométrique :	21
II.2.5 Détermination de l'année de calcul :	24
Chapitre III: RESSOURCE EN SOL	26

III.1	Ressources en sol :	26
III.1.1	But de l'étude pédologique :	26
III.1.2	Levé pédologique :.....	26
III.2	Description des principaux sols et leur répartition :	26
III.3	Le profil pédologique :.....	27
III.3.1	Description morphologique des profils :	27
III.3.2	Caractéristiques hydrodynamiques des sols :	30
III.3.3	Les différentes classes d'aptitude des sols à l'irrigation et au drainage :	30
III.4	Interprétation :	32
Chapitre IV: RESSOURCE EN EAU :	33
IV.1	Alimentation en eau du périmètre :	33
IV.1.1	Ressources en eau souterraine :	33
IV.1.2	Bilan d'eau au barrage de Koudiat Medaouar :	33
IV.2	Qualité de l'eau d'irrigation de Koudiat Medaouar :	34
IV.3	Classification des eaux pour l'irrigation :	34
IV.4	Conclusion :	37
Chapitre V: ETUDE DES BESOINS EN EAU DES CULTURES	38
V.1	Introduction :	38
V.2	Besoin en eau du périmètre :	38
V.2.1	Évapotranspiration potentielle de référence (ET _o) :	38
V.2.2	Pluie efficace (P _{eff}) :	40
V.2.3	Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures :	41
V.2.4	Choix des cultures :	41
V.2.5	Cycle végétatif des cultures :	43
V.2.6	Calcul des besoins en eau des cultures :	44
V.3	Calcul du débit spécifique.....	57
V.4	Evaluation du débit caractéristique.....	57
V.5	Estimation des volumes d'eau d'irrigation	58
V.6	Conclusion :	59
Chapitre VI: ETUDE DU SYSTEME D'ADDUCTION	60
VI.1	Alimentation en eau du périmètre :	60

VI.2	Organisation et structure du périmètre :	60
VI.3	Ilots et bornes d'irrigation :	60
VI.4	Rôle et fonction de la borne d'irrigation :	60
VI.4.1	Calcul hydraulique aux bornes :	61
VI.4.2	Choix du diamètre et du type des bornes :	61
VI.5	Description de l'aménagement du périmètre :	62
VI.5.1	Choix de la variante d'aménagement :	62
VI.6	Etude de système de pompage :	63
VI.6.1	Les pompes :	63
VI.6.2	Calculs hydrauliques du système d'adduction :	64
VI.6.3	Détermination de la hauteur d'élévation calculée :	64
VI.6.4	Choix des pompes et nombre des pompes :	67
VI.7	Dimensionnement du Réservoir de stockage (Bassin) :	72
VI.8	Etude du système d'adduction-distribution :	73
VI.8.1	Dimensionnement du réseau de distribution :	73
VI.9	Conclusion :	77
Chapitre VII: ETUDE DES TECHNIQUES D'IRRIGATION		78
VII.1	Choix des techniques d'irrigation :	78
VII.2	Les différentes techniques d'arrosages :	78
VII.2.1	Irrigation gravitaire :	78
VII.2.2	L'irrigation par aspersion :	80
VII.2.3	L'irrigation localisée (Goutte à Goutte) :	81
VII.3	Choix de la technique d'arrosage :	81
VII.4	Conclusion :	83
Chapitre VIII: DIMENSIONNEMENT A LA PARCELLE		84
VIII.1	Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte :	84
VIII.1.1	Données générales :	84
VIII.1.2	Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée	84
VIII.1.3	Calculs hydrauliques	87
VIII.1.4	Calcul Récapitulatif et vérification des pressions à la borne de distribution	89
VIII.2	Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :	90

VIII.2.1	Données générales :	90
VIII.2.2	Dose pratique : RFU :	90
VIII.2.3	Le diamètre de l'ajutage :	90
VIII.2.4	Calcul de la portée du jet (L) :	90
VIII.2.5	Ecartements entre les rampes et arroseurs :	91
VIII.2.6	Vérification de la pluviométrie ($P < K$) :	91
VIII.2.7	Paramètres d'arrosage :	91
VIII.2.8	Calculs hydrauliques :	93
VIII.3	Conclusion :	96
Chapitre IX: ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE.....		97
IX.1	Différents travaux à entreprendre :	97
IX.1.1	Exécution des tranchées :	97
IX.1.2	Pose du lit de sable :	97
IX.1.3	Epreuve de joint et de la canalisation :	97
IX.1.4	Remblayage des tranchées :	97
IX.1.5	Nivellement et compactage :	97
IX.2	Choix des engins du chantier :	98
IX.3	Estimation de cout total de projet :	99
IX.3.1	Estimation de cout de pose de canalisation de distribution :	99
IX.3.2	Frais des travaux sur réseau d'irrigation :	102
IX.3.3	Estimation du cout du projet.....	103
IX.4	Conclusion.....	104
CONCLUSION GENERALE.....		105
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES		106
LES ANNEXES.....		107

Liste des figures

Figure I-1 Situation géographique de la wilaya de Batna.	2
Figure I-2 : Situation géographique de la zone d'étude Source (ONID) Alger	3
Figure I-3 Carte géologique de la zone d'étude.	6
Figure II-1 Courbe des températures moyennes mensuelles en °C (1996-2016).....	9
Figure II-2 pluviométrie moyenne mensuelle (mm).....	12
Figure II-3 Diagramme bioclimatique d'EMBERGER.....	15
Figure II-4 Climogramme de Gaussen (1996-2016)	16
Figure II-5 graphique de l'ajustement à la loi Normal	22
Figure II-6 graphique de l'ajustement à la loi log-Normal.....	23
Figure IV-1 Diagramme de classification des eaux d'irrigation	36
Figure VI-1 Schéma de la variante d'irrigation sous pression.	63
Figure VI-2 Graphe du bilan en fonction diamètre.	67
Figure VI-3 Courbe caractéristique de la pompe. (CAPRARI).....	69
Figure VI-4 Schéma de la variante d'aménagement d'irrigation.	73
Figure VII-1 Systèmes d'irrigation.(AQUA6 à Marrakech).	79
Figure VIII-1 Dispositifs d'installation des goutteurs sur la rampe.....	85
Figure VIII-2 Dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe.	93
Figure IX-1 Une pelle mécanique.....	98
Figure IX-2 Pose de canalisation.....	99

Liste des tableaux

Tableau II-1 Températures mensuelles moyennes en °C	9
Tableau II-2 Moyennes mensuelle de la vitesse du vent en (m/s).....	10
Tableau II-3 Evaporation en (mm) durant la période (1996-2016).....	10
Tableau II-4 insolation moyennes journalières	11
Tableau II-5 Humidité relative de l'air en %.....	11
Tableau II-6 pluviométrie moyenne mensuelle (mm)	12
Tableau II-7 Répartition mensuelle de la gelée, neige et sirocco	13
Tableau II-8 Les limites de climat d'après l'indice d'aridité de Martonne	14
Tableau II-9 Classification du type de climat selon Indice de Stewart	14
Tableau II-10 Caractéristiques de la station pluviométrique.....	17
Tableau II-11 Répartition mensuelle des précipitations (mm).	18
Tableau II-12 Test d'homogénéité.....	20
Tableau II-13 Caractéristiques de la série.	21
Tableau II-14 Test d'homogénéité.....	22
Tableau II-16 Test d'homogénéité.....	23
Tableau II-17 Test de validité des deux ajustements.....	24
Tableau II-18 Précipitations mensuelles de l'année de probabilité 80%.....	24
Tableau III-1 Résultats des analyses des échantillons de sol du profil 1 (CPSC 1967)	28
Tableau III-2 Résultats des analyses des échantillons de sol du profil 2 (CPSC 1967)	29
Tableau III-3 Propriétés hydrodynamiques des sols.....	30
Tableau III-4 Caractéristiques des sols et aptitudes culturales	31
Tableau IV-1 caractéristiques des forages existant dans le périmètre.....	33
Tableau IV-2 Caractéristiques de l'eau d'irrigation	34
Tableau IV-3 Caractéristiques de l'eau d'irrigation	35
Tableau IV-4 Classification des eaux en fonction du S.A.R	35
Tableau V-1 Evapotranspiration de référence de la zone de projet selon Penman & Monteith.....	40
Tableau V-2 Calcul des pluies efficaces pour chaque mois en mm	41
Tableau V-3 Occupation de sol en fonction des cultures	42
Tableau V-4 Les assolements proposés.....	43
Le cycle végétatif des différentes cultures sont présentés dans le Tableau V-5:.....	43
Tableau V-6 Cycle végétatif des cultures.....	44
Tableau V-7 Calcul des besoins en eau du Blé dur	45
Tableau V-8 Calcul des besoins en eau de l'orge grain	45
Tableau V-9 Calcul des besoins en eau de la luzerne.....	46
Tableau V-10: Calcul des besoins en eau de l'ail/oignon vert	46
Tableau V-11 Calcul des besoins en eau de la pomme de terre (s)	47
Tableau V-12 Calcul des besoins en eau de la pomme de terre (as)	47
Tableau V-13 Calcul des besoins en eau de la tomate.....	48
Tableau V-14 Calcul des besoins en eau du chou	48

Tableau V-15 Calcul des besoins en eau de la courgette.....	49
Tableau V-16 Calcul des besoins en eau du l'orge en vert	49
Tableau V-17 Calcul des besoins en eau de betterave.....	50
Tableau V-18 Calcul des besoins en eau du Blé.....	50
Tableau V-19 Calcul des besoins en eau de la tomate.....	51
Tableau V-20 Calcul des besoins en eau du haricot.....	51
Tableau V-21 Calcul des besoins en eau de l'oignon vert.....	52
Tableau V-22 Calcul des besoins en eau des petits pois	52
Tableau V-23 Calcul des besoins en eau de l'ail.....	53
Tableau V-24 Calcul des besoins en eau des oliviers.....	53
Tableau V-25 Calcul des besoins en eau des pommiers.....	54
Tableau V-26 Récapitulatif des besoins pour l'assolement 1.....	55
Tableau V-27 Récapitulatif des besoins pour l'assolement 2.....	56
Tableau V-28 volume d'eau d'irrigation.	58
Tableau VI-1 Type de bornes en fonction de superficies des ilots.....	61
Tableau VI-2 Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes.	62
Tableau VI-3 Nombre d'irrigation du chaque secteur.	62
Tableau VI-4 Calcul du bilan total.	67
Tableau VI-5 Choix de Nombre de pompes.	68
Tableau VI-6 Variantes pour le choix du nombre de pompes.	68
Tableau VI-7 pression atmosphérique en fonction de la cote.....	70
Tableau VI-8 Pression de vapeur en fonction de la température.	70
Tableau VI-9 Choix du type de bâtiment.	71
Tableau VI-10 Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon.....	75
Tableau VI-11 Calculs hydrauliques du réseau de distribution.....	76
Tableau VII-1 Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage.	82
Tableau VIII-1 Récapitulatif des calculs hydrauliques.	89
Tableau VIII-2 Résultat de calcul pratique d'aspersion	96
Tableau IX-1 Les engins utilisés pour la mise en place des conduites et leurs rôles.	98
Tableau IX-2 déférente prix des travaux réalise.....	99
Tableau IX-3 Facture des différents types de conduites du réseau de distribution	100
Tableau IX-4 déférente matériel installé.	101
Tableau IX-5 Quantité des travaux de terrassement.....	103
Tableau IX-6 Coût des travaux de terrassement.....	103

Liste des planches.

Planche n°1 : PLAN DE SITUATION DU PEREMETRE TOUFFANA

Planche n°2 : PLAN D'OCCUPATION DU SOL

Planche n°3 : PROFIL EN LONG DES CONDUITES

Planche n°4 : PLAN D'UN RESEAU D'IRRIGATION PAR GOUTTE A GOUTTE

Introduction Générale

En Algérie, le niveau de satisfaction des besoins en eaux domestiques et agricoles n'a cessé de baisser au cours des dernières années. On parle ainsi de plus en plus de "sécheresse" et de "persistance de la sécheresse", ce qui impose de plus en plus l'idée que la diminution de la ressource est due à l'évolution climatique.

Le manque des ressources en eau dans la région Batna TOUFFANA limite le développement de l'agriculture dans la zone malgré les bonnes potentialités des terres.

Afin de parer ces problèmes, nous avons fixé un objectif principal dans le présent travail, il porte sur la diversification des cultures et l'augmentation du rendement agricole, pour améliorer l'approvisionnement alimentaire, ainsi que la croissance économique agricole dans la région de BATNA.

Pour ce faire, le présent projet de fin d'étude a été établie pour l'étude d'aménagement du périmètre de Touffana dans la wilaya de Batna, qui est alimenté à partir de barrage Koudiat Meddour. Pour cela nous somme basés sur l'étude des caractéristiques de la zone d'étude, les paramètres climatiques et pédologiques et la qualité de l'eau du barrage, afin de déterminer les besoins en eau des cultures et de dimensionner le réseau d'adduction et de distribution avec son système de pompage ainsi que le réservoir. En dernier lieu, choisir les cultures à planter afin de dimensionner le système d'irrigation idoine et convenable.

A la fin de ce travail, il s'avère incontournable de faire une étude technico-économique et une estimation optimale du cout total du projet pour une meilleure réalisation des travaux.

Chapitre I: PRESENTATION GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE

I.1 Situation géographique et organisation administrative :

La wilaya de BATNA est située à l'est de l'Algérie entre "4° et 7°" de longitude est et "35° et 36° de latitude nord". La zone assiégée est de 12 038,76 kilomètres carrés. Le territoire de la Wilaya de BATNA fait presque entièrement partie de l'ensemble physique formé par l'intersection de deux Atlas (Tellien et Saharien), elle représente la principale particularité physique de la Wilaya, qui détermine les caractéristiques climatiques et les conditions de vie humaines. Administrativement, la Wilaya est composée de 22 Deira et 61 communes.

Administrativement la Wilaya de BATNA est limitée :

- **Nord** : wilaya D 'OUM EL BOUAGHI, MILA et de SETIF.
- **Est** : la wilaya de KHENCHELA.
- **Ouest** : la wilaya de M 'SILA.
- **Sud** : la wilaya de BISKRA.

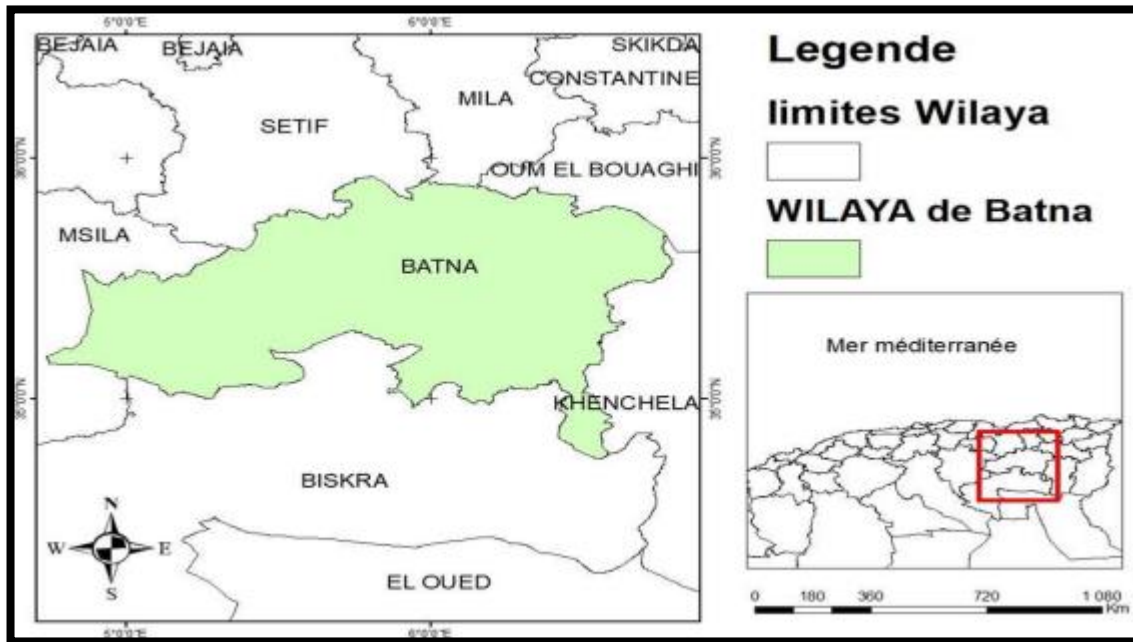


Figure I-1 Situation géographique de la wilaya de Batna.

I.2 Présentation générale de la région d'études :

I.2.1 Position géographique :

La zone d'étude du périmètre Touffana est située à 41 km au nord-est de la wilaya de Batna, dans les Wilayas de Batna et Khenchela

Elle est limitée :

- Au Nord :** par la commune de Chemora et la Wilaya de Oum el Bouaghi
A l'Est : par la commune de Hamma
Au Sud : par la commune de Taouziert (wilaya de Khenchela)
A l'Ouest : par la ville de Touffana

I.2.2 Localisation du périmètre d'irrigation :

Le périmètre d'irrigation est localisé dans la localité de Touffana à 870 m de chef-lieu de la commune TOUFFANA.

Cette zone occupe une surface proche du côté nord de la route national RN 88 Batna – Khenchela.

Les limites du périmètre d'irrigation, ont pour coordonnées Lambert suivant :

X1 : 300 404 m	Y1 : 3 932 450 m
X2 : 300 546 m	Y2 : 3 933 822 m
X3 : 300 879 m	Y3 : 3 935 284 m
X4 : 301 165 m	Y4 : 3 934 523 m

L'aire d'étude de Touffana marqué en rouge dans la Figure I-2, est situé dans la région Est d'Algérie dans les deux Wilaya de Batna et Khenchela et entre les villes de Touffana et Khenchela.

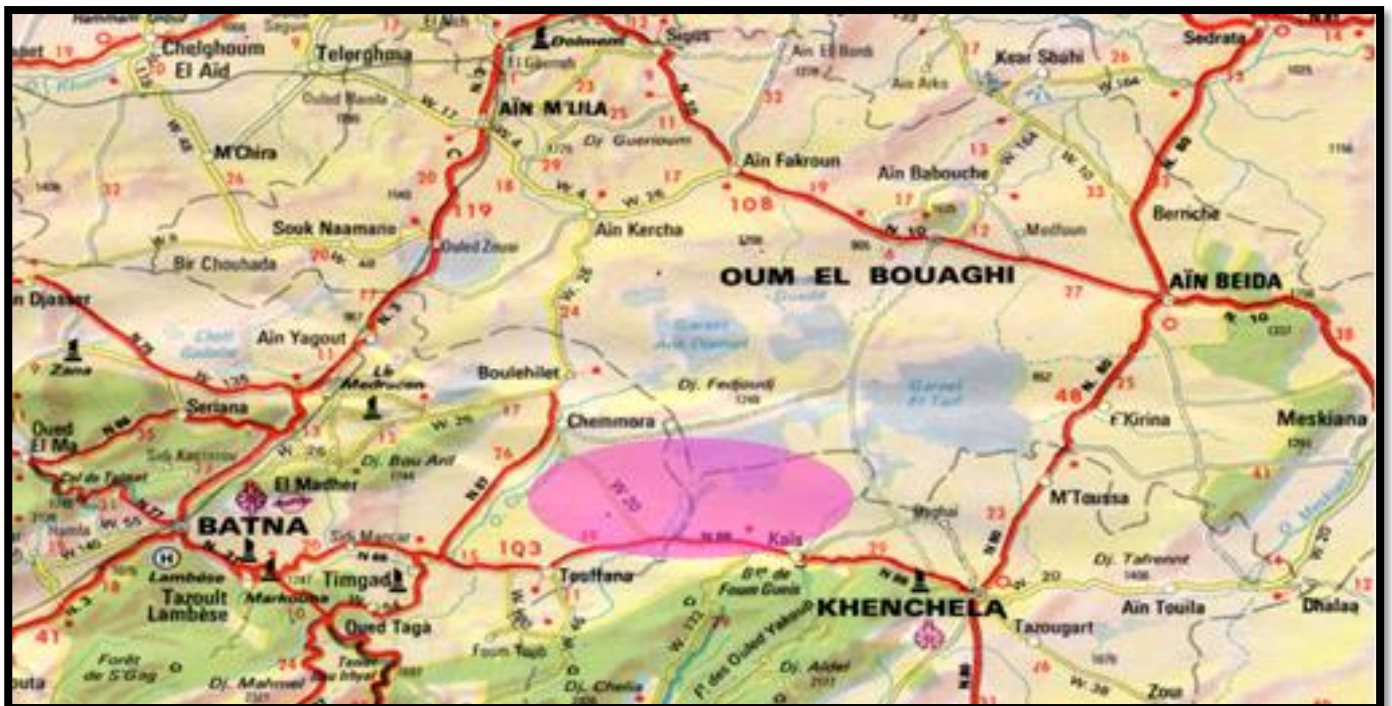


Figure I-2 : Situation géographique de la zone d'étude. Source (ONID) Alger

I.2.3 Infrastructure routière

La principale voie de circulation dans la zone d'étude est la route RN 88 : Batna –Touffana – Kais – Khenchela. Cet axe traverse la zone autour de la frontière sud et se connecte avec Tebesa à l'est, Constantine au nord et Biskra au sud.

Un réseau routier, notamment :

CW 03 : KAIS – OUM EL BOUAGHI,

CW C1 : KAIS-TOUFFANA-CHEMORA, ainsi que celui communal

CC 02, CC 03 et CC 05, se dirigent vers cet axe principal.

La circulation dans la zone d'étude suit un réseau de pistes et de chemins forestiers desservant la parcelle.

I.2.4 Infrastructure hydrographique

Plusieurs vallées fluviales, orientées sud-nord, traversent la zone autour de l'étude. Ils se divisent en de nombreuses branches intimes à caractère temporaire et continuent de s'écouler jusqu'au Chott Garaet el Tarf.

Les vallées les plus importantes sont notamment :

Dans la partie du périmètre dans la Wilaya Khenchela :

- Oued Gueiss,
- Oued Marouf,
- Oued Si Z'rara,
- Oued Tassouaguit,
- Oued Krakir,
- Oued Boulefreis.

Dans la partie du périmètre Ouled Sidi Dahmane :

- Oued Marthoum
- Oued Dahmane, coulant de l'Ouest vers l'Est.

I.2.5 La population dans la région

Aujourd'hui, la population totale de la commune Touffana peut être évaluée à 10860 habitants, avec une densité est passée à plus de 53,0 habitants par Km^2 . (Selon ONS 2008)

I.2.6 Aperçu géologique :

Une énorme dépression s'est formée dans la plaine Touffana, à environ 60 kilomètres. Il fait 20 kilomètres de long et regorge de sédiments néo quaternaires. Les parcelles qui le composent : Au sud, Jebel Chelia et Adel, A l'Ouest, Jebel Amran, Au nord, le djebel Fedjoudj. Fondamentalement le Crétacé : strates s'étendant du Crétacé moyen (Aptien) au Crétacé supérieur (Cénomaniens, Turonien, Sénonien). En gros, le bassin est composé de deux structures synclinales parallèles, Est-ouest, séparés par la structure anticlinale du Jebel Amran, L'extension vers l'est a été enterrée sous la couverture la plus proche. Dans l'aile sud du bassin, la série du Crétacé est la plus complète : Sénonien, Turonien, Cénomaniens.

Dans le synclinal sud, le Miocène inférieur de la mer se dépose, formant une série d'affleurements continus (de Batna à Kenchela), formant les contreforts nord du massif d'Aurez. Dans la zone d'étude, l'affleurement (principalement composé de calcaire de Lithothamnies lui-même et de calcaire à boudin) est composé de marnes gréseuses et de remblai gréseux directement sur le conglomérat de fondation. Les strates océaniques du Miocène (la phase marine s'est terminée avec la transgression de Burdigal-Helvit) étaient recouvertes d'importants dépôts continentaux d'argile rouge à gypse (première étape de dépôt).

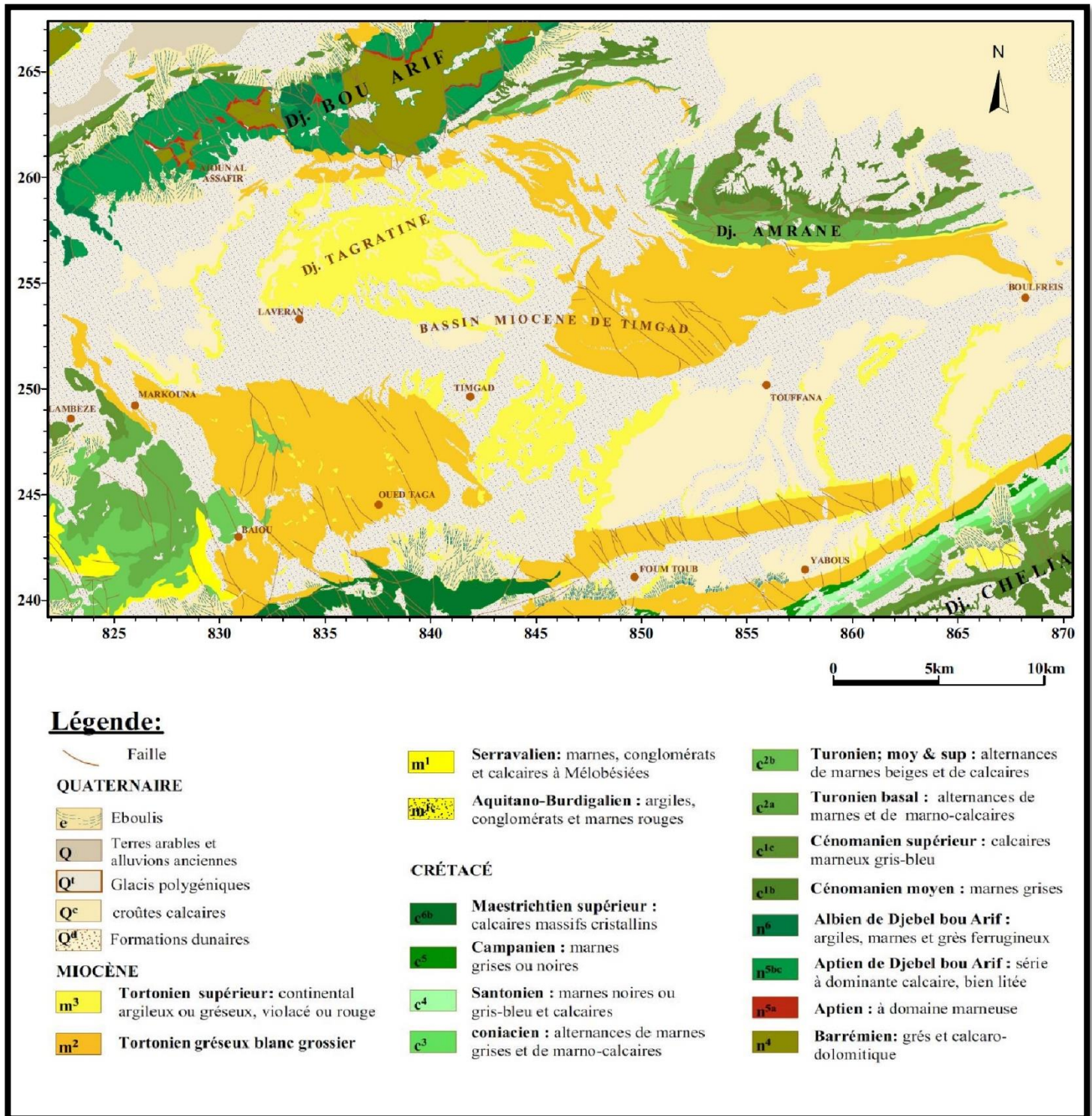


Figure I-3 Carte géologique de la zone d'étude. (VILA, J.M., & GUELLAL, M.S., 1973)

I.2.7 Aperçu géomorphologique :

L'altitude de la plaine Touffana est comprise entre 870 et 1010 mètres.

Le relief est en général favorable à l'utilisation agricole en irrigué : topographie plane, pente ne dépassant pas 2 à 3%.

Les principales formes de relief rencontrées dans la plaine sont les suivantes : les terrasses actuelles situées dans les lits majeurs des oueds qui sont constituées de matériaux grossiers et les roches les plus importantes sont : les calcaires, les marnes et les grés. Les terrasses récentes constituées de sols peu évoluées, des vertisols et des sols Calc magnésiques.

Les glacis constitués de terrasses suscités sont raccordés aux montagnes et aux collines dont la pente ne dépasse guère 3%. Ces glacis sont parfois parcourus par des ravins eaux très marquées et deviennent nuls en bas de pente (Source : ONID, Alger).

Chapitre II: ETUDE HYDROLOGIQUE

Introduction :

La climatologie intéresse l'agronome dans ses relations avec les cultures. L'agro climatologie peut être définie comme l'étude des réactions des cultures aux conditions du milieu climatique en vue notamment de délimiter leurs aires d'adaptation et d'évaluer cette adaptation en termes de productivité relative. Le milieu climatique à deux composantes :

- Le climat atmosphérique ou le climat proprement – dit.
- Le climat édaphique ou le climat du sol.

Les caractéristiques physiques du sol jouent un rôle considérable dans la réalisation du bilan hydrique réel, ce bilan hydrique est fondamental, il est la résultante de toutes les caractéristiques du milieu climatique et permet de déterminer la quantité d'eau qui doit être mise à la disposition de la plante au cours de ses différentes phases végétatives.

Dans le cadre de cette étude sont présentées et analysées des données agrométéorologiques de la daïra de TOUFFANA (1970-2017).

II.1 Climatologie et éléments climatiques :

L'état de l'atmosphère peut être caractérisé en mesurant différentes grandeurs physiques, telles que à savoir : température, précipitations, humidité relative, vent... etc. Afin de caractériser le climat de notre zone d'étude, nous avons les données climatiques relevés par les principales stations hydro pluviométriques de l'Agence Nationale Des Ressources Hydrauliques (ANRH) de la période (1970-2017) et l'Office National de la Météorologie (ONM) de la période (1996-2016)

II.1.1 Température :

La température de l'air est un élément du climat dont les effets se font sentir sur le rendement des cultures ainsi que sur leur état sanitaire. Le développement des plantes peut être ralenti lorsque la température de l'air est trop basse ou trop élevée (gel ou échauffement), les tissus végétaux peuvent être détériorés, ce qui conduit à des réductions très importantes de la production. D'autres part, certaines gammes de températures associées à des conditions particulières d'humidité, exigent l'application de traitement défensifs appropriés, et ce qui intéresse le plus l'agriculteur c'est :

- D'abord la température moyenne journalière qui conditionne le développement des végétaux d'une part,

- Puis les températures extrêmes (minima et maxima) qui peuvent être responsable de dégâts importants d'autres parts, l'élévation de température tend à diminuer l'humidité relative provoquant ainsi un véritable stress hydrique pour les végétaux.

II.1.1.a Présentation et analyse des températures :

Les températures mensuelles moyennes et les extrêmes moyens enregistrés au niveau de l'office national de la météorologie (ONM 1996-2016)

Tableau II-1 Températures mensuelles moyennes en °C

Température (° C)	Les mois												Année
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
Tmin	14.1	10.1	4.6	1.4	1	3	2.9	6.2	10.7	14.9	17.5	17.7	8.7
Tmax	29.0	24.3	16.7	12.4	12.3	13.6	17.7	20.9	26.5	32.3	36.0	35.1	23.1
Tmoy	21.6	17.2	10.7	6.9	6.2	7.0	10.3	13.5	18.6	23.6	26.8	26.4	15.8

Source : Station météorologique de Batna (1996-2016)

Avec : Tmin= minimale moyenne, Tmoy = Température moyenne, Tmax = maximale moyenne.

Observation :

Durant la période allant de 1996-2016 il est à noter que le mois le plus froid est janvier avec une température moyenne, mensuelle de 6.2°C, alors que le mois le plus chaud est juillet avec une température mensuelle de 26.8°C. La température moyenne annuelle est de 15,4°C

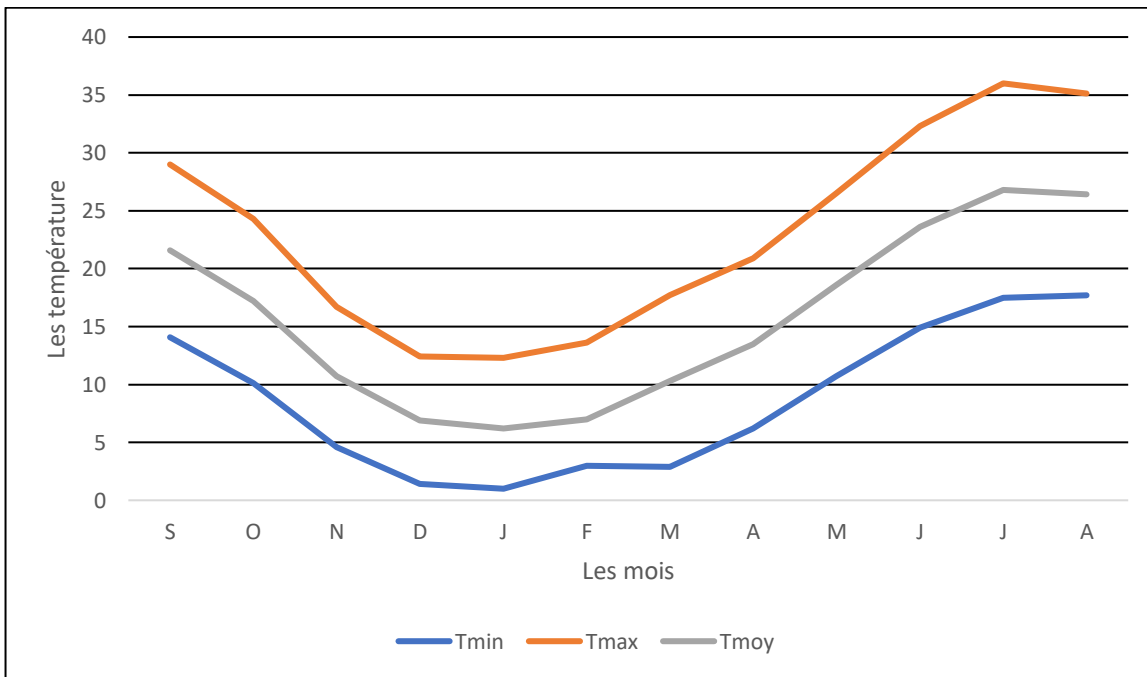


Figure II-1 Courbe des températures moyennes mensuelles en °C (1996-2016)

II.1.2 Le vent :

Le vent est un des éléments les plus caractéristiques du climat qui peut exercer un effet mécanique nocif sur la végétation. En provoquant par exemple, la chute des fruits lourds. Il peut aussi provoquer la verse des céréales, surtout s’il est accompagné de pluie. Dans le domaine hydro-agricole le choix de la technique d’irrigation se base sur la vitesse de vent.

Tableau II-2 Moyennes mensuelle de la vitesse du vent en (m/s)

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
V (m/s)	3.4	3.2	3.5	3.3	3.0	3.4	3.6	4.1	3.8	3.9	3.9	3.8

Source : Station météorologique de Batna (1996-2016)

Observation :

- La vitesse maximale est observée durant le mois d’avril (4.1 m/s),
- La vitesse minimale durant le mois de janvier (3.0 m/s).

II.1.3 L'évaporation :

C'est l'émission de la vapeur d'eau par une surface liquide ou par milieu humide (sol, végétale) à une température inférieure au point d'ébullition. Sa détermination approximative s'effectue avec l'évaporomètre de piche placé sous abris.

Tableau II-3 Evaporation en (mm) durant la période (1996-2016)

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Année
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
Evaporation (mm)	176	134	87	55	56	68	109	144	185	262	313	289	1878

Source : Station météorologique de Batna (1996-2016)

Observation :

L'analyse du tableau nous montre que la valeur maximale de l'évaporation est enregistrée au mois de juillet (313mm), et la valeur minimale en hiver, au mois de décembre (55mm). Dans la période estivale l'évaporation atteint son maximum surtout pendant le sirocco sous l'effet des températures élevées.

II.1.4 L'insolation :

L'éclairement qui représente la puissance du rayonnement solaire dépend de la situation géographique de l'exposition et de la saison. Les données concernant l'insolation enregistrée à la station de Batna durant les années (1996-2016) Sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau II-4 insulations moyennes mensuelle.

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Année
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	8.033
L'insolation (h/j)	8.7	7.5	6.3	5.8	5.9	5.7	7.0	7.8	9.1	10.3	11.6	10.7	

Source : Station météorologique de Batna (1996-2016)

Observation :

La durée d'insolation varie irrégulièrement durant l'année. Elle augmente en été et atteint son maximum en juillet avec une moyenne mensuelle de 11.6 h/jour. Puis elle descend progressivement jusqu'à l'hiver où elle atteint une valeur minimale de 5.7h/jour en février.

II.1.5 L'humidité relative de l'air :

On appelle humidité relative de l'air le pourcentage de vapeur d'eau qui existe réellement dans l'air par rapport à la quantité maximale que pourrait contenir l'atmosphère dans les mêmes conditions de température et de pression.

Tableau II-5 Humidité relative de l'air en %

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Année
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	59
L'humidité (%)	56	61	67	74	74	67	63	60	56	47	39	44	

Source : Station météorologique de Batna (1996-2016)

Observation :

L'analyse des résultats de l'humidité relative mensuelle dans la station de Batna fait ressortir un maximum en décembre et janvier avec 74% et un minimum de 39% en juillet avec valeur moyenne annuelle 59%.

II.1.6 Pluviométrie :

Les précipitations englobent toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, sous forme liquide (brouillard, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grêle) et les précipitations déposées ou occultées (rosée, gelée blanche, givre, ...). Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression. Elles sont considérées sous divers aspects :

- La quantité totale qui représente la hauteur totale de pluie tombée dans l'année.
- La fréquence qui s'exprime par le nombre annuel de jours de pluie.
- La répartition dans le temps qui conditionne l'alimentation de la plante.
- L'intensité qui s'exprime par la quantité d'eau tombée pendant l'unité de temps (mm/h).

Tableau II-6 pluviométrie moyenne mensuelle (mm)

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Année
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
La pluviométrie (mm)	34.3	28.5	22	23.5	26.7	20.2	29.1	32	34.54	15.7	6.3	11.7	284.7

Source : Station météorologique de Touffana (1970-2017)

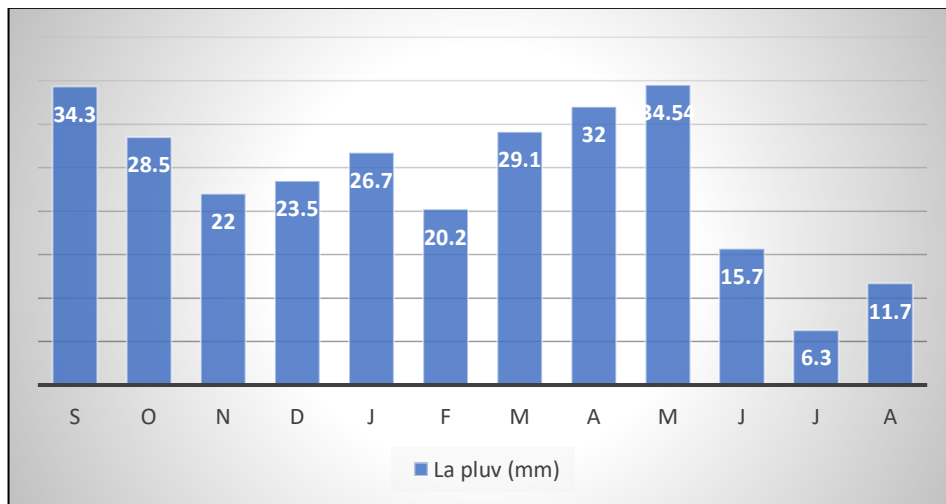


Figure II-2 pluviométrie moyenne mensuelle (mm)

Observation :

En générale, le régime pluviométrique dans la région est irrégulier. En effet, il connaît des variations au cours de l'année.

La moyenne annuelle des précipitations est d'environ 284.7 mm/an, le mois le plus pluvieux est mai avec 34.54 mm de précipitation moyenne, le plus sec est juillet avec une hauteur moyenne de 6.3 mm

II.1.7 Les Phénomènes Climatiques Secondaires :

- **La gelée** : La connaissance des dates de la gelé est nécessaire car elle influe négativement sur les cultures et dégradent la structure du sol, elles sont donc l'un des facteurs essentiels du choix des cultures.
- **Sirocco** : C'est un vent chaud et sec qui souffle du Sahara vers le littoral. Il est très néfaste pour les végétaux car il peut provoquer le flétrissement de la plante ainsi que les chutes de rendement. Le siroco peut être observé durant toute l'année à l'exception des mois novembre à février. Il s'agit d'un vent sec et chaud qui assèche le sol et fait augmenter l'évapotranspiration des plantes.
- **La neige** : est d'abord une forme de précipitations atmosphériques constituée de particules de glace ramifiées contenant de l'air qui sont la plupart du temps cristallisées et agglomérées en flocons

Tableau II-7 Répartition mensuelle de la gelée, neige et sirocco

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Année
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	-
Nombre de jours de gelée	0	0	4	13	18	11	6	2	0	0	0	0	54
Nombre de jours de sirocco	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	2	10
Nombre de jours de neige	0	0	1	3	4	3	2	0	0	0	0	0	13

Source : Station météorologique de Batna (1996-2016)

Observation :

- 1. Gelée** : La période des gelées dans la zone d'étude s'étale de novembre à avril. Les fréquences les plus élevées sont observées au cours des mois de décembre et janvier et février avec respectivement 13- 18-11 jours de gelée. Durant toute l'année on observe en moyenne 54 jours de gelée.
- 2. Sirocco** : Le nombre de jours moyens de siroco enregistré est de 10 jours. Le sirocco commence à se faire sentir à partir de mois de mai jusqu'au mois de septembre.
- 3. Neige** : Le nombre moyen de jours où il y a la neige est 13 jours s'étale de novembre à mars. La fréquence la plus élevée est observées au cours de mois de janvier avec 4j/mois.

II.1.8 Calcul des indices Agro-météorologiques :

Par indice, nous entendons compiler le climat à travers des formules pour comprendre l'interférence des différentes variables du climat et leurs effets sur les plantes. Ces formules reposent principalement sur deux facteurs fondamentaux : la pluviométrie et la température. Les indices les plus connus sont ceux de MARTONE (1926) et d'EMBERGER (1932).

II.1.8.a Indice d'aridité de De Martonne :

Cet indice permet de caractériser le pouvoir évaporant de l'air à partir de la température.

$$\text{Avec : } I_A = \frac{P}{T+10} \longrightarrow I_A = \frac{348.9}{15.8+10} \longrightarrow I_A = 13.52$$

- I_A : Indice d'aridité de De Martonne.
- T : Température moyenne mensuelle.
- P : Précipitations cumulées pour l'année en mm.

Tableau II-8 Les limites de climat d'après l'indice d'aridité de Martonne

Valeur de l'indice d'aridité	Type de climat	L'irrigation
$I < 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I < 10$	Très sec (aride)	Indispensable
$10 < I < 20$	Sec (semi-aride)	Souvent indispensable
$20 < I < 30$	Relativement humide (subhumide)	Par fois utile
$I > 30$	Humide	Inutile

Remarque :

D'après la valeur de l'indice d'aridité de "De Martonne" le périmètre irrigué de Touffana se trouve dans l'étage bioclimatique semi-aride et l'irrigation est souvent indispensable.

II.1.8.b Climagramme d'Emberger :

Le quotient pluviométrique d'Emberger (Q) permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une région donnée et de la situer dans le climagramme d'Emberger. En appliquant la formule suivante élaborée par STEWAR.

$$Q = \frac{3.43 * P}{M - m}$$

- Q : Coefficient pluviométrique d'Emberger
- P : Précipitation moyenne annuelle en mm. $\longrightarrow P = 348.9 \text{ mm}$
- M : Température moyenne maximale du mois le plus chaude en °c $\longrightarrow M = 36^\circ\text{C}$
- m : Température moyenne minimale du mois le plus froide en °c $\longrightarrow m = 1^\circ\text{C}$

Donc : $Q = 34.19$

Tableau II-9 Classification du type de climat selon Indice de Stewart

Valeurs « Q »	Type de climat
$Q > 100$	Humide
$100 > Q > 50$	Tempéré
$50 > Q > 25$	Semi-aride
$25 > Q > 10$	Aride
$10 > Q$	Désertique

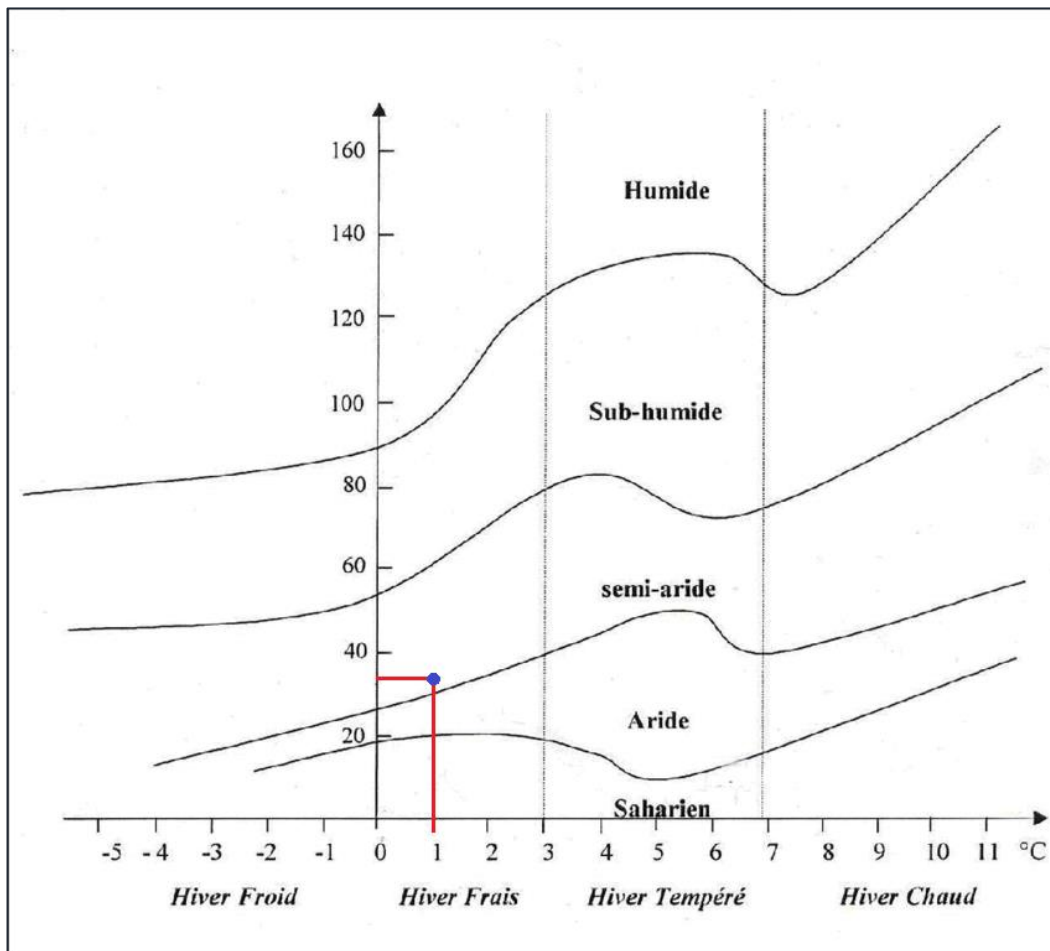


Figure II-3 Diagramme bioclimatique d'EMBERGER

Remarque :

D'après le diagramme bioclimatique d'Emberger on a une valeur de $Q = 34.19$ et avec une température du mois le plus froid, $T = 1^{\circ}\text{C}$, On est donc dans étage bioclimatique « SEMI-ARIDE » et sous étage « Hiver doux ».

II.1.8.c Climogramme pluviométrique de GAUSSEN :

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN permet de définir l'étendue et les limites de la période sèche (intersection des courbes des valeurs mensuelles de la pluviométrie et de la température). L'appréciation de la durée de la période sèche est utile pour la détermination de la période d'irrigation.

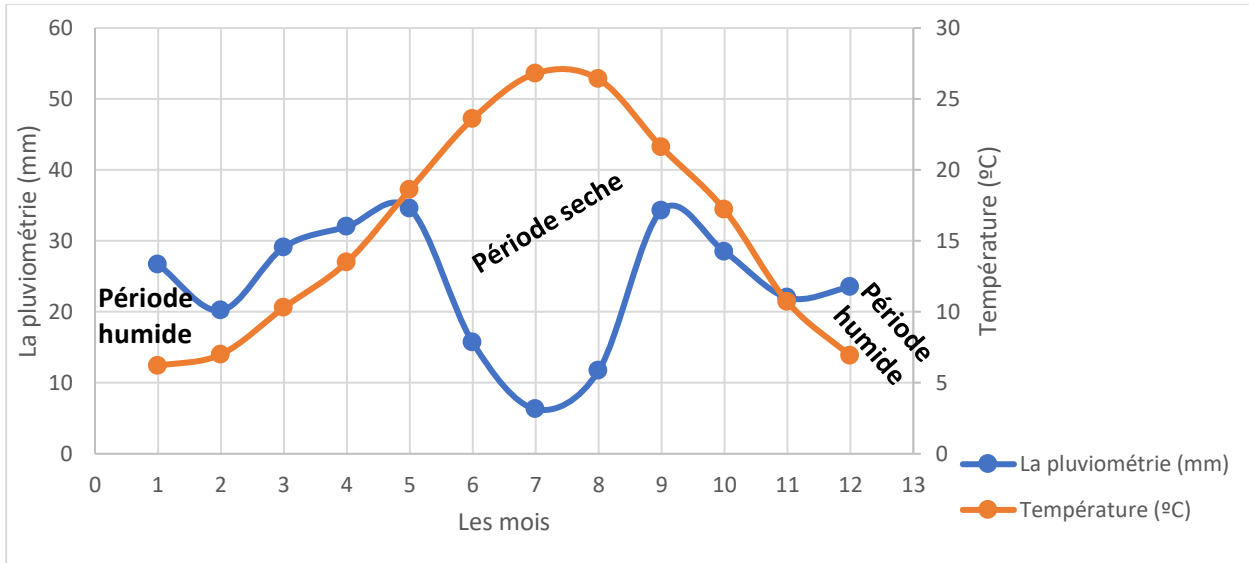


Figure II-4 Climogramme de Gausson (1996-2016)

Remarque :

D'après les résultats de cette étude on remarque que notre région jouit d'un climat sec avec un régime pluviométrique variable. L'année est caractérisée par un hiver froid et relativement pluvieux et un été sec, on distingue deux saisons, la saison humide, et la saison sèche qui est la période d'irrigation (voir Figure.II.4). Vu l'aridité de la zone d'étude, l'irrigation représente donc un facteur décisif pour l'obtention de rendements acceptables des différentes cultures.

II.2 HYDROLOGIE :

II.2.1 L'objectif :

L'objectif principal de l'étude hydrologique c'est de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquence donnée. De ce fait calculer les besoins en eau des cultures à planter. L'hydro climatologie du secteur d'étude s'est basée sur les données climatologiques de station proches du secteur d'étude : Touffana.

Tableau II-10 Caractéristiques de la station pluviométrique

Nom de la station	Code	Coordonnées		Altitude	Période d'observation	Nbre d'années d'observer
		X(m)	Y(m)			
Touffana	070605	856.1	249.75	1040	1970-2017	48

II.2.2 Choix de la station représentative de la Zone d'étude :

- Localisation géographique, presque au centre du périmètre
- Les relevés de la station s'étalent sur une période d'observation acceptable (quarante et un ans d'observations).

Tableau II-11 Répartition mensuelle des précipitations (mm).

Année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fevr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Total
1970	133.5	142.8	0	55.6	18	3.3	16.8	154.5	89.5	0	37.4	0	651.4
1971	4.7	0	0	0	24.5	43.8	21.8	5.8	81	2.8	5.7	0	190.1
1972	56.3	31	19.3	9.7	54.1	30.4	66.3	93.4	58.9	30.2	1.5	28.6	479.7
1973	121.2	120	9.1	46.7	42.7	36.2	105.7	35.9	8.7	17	2.6	38.1	583.9
1974	18	9.5	13.7	111.9	3.9	23.1	28.1	30	0	22.6	20	0	280.8
1975	26.3	33.5	23	8.3	28	37.3	33	54.2	60.6	0	3.7	3.5	311.4
1976	60.9	2.1	42.3	4	32.7	29.2	46.9	29	45.6	94.7	40.5	13.7	441.6
1977	32.3	8.5	73.9	17.6	24.9	0	14.2	46.7	82.4	29.5	0	21.6	351.6
1978	0	5.7	75.2	0	2.8	25.4	10	11	20.9	12	0	15.4	178.4
1979	2.4	42.5	0	0.3	2.3	41.8	24.3	80.4	7.7	24.3	7.8	0	233.8
1980	73.3	16	4.3	7.2	7.6	25.5	42.6	27.4	58.5	2.5	0	4.2	269.1
1981	21.6	0	7.7	60.2	2.6	9.2	33.5	28.7	4.9	9.5	0	11	188.9
1982	21.8	27.3	1.6	5.1	26.7	22.8	2.9	36.1	19.9	6.6	2.1	0.3	173.2
1983	6	26.3	47.7	2.9	0	2	15.8	0.2	1.7	0	0	26	128.6
1984	0	5.5	0.6	1.5	54	40.3	2.3	7.7	0	0.8	1.2	1.4	115.3
1985	14.2	67.3	3.1	63.7	48.7	9	74.1	6	100	5	0	0	391.1
1986	26.4	0	0.4	0	17.6	4.1	69.3	0	30	0	0	0	147.8
1987	42.3	13.7	25.1	26.5	4.9	25.2	15.5	10	21.3	4.3	19.7	0	208.5
1988	10.3	16.2	23.6	11.4	5.2	11.5	9.6	9.7	40.2	62.3	0	9.1	209.1
1989	26.5	3.2	38	25.2	6.6	17	16.1	19.2	39.2	68	7.6	55.4	322
1990	28.3	2.4	19.7	12.7	155.1	0	29.5	29.1	61.3	0	5.7	32	375.8
1991	8	0	33.6	38.8	7	25.3	59.8	34.8	34.6	0	12.5	5.2	259.6
1992	3.7	44.4	19.2	16.5	30	8.5	67.7	21.9	66	0	17	8.2	303.1
1993	22.3	6.5	32.6	51.9	12.1	19.9	17.3	7.7	11	6.9	0	9.5	197.7
1994	20.5	2.3	10.6	50	23.7	4.9	24.5	10.4	5.1	0	0.4	1.8	154.2
1995	16.3	52.5	0	7.3	45.1	1.5	45.2	19.9	14.4	46.2	16.8	3.1	268.3
1996	35.5	23.5	0	13.7	98	103.1	76.4	33.3	19.5	8.6	0	9.3	420.9
1997	14.4	0	0	4.9	13.9	0	13.3	24.8	4.2	13.7	0	22.1	111.3
1998	53.3	16.5	61.3	21.5	0	12.4	22.3	53.8	28.8	19.4	0	0	289.3
1999	25.3	21.4	21.6	9.9	43.7	13	9.5	0	9.6	23.3	0	7.5	184.8
2000	23.1	31.5	38.6	62.2	9.7	0	3.2	0	87.7	29	0	22.2	307.2
2001	33	21.7	4.6	15.2	13.9	0	0	33.3	39.8	0	0	7.3	168.8
2002	33.3	13.5	24.9	3.7	0	2.3	6.8	27.9	18.2	0	0	48.3	178.9
2003	0	11.6	51	15.9	23.8	26.5	17	52.8	9.1	14.3	0	5.4	227.4
2004	90.8	34.7	34.4	25.3	7.5	20.9	35.3	20.9	40.9	17.6	2.3	7.3	337.9
2005	52.9	0	81.4	95.9	10.5	13.7	19.3	14.8	0	51	31.3	0	370.8
2006	5.2	29.8	10.3	25	67.9	33.7	0	60.5	40.9	42	0	0	315.3
2007	28.4	35.5	18	64	8.1	20.7	33.6	48.9	12.8	0	0	0	270
2008	184.2	10.3	0	16	29.5	2.2	15.8	11.8	52.6	5.8	29.4	34.9	392.5

2009	32.2	86.1	11.3	9.5	74.3	8	24.3	61.8	51.9	0	0	18.1	377.5
2010	65.4	28.4	0.7	2.8	48.4	8	15.5	33.5	11.3	1.6	9	0	224.6
2011	0	35.5	26.9	4.9	0	66.9	63.1	52.9	88.7	1.6	0	5.3	345.8
2012	31.5	178.1	11	7.8	2.8	55.5	11.2	35.4	1.2	1.6	0	8.8	344.9
2013	20.7	1.3	26.9	1.3	13.3	20.9	24.2	32.6	36.9	15.3	5	29.8	228.2
2014	16.1	23.7	43.6	24	56.2	4	24.2	33.1	36.9	15.3	5	12.2	294.3
2015	14.1	23.1	33.9	22.7	49.5	28.2	30.2	5.6	22.9	19.7	2	12.8	264.7
2016	69.8	50.3	9.9	4.5	1.2	13.8	30.8	27.9	34.5	15.4	12	11.4	281.5
2017	21.6	12.4	22.1	42.9	29.1	18.6	28.8	61.6	46.2	13.7	6.2	10.8	314

II.2.3 Homogénéité de la série pluviométrique :

Pour vérifier l’homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon : C’est le plus puissant des tests non paramétriques. Soient 2 variables aléatoires Y et X, représentant respectivement 2 séries de précipitations annuelles de taille N1 et N2. Y étant la série à étudier et X étant la série de base avec N2 > N1.

Si l’échantillon Y nouveau YUX est également issu de la même population que l’échantillon.

On classe les éléments de ce nouvel échantillon YUX par ordre décroissant et on associe à chacune des valeurs le rang qu’elle occupe dans cette nouvelle série. Si une valeur se répète plusieurs fois, il faut lui associer le rang moyen qu’elle détermine.

On calcule les quantités W_y et W_x :

W_y Représente la somme des rangs de Y et c’est celle qui nous intéresse et est égale à :

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

$$W_y = \sum_{i=1}^n rang Y = 2 + 5 + \dots + 12 + 14 + 15 + 16 + \dots + n - 1$$

L’hypothèse nulle est vérifiée si :

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

$$W_{min} = \left[\left(\frac{(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - 1}{2} \right) - 1.96 \times \left(\frac{N_1 \times N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{0.5} \right]$$

$$W_{max} = [(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - W_{min}]$$

$$W_x = 6+8+10+12+13+14+16+17+21+23+25+28+31+32+33+40+43= 372$$

$$W_{min} = 325.08$$

$$W_{max} = 507.92$$

Tableau II-12 Test d'homogénéité.

Rang	Série d'origine p(mm)	Série X(mm)	Série Y(mm)	Décroissant (mm)	Y Union X
1	651.4	168.8	651.4	651.4	Y
2	190.1	178.9	190.1	583.9	Y
3	479.7	227.4	479.7	479.7	Y
4	583.9	337.9	583.9	441.6	Y
5	280.8	370.8	280.8	420.9	Y
6	311.4	315.3	311.4	392.5	X
7	441.6	270	441.6	391.1	Y
8	351.6	392.5	351.6	377.5	X
9	178.4	377.5	178.4	375.8	Y
10	233.8	224.6	233.8	370.8	X
11	269.1	345.8	269.1	351.6	Y
12	188.9	344.9	188.9	345.8	X
13	173.2	228.2	173.2	344.9	X
14	128.6	294.3	128.6	337.9	X
15	115.3	264.7	115.3	322	Y
16	391.1	281.5	391.1	315.3	X
17	147.8	314	147.8	314	X
18	208.5		208.5	311.4	Y
19	209.1		209.1	307.2	Y
20	322		322	303.1	Y
21	375.8		375.8	294.3	X
22	259.6		259.6	289.3	Y
23	303.1		303.1	281.5	X
24	197.7		197.7	280.8	Y
25	154.2		154.2	270	X
26	268.3		268.3	269.1	Y
27	420.9		420.9	268.3	Y
28	111.3		111.3	264.7	X
29	289.3		289.3	259.6	Y
30	184.8		184.8	233.8	Y
31	307.2		307.2	228.2	X
32	168.8			227.4	X
33	178.9			224.6	X
34	227.4			209.1	Y
35	337.9			208.5	Y
36	370.8			197.7	Y
37	315.3			190.1	Y
38	270			188.9	Y
39	392.5			184.8	Y

40	377.5			178.9	X
41	224.6			178.4	Y
42	345.8			173.2	Y
43	344.9			168.8	X
44	228.2			154.2	Y
45	294.3			147.8	Y
46	264.7			128.6	Y
47	281.5			115.3	Y
48	314			111.3	Y

325.08 < 340 < 507.92

La condition de Mr Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle de la station de Touffana est homogène.

II.2.4 Ajustement de la série pluviométrique :

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 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

Tableau II-13 Caractéristiques de la série.

	Caractéristiques de l'échantillon
Nombre d'observations	48
Minimum	111
Maximum	651
Moyenne	285
Ecart-type	117
Médiane	270
Coefficient de variation (Cv)	0.410
Coefficient d'asymétrie (Cs)	0.999
Coefficient d'aplatissement (Ck)	3.95

II.2.4.a Ajustement à la loi Normale :

L'ajustement des séries par la loi normale appelée souvent loi de Gauss s'adapte bien avec les pluies moyennes annuelles. En effet sa fonction de répartition est de la forme :

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u \text{Exp}\left(\frac{-1}{2x\mu^2}\right) du \quad (\text{Fréquence au non-dépassement})$$

u : Est la variable réduite de Gauss . Elle est donnée par $u = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$

Les résultats de l’ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de TOUFFANA sont les suivantes : Le procédé d’ajustement consiste à :

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Calculer la fréquence expérimentale.
- Variable réduite de gauss u .
- Les caractéristiques empiriques.
- Tracer la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien.

Les résultats de l’ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de TOUFFANA sont regroupés dans le tableau et la figure :

Tableau II-14 Test d’homogénéité.

T	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
5	0.8	383	20.3	343 - 423
3	0.6667	335	18.2	299 - 370
2	0.5	285	17.4	250 - 319
1.25	0.2	186	20.3	147 - 226

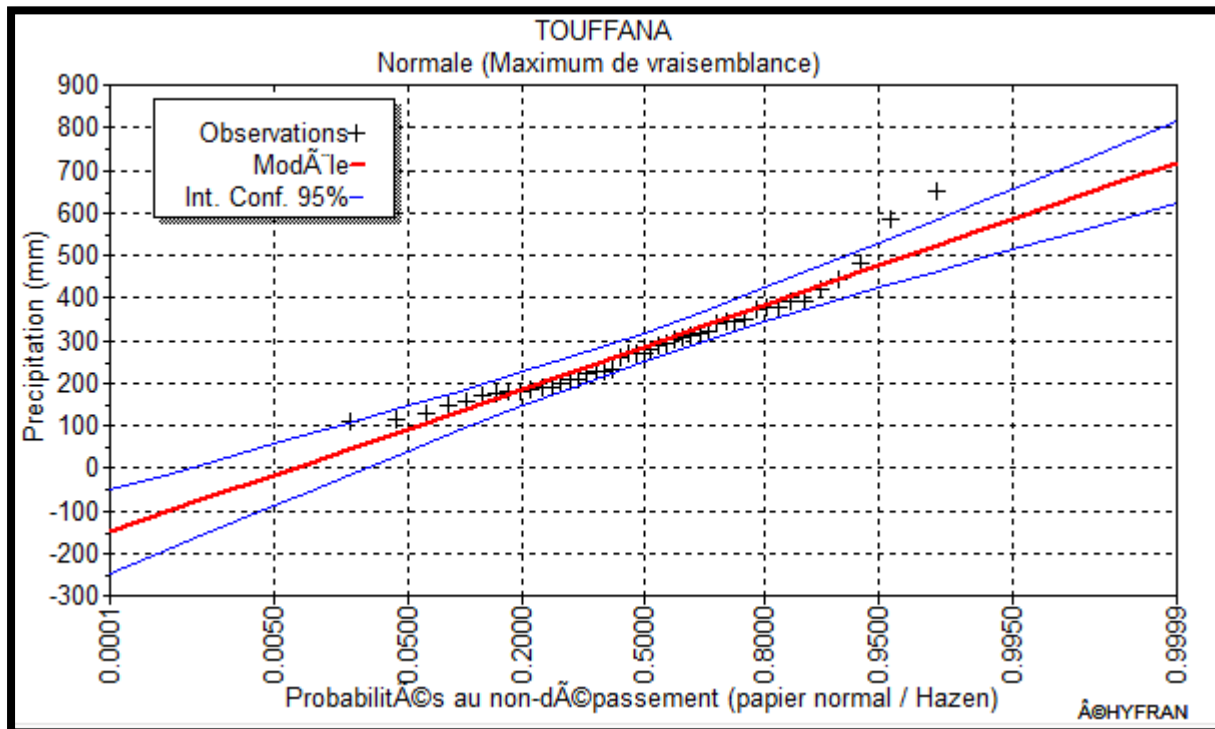


Figure II-5 graphique de l’ajustement à la loi Normal

$P_{\text{théorique 80\% annuelle}} = 186 \text{ mm}$ et $P_{\text{théorique 50\% annuelle}} = 285 \text{ mm}$

$$P_{\text{moy 80\%}} = \frac{186}{285} \times P_{\text{moy.mensuelle}} = 0.65 \times P_{\text{moy.mensuelle}}$$

II.2.4.b Ajustement à la loi log-Normale :

Les résultats de l’ajustement de la série des pluies moyennes annuelles de la station de Touffana sont :

Tableau II-15 Test d’homogénéité.

T	Q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
5	0.8	369	26.9	316 - 421
3	0.6667	314	20.3	274 - 354
2	0.5	265	16	234 - 297
1.25	0.2	189	15.6	158 - 219

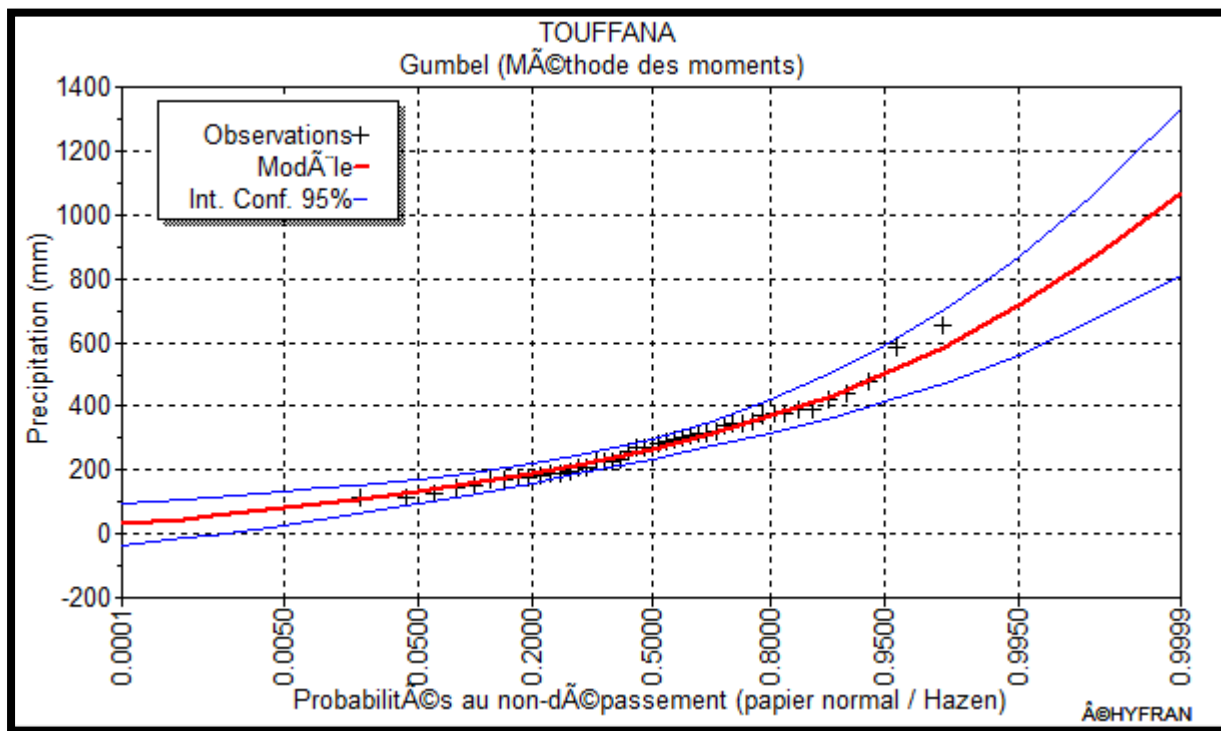


Figure II-6 graphique de l’ajustement à la loi log-Normal

$P_{\text{théorique 80\% annuelle}} = 189 \text{ mm}$ et $P_{\text{théorique 50\% annuelle}} = 265 \text{ mm}$

$$P_{\text{moy 80\%}} = \frac{189}{265} \times P_{\text{moy.mensuelle}} = 0.71 \times P_{\text{moy.mensuelle}}$$

II.2.4.c Test de validité d'un ajustement :

Après ajustement des données par la loi, Il convient de comparer l'adéquation de cette loi afin d'adopter le meilleur ajustement. Dans notre cas, nous avons utilisé le teste de Khi carrée χ^2 .

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

$$\chi^2_{calculé} < \chi^2_{théorique} \text{ (Voir annexe 1)}$$

Pour les calculs nous avons utilisé le logiciel HYFRAN.

Tableau II-16 Test de validité des deux ajustements.

Loi normale	Loi log-normale
$\chi^2_{calculé} = 8.4$	$\chi^2_{calculé} = 2.8$
Degrés de liberté = 6	
$\chi^2_{théorique} = 12.592$	

II.2.5 Détermination de l'année de calcul :

Puisque loi Log Normale est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne annuelle représentative de la région

Les résultats de calcul donnés par le tableau suivant :

Tableau II-17 Précipitations mensuelles de l'année de probabilité 80%

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Année
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
$P_{moy.mensuelle}$	34.3	28.5	22	23.5	26.7	20.2	29.1	32	34.54	15.7	6.3	11.7	284.7
$P_{moy 80\%}$	24.3	20.2	15.6	16.7	19	14.3	20.4	22.8	24.5	11.1	4.5	8.3	202

Conclusion :

A travers ce chapitre, nous avons dégagé les principales caractéristiques climatiques de notre région d'étude. De l'examen des données, il ressort que la région d'étude jouit d'un climat semi-aride avec un régime pluviométrique variable en volume et en répartition dans le temps. L'année est caractérisée par des hivers pluvieux, des printemps généralement humides et des étés secs.

Cette étude a permis de reconstituer l'année de pluie mensuelle de probabilité 80% pratiquement.

Chapitre III: RESSOURCE EN SOL

Introduction :

Le but de l'étude des ressources en sol est la recherche de terrains irrigables, la connaissance de leurs diverses caractéristiques physico-chimiques et leurs aptitudes culturales, en vue de leur mise en valeur. Les caractéristiques physiques du sol jouent un rôle considérable dans la réalisation du bilan hydrique réel, ce bilan hydrique est fondamental, il est la résultante de toutes les caractéristiques du milieu climatique et permet de déterminer la quantité d'eau qui doit être mise à la disposition de la plante au cours de ses différentes phases végétatives.

III.1 Ressources en sol :

III.1.1 But de l'étude pédologique :

L'étude pédologique a pour but de :

- Evaluer la capacité des sols du secteur étudié pour assurer un bon développement végétatif des cultures envisagées et à valoriser économiquement l'investissement. Les aptitudes culturales sont appréciées en confrontant les exigences des productions possibles.
- Estimer le degré de contribution des sols du périmètre à l'alimentation hydrique des plantes à irriguer.
- Choisir les techniques d'arrosage les plus adaptées aux conditions du sol et de culture (aspersion, goutte à goutte, submersion).

III.1.2 Levé pédologique :

Le levé pédologique examine les constituants de la terre (minéraux, matières organiques), leur agencement (granulométrie, structure, porosité), leurs propriétés physiques (transfert de l'eau et de l'air), leurs propriétés chimiques (rétention des ions, pH). Elle porte des diagnostics sur les types de sol (classification). Elle en déduit des applications (fertilité).

Ces levés ont été réalisés par le biais de profils creusés mécaniquement et par l'observation des coupes naturelles existantes

III.2 Description des principaux sols et leur répartition :

L'étude d'un projet d'irrigation exige une étude pédologique, elle nous permet d'avoir une idée claire sur la majorité des problèmes des sols et les mesures à prendre pour les résoudre ainsi que leur mise en valeur, elle permet donc :

- D'éliminer du périmètre équipé des zones dont les potentialités naturelles seraient insuffisantes pour valoriser un réseau d'irrigation des arrosages.
- De fournir des données fondamentales caractérisant les relations entre le sol et l'eau, qui conditionnent la conduite et l'organisation des carrossages.

- De fournir un premier aperçu sur les choix judicieux des cultures convenables au périmètre à irrigués.

A partir de l'analyse des échantillons au laboratoire ont permis de reconnaître deux classes du sol qui sont :

- La classe des sols Calc magnésiques.
- La classe des sols peu évolués.

III.3 Le profil pédologique :

Un profil pédologique est une coupe verticale d'un sol qui exprime l'état de son évolution, à partir de l'observation visuelle, complétées par quelque détermination analytique en tenant compte de l'environnement. L'examen du profil pédologique permet de découvrir la succession des couches ou « Horizon » expliquant la formation et évolution du sol, sa « pédogenèse » permet de classer le sol d'après son type pédologique. Les profils décrits et analysés ont été réalisés par l'ANRH.

III.3.1 Description morphologique des profils :

Le présent sous chapitre portera sur la description morphologique des profils établis par le CPCS en 1967 : **Source : ONID**

- **Profil N°1 :**

Lieu : **Touffana**

Coordonnées : x = **274 925 m** ; y = **3 931 155 m**

Pente : **environ de 3 %**

Géomorphologie : **terrasse alluviale**

Aspect de surface : **5% environ de cailloux et blocs en surface.**

Drainage externe : **bon**

Signe d'érosion : **néant**

Culture en place : **céréales**

Facteur limitant externe : **néant**

Facteur limitant intrinsèque : **néant**

1- Classification : (selon le CPCS 1967)

- Classe : **sol peu évolué.**
- Sous classe : **non climatique.**
- Groupe : **d'apport alluvial.**
- Sous-groupe : **modal.**

2- Description macro morphologique :

H1 : 0 - 27 cm : frais à légèrement humide ; couleur brune (7,5 YR 5/3,5), texture argileuse à argilo-limoneuse ; structure polyédrique fine et subangulaire à grumeleuse, forte effervescence à l'HCL, apparemment organique, poreux, meuble, friable, collant, plastique ; quelques racines fines, transition nette.

H2 : 27 - 63 cm : sec, couleur 7,5YR 4/4 ; texture argileuse ; structure massive à tendance prismatique grossiers ; 2 % environ de cailloux et graviers, quelques débris de coquilles ; forte effervescence à l'HCL ; apparemment non organique ; peu poreux, compacte, non fragile, plastique ; collant ; pas de racines ; transition nette.

H3 : 63 - 100 cm : sec, couleur 7,5 YR 3/3.5, texture argileuse, structure massive, rares éléments grossiers ; quelques débris de coquilles ; forte effervescence à l'HCL, apparemment non organique ; très compacte ; non fragile ; plastique, pas de racines.

H4 : > 100 cm : Présence d'un niveau caillouteux graveleux.

Tableau III-1 Résultats des analyses des échantillons de sol du profil 1 (CPSC 1967)

Profondeur (cm)		0 - 27	27 - 63	63 - 100	> 100
Granulométrie	Argile %	42	40	44	Niveau graveleux
	Limons fin %	30	30	25	
	Limons grossier %	14	13	12	
	Sables fins %	10	12	9	
	Sables grossiers %	4	3	10	
Matière organique	C%	1.2	0.9	0.7	-
	MO%	1.9	1.3	1.3	-
	N%	0.13	0.11	0.07	-
	C/N	9	8	10	-
Calcaire total %		8	12	16	-
Calcaire actif %		2	3	5	-
Ph		7.6	7.3	7.3	-
Ce dS/m		0.2	0.2	0.3	-
CEC Cmol/k	Ca	14	15	16	-
	Mg	4	6	7	-
	K	3	3	2	-
	Na	1	2	1	-
	S	22	26	26	-
	T	22	26	26	-
	S/t	100	100	10	-
P2o5 assimilable (ppm)		15	-	-	-
K assimilable cmol/kg		3	-	-	-

Source : ONID

- **Profil N°2 :**

Lieu : **Touffana**

Coordonnées : x = **287 546 m** ; y = **3 933 271 m**

Pente : **1 %**

Géomorphologie : **terrasse alluviale**

Aspect de surface : **pas d'éléments grossiers.**

Drainage externe : **bon**

Signe d'érosion : **néant**

Culture en place : **céréales**

Facteur limitant externe : **néant**

Facteur limitant intrinsèque : **néant**

1- Classification : (selon le CPCS 1967)

- Classe : **sol peu évolué.**
- Sous classe : **non climatique.**
- Groupe : **d'apport alluvial.**
- Sous-groupe : **à caractères vertiques.**

2- Description macro morphologique :

H1 : 0 - 22 cm : frais ; couleur (10YR 5,5/4), texture argileuse ; structure polyédrique moyenne à fine, pas éléments grossiers ; forte effervescence à l'HCL, apparemment organique, poreux, meuble, friable, collant, plastique ; quelques racines fines, transition nette.

H2 : 22 - 95 cm : Sec ; couleur 10YR 6/4 ; texture argileuse ; structure massive ; pas éléments grossiers ; forte effervescence à l'HCL ; apparemment non organique ; compacte, non fragile, plastique ; très collant ; rare racine fines.

H3 : > 95 : frais ; couleur 10YR 6/4 ; texture argileuse ; structure massive ; pas éléments grossiers ; forte effervescence à l'HCL ; non organique ; très compacte, non friable, pas de racines

Tableau III-2 Résultats des analyses des échantillons de sol du profil 2 (CPSC 1967)

Profondeur (cm)		0 - 22	22 - 95	> 95
Granulométrie	Argile %	45	48	49
	Limons fin %	34	32	28
	Limons grossier %	10	8	9
	Sables fins %	6	4	8
	Sables grossiers %	5	8	7
Matière organique	C%	1.3	0.9	0.9
	MO%	1.9	1.3	1.3
	N%	0.11	0.09	0.07
	C/N	9	8	10
Calcaire total %		14	8	21
Calcaire actif %		5	4	6
Ph		7.3	7.4	7.2
Ce dS/m		0.3	0.6	0.8
CEC Cmol/k	Ca	17	15	16
	Mg	8	12	11
	K	3	4	3
	Na	2	2	2
	S	30	32	32
	T	30	32	32
	S/t	100	100	100

P2o5 assimilable (ppm)	28	-	-
K assimilable cmol/kg	3	-	-

Source : ONID

Conclusion

La plaine de Touffana offre des potentialités certaines pour sa mise en valeur agricole en irrigué, les sols sont dans leur majorité de texture argileux-limoneuse à limoneux-argileuse, et faible en matières organiques, avec une salinité moyenne. Cependant, le taux de calcaire est moyen. Les capacités de rétention en eau des sols sont bonnes 25 à 30%. Néanmoins, cette bonne aptitude des sols à la mise en valeur peut être atténuée par un certain nombre de contraintes pédologiques, topographiques et climatiques.

III.3.2 Caractéristiques hydrodynamiques des sols :

Un sol est caractérisé par des paramètres physiques mesurables, qui dépend à la fois de la structure et la texture de sol.

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

Tableau III-3 Propriétés hydrodynamiques des sols.

Texture	Argileux-limoneux
Capacité au champ (%)	26
Point de flétrissement (%)	15
Vitesse de perméabilité (mm/h)	7mm/h
Densité apparente	1.35

III.3.3 Les différentes classes d'aptitude des sols à l'irrigation et au drainage :

Ce type de classification est basé sur les paramètres suivants :

- Profondeur du sol.
- Texture.
- Salinité.
- Topographie.
- Perméabilité.
- Drainage.
- Calcaire actif.

Les différentes classes avec ces caractéristiques sont données dans le tableau suivant

Tableau III-4 Caractéristiques des sols et aptitudes culturales (CPCS – 1967)

Paramètre de classification Classe	Profondeur (cm)	Texture	Salinié mmohs/cm	Topog	Permé- (cm/h)	Aptitudes culturales	Observation
Classe I	> 120	-Texture moyenne (Sablo argileuse, limoneuse)	-Pas de problème de salinité <1 -Calcaire actif < 5%	Plane	2-6 (bonne)	Bonne aptitude pour toutes les cultures arbustives, industrielles, céréalières, fourragères et maraîchères	Leur aptitude à l'irrigation est bonne Aucune contrainte majeure pour la mise en valeur.
Classe II	> 80	-Sablo- limoneuse -Limono- sableuse et limono argileuse	-La salinité varie de 4 à 8 -Teneur en calcaire actif ≤ 7%	Plane	-Pour les sols à texture fine 0,5-2 -Texture grossière 6-12,5	-Moyennement apte à toutes les cultures industrielles céréalières fourragères et maraîchères	-Les travaux d'aménagement nécessaires sont mineurs, notamment l'apport d'engrais minéraux et organique
Classe III	40 à 80	-Sablo –limoneuse -Argilo- sableuse, argilo limoneuse	Présente dans les endroits à texture fine 8÷12. calcaire	Pente faible	-Pour les sols à textures fine (0,1÷0,5)	-Moyenne aptitude aux cultures maraîchères céréalières et fourragères et peu aptes aux cultures arbustives	Labours profonds, apport de matières organiques, plantation des brises vents

III.4 Interprétation :

D'après l'analyse des sols, on remarque que l'aptitude culturelle des sols diffère d'un type de sol à un autre.

La classe (I) a une bonne aptitude pour l'irrigation, et n'a aucune contrainte majeure pour la mise en valeur. Par contre, les classes II et III nécessitent un travail mineur.

D'une manière générale, les sols présentent des aptitudes bonnes en moyennes pour les cultures maraichères, céréalières, et arboricoles.

Chapitre IV: RESSOURCE EN EAU :

Dans tout projet d'irrigation la mobilisation et la quantification des ressources en eau sont primordiales quant à la concrétisation du projet. Pour cela on doit présenter et analyser les ressources en eau qui peuvent alimenter notre périmètre d'étude.

IV.1 Alimentation en eau du périmètre :

IV.1.1 Ressources en eau souterraine :

Dans ce périmètre il y a 3 forages destinés à l'irrigation. Les caractéristiques de ces forages sont données dans le tableau suivant :

Tableau IV-1 caractéristiques des forages existant dans le périmètre

N°	Désig. Des forages	Coordonnées (m)		Profond des forages (m)	Diamètres (m)		q (L/s/m)	Qmax (l/s)	Niveau piézométrique pendant l'exécution des forages (m)	Cote d'eau durant l'exécution des forages
		X (m)	Y (m)		Forages	Tubages				
1	ZK - 10	284 898	3 943 756	191/185	12-6	8	0.79	19.0	+ 4.32	863.32
2	ZK - 14	294 752	3 939 679	259/177	12 - 7 1/2 - 5	8 - 6	0.45	12.2	- 1.8	868.20
3	ZK - 15	295 328	3 946 861	200/70	12 - 10 5 - 4	8 - 6	0.73	10.8	- 23.6	846.40
Débit Total								42		

Source : ONID

D'après le tableau ci-dessus, le débit total est de l'ordre 42 l/s. Ce débit ne suffit pas à l'irrigation de notre périmètre. Donc pour subvenir aux besoins en irrigation du périmètre étudié, il est impératif de recourir à l'eau du barrage KOUDIAT MEDAOUAR

IV.1.2 Bilan d'eau au barrage de Koudiat Medaouar :

Le barrage de Koudiat Medaouar sur l'oued Chemora se situe à l'Ouest du périmètre de Touffana au pied des monts Mahmel, Bou Tlarmine et Ichemoul. Le bassin versant à une forme d'éventail et il est montagneux avec une hydrographie bien développée. Dans sa partie amont, il porte une couverture végétale. Les parties aval du bassin au-dessous de la cote 1300 sont à pentes plus douces, sans couverture végétale. La topographie et les conditions climatiques sur le bassin versant sont à l'origine de faibles écoulements de surface et de leur distribution temporelle et spatiale qui n'est pas uniforme. (Source : ONID)

- Capacité utile : $68,38 \times 10^6 m^3$ entre 966,00 m – 992,50 m

- Volume annuel régularisable $20 \times 10^6 m^3$ court terme $191 \times 10^6 m^3$ après le transfert de Beni Haroun

- Superficie de la retenue (à 992.50) 6,7 km²
- Cote de la retenue normale : 992.5 m
- Cote de la retenue minimale : 965.0 m
- Cote de la retenue maximale : 997.0 m

IV.2 Qualité de l'eau d'irrigation de Koudiat Medaouar :

De plus les eaux destinées à l'irrigation doivent répondre à certains critères de qualité pour minimiser les risques de salinisation des terrains. Et d'estimer l'aptitude de l'eau à l'irrigation, en fonction du type de sol.

Ces critères de qualité d'après les analyses physico-chimique effectuée sur des échantillons prélevés ont la station hydrométrique de Koudiat Medaouar ont répondu aux normes de la qualité des eaux d'irrigation.

Tableau IV-2 Caractéristiques de l'eau d'irrigation

Date	Composition des sels dissous (mg/l)							PH	Ce mmhos/cm à 25°C	SAR	Classe
	Na	Mg	Ca	K	Cl	SO4	HCO3				
2002	157,48	1521,9	1558,9	21,91	241,68	275,68	362,58	8,24	0,74	4,7	C ₂ S ₁

(Source : ONID)

IV.3 Classification des eaux pour l'irrigation :

On distingue les classifications suivantes : la classification américaine et celle de la FAO. Dans notre cas, nous nous sommes basés sur la classification américaine.

Classification américaine : C'est une classification suivant la qualité chimique. Elle été établie selon le diagramme de classification des eaux d'irrigation, en fonction de deux paramètres, qui sont : la conductivité électrique CE, et le rapport d'absorption du Sodium SAR.

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 des eaux d'irrigation. On distingue quatre classes de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique.

Tableau IV-3 Caractéristiques de l'eau d'irrigation

Classe	Conductivité électrique CE (mmhos/cm) à 25°C	Qualité des eaux
C1	$CE \leq 0.25$	Eau de risque faible
C2	$0.25 \leq CE \leq 0.75$	Eau de risque moyen
C3	$0.75 \leq CE \leq 2.25$	Eau de risque élevé
C4	$CE \geq 2.25$	Eau de risque très élevé

Avec :

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

L'eau du barrage Koudiat Medaouar prévue pour l'irrigation du périmètre étudié est de classe C2 avec une conductivité électrique moyenne $CE = 0.74$ mmhos/cm.

Le SAR (Sodium Absorption Ratio) :

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

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

D'où $SAR = 4.7$

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

Tableau IV-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 élevé
S4	$SAR > 26$	Risque très élevé

D'après le diagramme de classification des eaux d'irrigation, notre eau est classée en

C_2S_1 : une eau à risque de salinité élevé et un faible degré d'alcalinité.

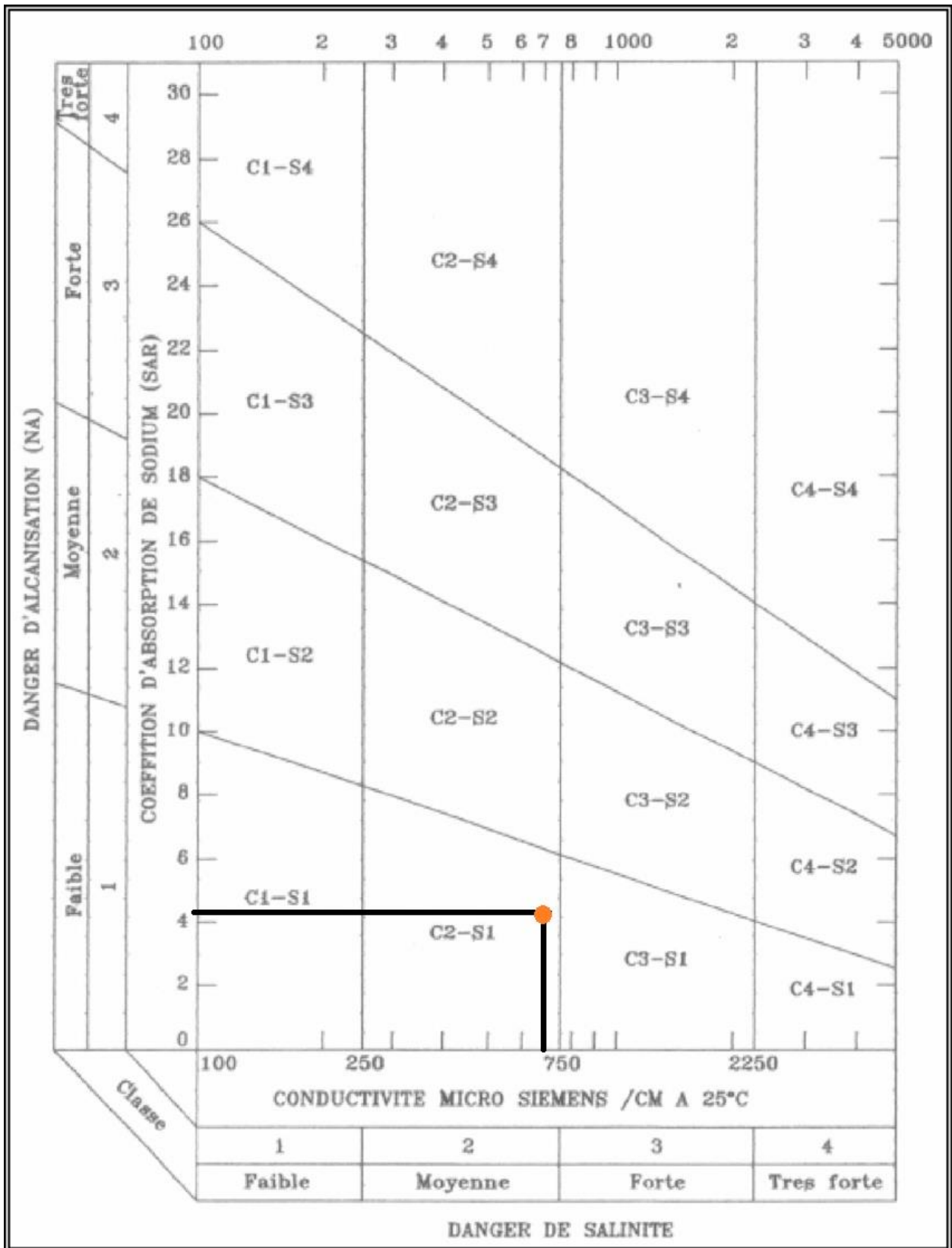


Figure IV-1 Diagramme de classification des eaux d'irrigation (Richards, 1954)

Interprétation des classes correspondantes aux couples risques salins-risques alcalins

C_2S_1	- eau convenant aux plantes qui présentent une légère tolérance au sel
----------	--

NB : D'après les résultats des analyses de barrage de Koudiat Medaouar, les eaux sont de qualité moyenne à bonne, à utiliser avec précaution dans les sols lourds mal drainés et pour les plantes sensibles (arbres fruitiers)

IV.4 Conclusion :

Les critères de qualité d'après les analyses physico-chimiques répondent aux normes de la qualité des eaux d'irrigation.

La sensibilité à la salinité réduit non seulement le rendement de la plante mais engendre également des nécroses sur les feuilles plus anciennes. Dans des cas extrêmes, les racines peuvent être endommagées par des conductivités élevées qui peuvent avoir un impact négatif sur l'approvisionnement en substances nutritives des plantes.

Les résultats d'analyses des eaux du barrage de Koudiat Medaouar montrent que la conductivité électrique de cette eau est de l'ordre de 740 $\mu\text{s/cm}$ ce qui signifie que c'est une eau courante acceptable pour l'irrigation. Même pour les autres paramètres analysés, les résultats d'analyse montrent que ces paramètres sont conformes aux normes d'eau d'irrigation.

Chapitre V: ETUDE DES BESOINS EN EAU DES CULTURES

V.1 Introduction :

L'estimation des besoins en eau du périmètre irrigué constitue une étape cruciale dans les études d'aménagement hydro agricole. Cette étude tient compte des informations de base telles que les conditions climatiques, cultures envisageables, potentialités des sols, l'eau disponible, fertilité des sols, pratique culturale et méthodes d'irrigation.

V.2 Besoin en eau du périmètre :

Selon Doorenbos et Pruitt (1976) : « Le besoin en eau d'une culture est la quantité d'eau nécessaire pour compenser l'évapotranspiration d'une culture en bon état sanitaire, établit 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 ». La détermination des besoins en eau d'une culture nécessite une bonne connaissance des plantes et aussi les données climatiques et pédologiques de la région pour pouvoir estimer la réserve en eau utile du sol 'RU' et la réserve facilement utilisable par la plante 'RFU'.

V.2.1 Évapotranspiration potentielle de référence (ET_o) :

C'est l'ensemble des pertes en eau d'une culture de référence (gazon) couvrant totalement le terrain, ayant une hauteur uniforme de quelques centimètres, au stade de développement végétatif maximal et suffisamment pourvue en eau.

Pour obtenir l'évapotranspiration de référence on utilise des méthodes basées sur des variables climatiques, parmi ces méthodes :

- Méthodes empiriques
- Méthodes des stations expérimentales
- Méthodes directes de l'évaporation
- Méthodes lysimètre

Concernant les méthodes empiriques, il existe des formules de calcul qui sont :

- Penman
- Thornthwaite
- Penman- Monteith modifiée.
- Turc
- Blaney – Cridle

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.

La formule de Mr Penman et Monteith modifiée se présentant comme suit :

$$ET_0 = C \times [w \times Rn + (1 - w) \times F(u) \times (ea - ed)]$$

- C : facteur de correction pour compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.
- ET_0 : représente l'évapotranspiration de référence, exprimée en mm / jour.
- w : facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différente température et altitude.
- Rn : rayonnement net d'évaporation équivalente exprimé en mm/ j
- $F(u)$: fonction liée au vent.
- ea : tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars.
- ed : tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.
- $(ea - ed)$: constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

Le calcul de l'évapotranspiration de référence de notre étude a été effectué à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0, fondé sur la méthode de Mr Penman et Monteith.

Pour exploiter le logiciel, nous devons fournir les données climatiques mensuelles de la station météorologique à savoir :

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

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET_0 calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau V-1 Evapotranspiration de référence de la zone de projet selon Penman & Monteith

Month	Min temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	ETo
	°C	°C	%	m/s	Heures	MJ/m ² /jour	mm/mois
January	1	12.3	74	3	5.9	8.9	48.13
February	3	13.6	67	3.4	5.7	10.8	56.01
March	2.9	17.7	63	3.6	7	13	82.24
April	6.2	20.9	60	4.1	7.8	15.6	95.8
May	10.7	26.5	63	3.8	9.1	17.7	127.87
June	14.9	32.3	47	3.9	10.3	18.2	163.53
July	17.5	36	39	3.9	11.6	19.5	200.3
August	17.7	35.1	44	3.8	10.7	18.8	196.04
September	14.1	29	56	3.4	8.7	17.2	149.41
October	10.1	24.3	61	3.2	7.5	14.3	119.96
November	4.6	16.7	67	3.5	6.3	11.6	82.77
December	1.4	12.4	74	3.3	5.8	9.3	61.81
Average	8.7	23.1	59	3.6	8	14.6	1383.87

Observation : L’analyse, du tableau ci-dessus, nous indique que les valeurs d’ETo ont variées d’un mois à un autre durant la période de 1996 -2016 (20ans). Elle nous montre que la valeur mensuelle maximale de l’évaporation est enregistrée au mois de juillet avec 200.3 mm et la valeur mensuelle minimale est enregistrée au mois de janvier avec 48.13 mm.

V.2.2 Pluie efficace (Peff) :

Les précipitations ne profitent pas totalement à la zone racinaire. Il faut tenir compte des éléments suivantes :

- Les très fortes pluies à caractère orageux peuvent conduire à un ruissellement important. La fraction ruisselée dépend de la durée et de l’intensité de la précipitation, de la topographie, de la couverture végétale, de la conductivité hydraulique du sol, de l’état d’humidité initial etc.
- Les pluies trop faibles (inferieures à 5 ou 10 mm) ne contribuent guère à réapprovisionner la réserve en eau du sol, car elles ne pénètrent que très peu.
- Les pluies de longue durée peuvent amener le sol à une humidité supérieure à la capacité de rétention si bien qu’une partie est perdue par percolation en dessous de la zone racinaire.

Plusieurs méthodes permettent de calculer ces pluies efficaces, mais ici nous retenons la méthode de pourcentage détaillée comme suit :

$$P_{eff} = P_{p\%} \times 0.8$$

Avec :

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

- $P_{p\%}$: pluie mensuelle de probabilité 80% en (mm/mois).

Tableau V-2 Calcul des pluies efficaces pour chaque mois en mm

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Année
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
$P_{P80\%}$	24.3	20.2	15.6	16.7	19	14.3	20.4	22.8	24.5	11.1	4.5	8.3	202
P_{eff}	19.5	16.2	12.5	13.4	15.2	11.5	16.5	18.2	19.6	8.9	3.6	6.7	161.6

V.2.3 Calcul des besoins en eau d’irrigation des cultures :

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

$$B = ETM - (P_{eff} + RFU)$$

Telle que :

- B : besoin en eau d'irrigation (mm).
- P_{eff} : est la pluie efficace.
- ETM : évapotranspiration (mm /mois).

Telle que :

Avec :

- ET_0 : l'évapotranspiration de référence.
- Kc : coefficient cultural.
- RFU : Réserve facilement utilisable qui représente l’humidité du sol du mois, on a :

$$RFU = (H_{cc} - H_{pf}) * Y * Da * Z$$

Avec :

- H_{cc} : humidité à la capacité au champ
- H_{pf} : humidité au point de flétrissement
- Y : degré de tarissement $Y = 2/3$
- Da : densité apparente
- Z : profondeur d'enracinement mm

V.2.4 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.

V.2.4.a Cultures proposées :

Les scénarios d’occupation des sols retenus pour le projet sont donnés par le tableau suivant :

Tableau.V.3 : Scénarios d’occupation du sol par l’ensemble de l’exploitation du périmètre

Scénario	Céréales %	Fourrages %	Maraichage %	Arboriculture %	Total %
1	70	15	10	5	100
2	45	15	30	10	100
3	35	15	35	15	100
4	30	10	35	25	100

Dans notre mémoire, on propose le scenario 3 qui est un scenario équilibré. La gamme des cultures proposées relatives aux cultures envisageables dans notre scénario est indiquée dans le tableau ci-dessous

Tableau V-3 Occupation de sol en fonction des cultures

Les cultures	Surface (%)	Surface (Ha)
La céréaliculture : ▪ Blé dur ▪ Blé tendre ▪ Orge grain	35	180.25
Les cultures fourragères : ▪ Orge en vert ▪ Luzerne	15	77.25
Le maraîchage : ▪ Pomme de terre ▪ Ail /Oignon vert ▪ Tomate ▪ courgette ▪ Choux ▪ Betterave ▪ Haricot ▪ Oignon vert ▪ Ail ▪ Petit pois	35	180.25
L’arboriculture : ▪ Olivier ▪ Pommiers	15	77.25
Total	100	515

V.2.4.b Identification des principaux types d’assolement :

La pratique des assolements a pour but principal de maximiser les revenus et minimiser les risques de fluctuation de la fertilité de sol, d’une année à l’autre, elle permet l’association et la combinaison des grandes classes de cultures, à savoir : les maraîchages, arboriculture, céréaliculture, fourragères suivant la taille des exploitations, les moyens financiers, les capacités techniques et de la gestion des agriculteurs. L’assolement proposé est détaillé dans le Tableau V-4

Tableau V-4 Les assolements proposés

Assolement 1	Assolement 2
Blé dur	Orge en vert
Orge grain	Betterave
Luzerne	Blé
Ail + Oignon vert	Tomate
Pomme de terre (s)	Haricot
Pomme de terre (As)	Tomate
Tomate (as)	Orge en vert
Chou	Petits pois
Courgette	Ail
Hors assolement : Arboriculture Olivier et Pommiers	Hors assolement : Arboriculture Olivier et Pommiers

V.2.4.c Avantages de la rotation des cultures

La rotation culturale (ou rotation des cultures) est, en agriculture, la suite de cultures échelonnées au fil des années sur une même parcelle. C’est un élément important de la gestion de la fertilité des sols, et donc un atout pour l’augmentation des rendements. Un autre avantage de la rotation des cultures, c’est que l’agriculteur peut réduire les infections de bactéries, virus et parasite qui affectent certaines cultures.

Un inconvénient de la rotation des cultures est que l’agriculteur doit disposer d’un équipement supplémentaire pour être en mesure de recueillir plus de cultures. La rotation des cultures peut être un outil important pour management des terres.

V.2.5 Cycle végétatif des cultures :

Le cycle végétatif des différentes cultures sont présentés dans le Tableau V-5:

Tableau V-6 Cycle végétatif des cultures. (FAO N°24)

Cultures	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout
Blé			←								→	
Orge			←								→	
Luzerne	←											→
Ail + oignon		←				→						
Pomme de terre (s)		←				→						
Pomme de terre (as)								←				→
Tomate								←				→
Choux	←					→						
Courgette	→											←
Betterave				←								→
Haricot	→											←
Oignon		←										→
Petit pois					←							→
Ail											←	
Oliviers	←											→
Pommiers	←											→

V.2.6 Calcul des besoins en eau des cultures :

Les besoins en eau sont calculés comme suit :

Tableau V-7 Calcul des besoins en eau du Blé dur

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU Théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	24.3	19.5	149.41						
Oct	20.2	16.2	119.96						
Nov	15.6	12.5	82.77	0.3	29.6	14.8	0.4	33.11	20.61
Dec	16.7	13.4	61.81	0.5	49.5	49.5	0.65	40.18	11.98
Jan	19	15.2	48.13	0.5	49.5	49.5	0.9	43.32	
Fév	14.3	11.5	56.01	0.6	59.4	59.4	1	56.01	
Mars	20.4	16.5	82.24	0.6	59.4	59.4	1.05	86.35	10.46
Avril	22.8	18.2	95.8	0.6	59.4	29.7	0.85	81.43	3.84
Mai	24.5	19.6	127.87	0.6	59.4	29.7	0.6	76.72	27.43
Juin	11.1	8.9	163.53	0.6	59.4	0	0.35	57.24	18.64
Juill	4.5	3.6	200.3						
Aout	8.3	6.7	196.04						

Tableau V-8 Calcul des besoins en eau de l'orge grain

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU Théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	24.3	19.5	149.41						
Oct	20.2	16.2	119.96						
Nov	15.6	12.5	82.77	0.3	29.7	14.8	0.4	33.11	20.61
Dec	16.7	13.4	61.81	0.5	49.5	49.5	0.65	40.18	11.93
Jan	19	15.2	48.13	0.5	49.5	49.5	0.9	43.32	
Fév	14.3	11.5	56.01	0.6	59.4	59.4	0.9	50.41	
Mars	20.4	16.5	82.24	0.6	59.4	59.4	0.9	74.02	
Avril	22.8	18.2	95.8	0.6	59.4	29.7	0.85	81.43	3.84
Mai	24.5	19.6	127.87	0.6	59.4	29.7	0.6	76.72	27.43
Juin	11.1	8.9	163.53	0.6	59.4	0.0	0.35	57.24	18.64
Juil	4.5	3.6	200.3						
Aout	8.3	6.7	196.04						

Tableau V-9 Calcul des besoins en eau de la luzerne

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU Théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	24.3	19.5	149.41	0.4	39.6	0.0	0.65	97.12	77.62
Oct	20.2	16.2	119.96	0.4	39.6	19.8	0.65	77.97	61.77
Nov	15.6	12.5	82.77	0.7	69.3	34.6	0.7	57.94	25.64
Dec	16.7	13.4	61.81	0.9	89.1	89.1	0.8	49.45	1.40
Jan	19	15.2	48.13	1	99.0	99.0	0.9	43.32	
Fév	14.3	11.5	56.01	1.2	118.8	118.8	0.95	53.21	
Mars	20.4	16.5	82.24	1.2	118.8	118.8	1.05	86.35	
Avril	22.8	18.2	95.8	1.2	118.8	59.4	1.05	100.59	
Mai	24.5	19.6	127.87	1.2	118.8	59.4	1.15	147.05	68.06
Juin	11.1	8.9	163.53	1.2	118.8	0.0	1.2	196.24	127.94
Juil	4.5	3.6	200.3	1.2	118.8	0.0	0.8	160.24	156.64
Aout	8.3	6.7	196.04	1.2	118.8	0.0	0.8	156.83	150.13

Tableau V-10: Calcul des besoins en eau de l'ail/oignon vert

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU Théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	24.3	19.5	149.41						
Oct	20.2	16.2	119.96	0.4	39.6	19.8	0.5	59.98	43.78
Nov	15.6	12.5	82.77	0.4	39.6	19.8	0.75	62.08	29.78
Dec	16.7	13.4	61.81	0.4	39.6	39.6	0.95	58.72	25.52
Jan	19	15.2	48.13	0.4	39.6	39.6	0.95	45.72	
Fév	14.3	11.5	56.01	0.4	39.6	39.6	0.7	39.21	
Mars	20.4	16.5	82.24						
Avril	22.8	18.2	95.8						
Mai	24.5	19.6	127.87						
Juin	11.1	8.9	163.53						
Juil	4.5	3.6	200.3						
Aout	8.3	6.7	196.04						

Tableau V-11 Calcul des besoins en eau de la pomme de terre (s)

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU Théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	24.3	19.5	149.41						
Oct	20.2	16.2	119.96	0.4	39.6	19.8	0.5	59.98	43.78
Nov	15.6	12.5	82.77	0.6	59.4	29.7	0.7	57.94	25.64
Dec	16.7	13.4	61.81	0.6	59.4	59.4	1	61.81	18.71
Jan	19	15.2	48.13	0.6	59.4	59.4	0.75	36.10	
Fév	14.3	11.5	56.01						
Mars	20.4	16.5	82.24						
Avril	22.8	18.2	95.8						
Mai	24.5	19.6	127.87						
Juin	11.1	8.9	163.53						
Juil	4.5	3.6	200.3						
Aout	8.3	6.7	196.04						

Tableau V-12 Calcul des besoins en eau de la pomme de terre (as)

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU Théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	24.3	19.5	149.41						
Oct	20.2	16.2	119.96						
Nov	15.6	12.5	82.77						
Dec	16.7	13.4	61.81						
Jan	19	15.2	48.13						
Fév	14.3	11.5	56.01						
Mars	20.4	16.5	82.24	0.4	39.6	39.6	0.75	61.68	45.18
Avril	22.8	18.2	95.8	0.6	59.4	29.7	1.1	105.38	47.59
Mai	24.5	19.6	127.87	0.6	59.4	29.7	1.2	153.44	104.15
Juin	11.1	8.9	163.53	0.6	59.4	0.0	0.75	122.65	84.05
Juil	4.5	3.6	200.3						
Aout	8.3	6.7	196.04						

Tableau V-13 Calcul des besoins en eau de la tomate

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU Théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	24.3	19.5	149.41						
Oct	20.2	16.2	119.96						
Nov	15.6	12.5	82.77						
Dec	16.7	13.4	61.81						
Jan	19	15.2	48.13						
Fév	14.3	11.5	56.01						
Mars	20.4	16.5	82.24	0.7	69.3	69.3	0.5	41.12	24.62
Avril	22.8	18.2	95.8	0.9	89.1	44.5	0.85	81.43	
Mai	24.5	19.6	127.87	1.2	118.8	59.4	1.15	147.05	82.91
Juin	11.1	8.9	163.53	1.2	118.8	0.0	0.85	139.00	70.71
Juil	4.5	3.6	200.3						
Aout	8.3	6.7	196.04						

Tableau V-14 Calcul des besoins en eau du chou

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU Théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	24.3	19.5	149.41	0.3	29.7	0.0	0.5	74.71	55.21
Oct	20.2	16.2	119.96	0.4	39.6	19.8	0.7	83.97	67.77
Nov	15.6	12.5	82.77	0.5	49.5	24.7	0.95	78.63	46.33
Dec	16.7	13.4	61.81	0.6	59.4	59.4	0.8	49.45	11.30
Jan	19	15.2	48.13						
Fév	14.3	11.5	56.01						
Mars	20.4	16.5	82.24						
Avril	22.8	18.2	95.8						
Mai	24.5	19.6	127.87						
Juin	11.1	8.9	163.53						
Juil	4.5	3.6	200.3						
Aout	8.3	6.7	196.04						

Tableau V-15 Calcul des besoins en eau de la courgette

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU Théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	24.3	19.5	149.41	0.6	59.4	0.0	0.85	127.00	107.50
Oct	20.2	16.2	119.96						
Nov	15.6	12.5	82.77						
Dec	16.7	13.4	61.81						
Jan	19	15.2	48.13						
Fév	14.3	11.5	56.01						
Mars	20.4	16.5	82.24						
Avril	22.8	18.2	95.8						
Mai	24.5	19.6	127.87						
Juin	11.1	8.9	163.53	0.4	39.6	0.0	0.5	81.77	72.87
Juil	4.5	3.6	200.3	0.45	44.5	0.0	0.75	150.23	146.63
Aout	8.3	6.7	196.04	0.5	49.5	0.0	0.85	166.63	159.93

Tableau V-16 Calcul des besoins en eau du l'orge en vert

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU Théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	24.3	19.5	149.41						
Oct	20.2	16.2	119.96						
Nov	15.6	12.5	82.77	0.3	29.7	14.8	0.4	33.11	20.61
Dec	16.7	13.4	61.81	0.5	49.5	49.5	0.65	40.18	11.93
Jan	19	15.2	48.13	0.5	49.5	49.5	0.9	43.32	
Fév	14.3	11.5	56.01	0.6	59.4	59.4	0.9	50.41	
Mars	20.4	16.5	82.24	0.6	59.4	59.4	0.9	74.02	
Avril	22.8	18.2	95.8	0.6	59.4	29.7	0.85	81.43	3.84
Mai	24.5	19.6	127.87	0.6	59.4	29.7	0.6	76.72	27.43
Juin	11.1	8.9	163.53	0.6	59.4	0.0	0.35	57.24	18.64
Juil	4.5	3.6	200.3						
Aout	8.3	6.7	196.04						

Tableau V-17 Calcul des besoins en eau de betterave

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU Théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	24.3	19.5	149.41						
Oct	20.2	16.2	119.96						
Nov	15.6	12.5	82.77	0.5	49.5	24.7	0.4	33.11	20.61
Dec	16.7	13.4	61.81	0.9	89.1	89.1	0.5	30.91	
Jan	19	15.2	48.13	0.9	89.1	89.1	0.7	33.69	
Fév	14.3	11.5	56.01	0.95	94.0	94.0	0.8	44.81	
Mars	20.4	16.5	82.24	0.9	89.1	89.1	0.95	78.13	
Avril	22.8	18.2	95.8	0.7	69.3	34.6	0.6	57.48	
Mai	24.5	19.6	127.87						
Juin	11.1	8.9	163.53						
Juil	4.5	3.6	200.3						
Aout	8.3	6.7	196.04						

Tableau V-18 Calcul des besoins en eau du Blé

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU Théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	24.3	19.5	149.41						
Oct	20.2	16.2	119.96						
Nov	15.6	12.5	82.77	0.3	29.6	14.8	0.4	33.11	20.61
Dec	16.7	13.4	61.81	0.5	49.5	49.5	0.65	40.18	11.98
Jan	19	15.2	48.13	0.5	49.5	49.5	0.9	43.32	
Fév	14.3	11.5	56.01	0.6	59.4	59.4	1	56.01	
Mars	20.4	16.5	82.24	0.6	59.4	59.4	1.05	86.35	10.46
Avril	22.8	18.2	95.8	0.6	59.4	29.7	0.85	81.43	3.84
Mai	24.5	19.6	127.87	0.6	59.4	29.7	0.6	76.72	27.43
Juin	11.1	8.9	163.53	0.6	59.4	0	0.35	57.24	18.64
Juil	4.5	3.6	200.3						
Aout	8.3	6.7	196.04						

Tableau V-19 Calcul des besoins en eau de la tomate

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU Théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	24.3	19.5	149.41						
Oct	20.2	16.2	119.96						
Nov	15.6	12.5	82.77						
Dec	16.7	13.4	61.81						
Jan	19	15.2	48.13						
Fév	14.3	11.5	56.01						
Mars	20.4	16.5	82.24	0.7	69.3	69.3	0.5	41.12	24.62
Avril	22.8	18.2	95.8	0.9	89.1	44.5	0.85	81.43	
Mai	24.5	19.6	127.87	1.2	118.8	59.4	1.15	147.05	82.91
Juin	11.1	8.9	163.53	1.2	118.8	0.0	0.85	139.00	70.71
Juil	4.5	3.6	200.3						
Aout	8.3	6.7	196.04						

Tableau V-20 Calcul des besoins en eau du haricot

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU Théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	24.3	19.5	149.41	0.7	69.3	0.0	0.9	134.47	114.97
Oct	20.2	16.2	119.96	0.7	69.3	34.6	0.85	101.97	85.77
Nov	15.6	12.5	82.77						
Dec	16.7	13.4	61.81						
Jan	19	15.2	48.13						
Fév	14.3	11.5	56.01						
Mars	20.4	16.5	82.24						
Avril	22.8	18.2	95.8						
Mai	24.5	19.6	127.87						
Juin	11.1	8.9	163.53	0.5	49.5	0.0	0.5	81.77	72.87
Juil	4.5	3.6	200.3	0.5	49.5	0.0	0.65	130.20	126.60
Aout	8.3	6.7	196.04	0.7	69.3	0.0	0.95	186.24	179.54

Tableau V-21 Calcul des besoins en eau de l'oignon vert

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU Théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	24.3	19.5	149.41						
Oct	20.2	16.2	119.96	0.5	49.5	24.7	0.4	47.98	31.78
Nov	15.6	12.5	82.77	0.75	74.2	37.1	0.4	33.11	
Dec	16.7	13.4	61.81	0.95	94.0	94.0	0.4	24.72	
Jan	19	15.2	48.13	0.95	94.0	94.0	0.4	19.25	
Fév	14.3	11.5	56.01	0.75	74.2	74.2	0.4	22.40	
Mars	20.4	16.5	82.24						
Avril	22.8	18.2	95.8						
Mai	24.5	19.6	127.87						
Juin	11.1	8.9	163.53						
Juil	4.5	3.6	200.3						
Aout	8.3	6.7	196.04						

Tableau V-22 Calcul des besoins en eau des petits pois

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU Théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	24.3	19.5	149.41						
Oct	20.2	16.2	119.96						
Nov	15.6	12.5	82.77						
Dec	16.7	13.4	61.81	0.4	39.6	39.6	0.45	27.81	14.41
Jan	19	15.2	48.13	0.7	69.3	69.3	0.8	38.50	
Fév	14.3	11.5	56.01	0.7	69.3	69.3	1	56.01	
Mars	20.4	16.5	82.24	0.7	69.3	69.3	0.95	78.13	
Avril	22.8	18.2	95.8	0.7	69.3	34.6	0.5	47.90	
Mai	24.5	19.6	127.87						
Juin	11.1	8.9	163.53						
Juil	4.5	3.6	200.3						
Aout	8.3	6.7	196.04						

Tableau V-23 Calcul des besoins en eau de l'ail

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU Théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	24.3	19.5	149.41						
Oct	20.2	16.2	119.96						
Nov	15.6	12.5	82.77						
Dec	16.7	13.4	61.81						
Jan	19	15.2	48.13						
Fév	14.3	11.5	56.01						
Mars	20.4	16.5	82.24						
Avril	22.8	18.2	95.8						
Mai	24.5	19.6	127.87	0.4	39.6	19.8	1	127.87	108.27
Juin	11.1	8.9	163.53	0.4	39.6	0.0	1.05	171.71	143.01
Juil	4.5	3.6	200.3	0.4	39.6	0.0	1.05	210.32	206.72
Aout	8.3	6.7	196.04	0.4	39.6	0.0	1.05	205.84	199.14

Tableau V-24 Calcul des besoins en eau des oliviers

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU Théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	24.3	19.5	149.41	1.5	148.5	0.0	0.85	127.00	107.50
Oct	20.2	16.2	119.96	1.5	148.5	74.2	0.85	101.97	85.77
Nov	15.6	12.5	82.77	1.5	148.5	74.2	0.75	62.08	
Dec	16.7	13.4	61.81	1.5	148.5	148.5	0.65	40.18	
Jan	19	15.2	48.13	1.5	148.5	148.5	0.65	31.28	
Fév	14.3	11.5	56.01	1.5	148.5	148.5	0.65	36.41	
Mars	20.4	16.5	82.24	1.5	148.5	148.5	0.65	53.46	
Avril	22.8	18.2	95.8	1.5	148.5	74.2	0.65	62.27	
Mai	24.5	19.6	127.87	1.5	148.5	74.2	0.65	83.12	
Juin	11.1	8.9	163.53	1.5	148.5	0.0	0.85	139.00	55.86
Juil	4.5	3.6	200.3	1.5	148.5	0.0	0.85	170.26	166.66
Aout	8.3	6.7	196.04	1.5	148.5	0.0	0.85	166.63	159.93

Tableau V-25 Calcul des besoins en eau des pommiers

Mois	Pmoy	Peff	ET0	Z	RFU Théo	RFU réelle	KC	ETM	B (mm)
Sept	24.3	19.5	149.41	1.5	148.5	0.0	0.7	104.59	85.09
Oct	20.2	16.2	119.96	1.5	148.5	74.2	0.7	83.97	67.77
Nov	15.6	12.5	82.77	1.5	148.5	74.2	0.7	57.94	
Dec	16.7	13.4	61.81	1.5	148.5	148.5	0.7	43.27	
Jan	19	15.2	48.13	1.5	148.5	148.5	0.7	33.69	
Fév	14.3	11.5	56.01	1.5	148.5	148.5	0.7	39.21	
Mars	20.4	16.5	82.24	1.5	148.5	148.5	0.8	65.79	
Avril	22.8	18.2	95.8	1.5	148.5	74.2	0.85	81.43	
Mai	24.5	19.6	127.87	1.5	148.5	74.2	0.85	108.69	14.85
Juin	11.1	8.9	163.53	1.5	148.5	0.0	0.7	114.47	31.33
Juil	4.5	3.6	200.3	1.5	148.5	0.0	0.7	140.21	136.61
Aout	8.3	6.7	196.04	1.5	148.5	0.0	0.7	137.23	130.53

L'Estimation des besoins en eau pour chaque culture pour chaque assolement est donnée dans les tableaux, Tableau V.26 et Tableau V.27:

Tableau V-26 Récapitulatif des besoins pour l'assolement 1

Mois	Blé	Orge en grain	Luzerne	Ail+ Oignon vert	Pomme de terre(s)	Pomme de terre(as)	Tomate	Chou	Courgette	Olivier	Pommier	Max	Total
Sep			77.62					55.21	107.5	107.5	85.09	107.5	432.92
Oct			61.77	43.78	43.78			67.77		85.77	67.77	85.77	370.64
Nov	20.61	20.61	25.64	29.78	25.64			46.33				46.33	168.61
Dec	11.98	11.93	1.4	25.52	18.71			11.3				25.52	80.84
Jan												0	0
Fév												0	0
Mars	10.46					45.18	24.62					45.18	80.26
Avril	3.84	3.84				47.59						47.59	55.27
Mai	27.43	27.43	68.06			104.15	82.91				14.85	104.15	324.83
Juin	18.64	18.64	127.94			84.05	70.71		72.87	55.86	31.33	127.94	480.04
Juill			156.64						146.63	166.66	136.61	166.66	<u>606.54</u>
Aout			150.13						159.93	159.93	130.53	159.93	600.52

Tableau V-27 Récapitulatif des besoins pour l'assolement 2

Mois	Orge en vert	Betterave	Blé	Tomate	Haricot	Tomate	Oignon vert	Petit pois	Ail	Olivier	Pommier	Max	Total
Sep					114.97					107.5	85.09	114.97	307.56
Oct					85.77		31.78			85.77	67.77	85.77	271.09
Nov	20.61	20.61	20.61									20.61	61.83
Dec	11.93		11.98					14.41				14.41	38.32
Jan												0	0
Fév												0	0
Mars			10.46	24.62		24.62						24.62	59.7
Avril	3.84		3.84									3.84	7.68
Mai	27.43		27.43	82.91		82.91			108.27		14.85	108.27	343.8
Juin	18.64		18.64	70.71	72.87	70.71			143.01	55.86	31.33	143.01	481.77
Juill					126.6				206.72	166.66	136.61	206.72	636.59
Aout					179.54				199.14	159.93	130.53	199.14	<u>669.14</u>

V.3 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 24 heures sur 24 afin d'assurer les besoins de la consommation mensuelle.

$$qs = \frac{Bnet \times 10 \times 1000}{Nj \times Ni \times 3600 \times Ei} \text{ l/s/ha} \dots\dots 1$$

Avec :

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

Ni : nombre des heures d'irrigation=24h

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

Ei : Efficience d'irrigation=75%

On calcule les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant (Assolement I) D'où les besoins de pointe correspondent au mois de juillet

$$Bnet = 606.54 \text{ mm/mois}$$

$$qs = 3.12 \text{ l/s/ha} > 1.5 \text{ l/s/ha}$$

Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1.5 l/s/ha

Pour y remédier On prend donc le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe, (Olivier, B=166.66 mm)

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

$$qs = 0.9 \text{ l/s/ha}$$

V.4 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 :

$$Qcar = qs.S\dots\dots 2$$

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

S : la superficie nette à irriguer = 515 ha

$$Qcar = 0.9 * 515 = 463.5 \text{ l/s}$$

V.5 Estimation des volumes d'eau d'irrigation

L'estimation des volumes d'eau d'irrigation permet de prévoir les volumes d'eau stockés dans la retenue et d'effectuer un meilleur calendrier d'arrosage.

Le volume des besoins en eau = le besoin de la culture (m^3) * la surface de la culture.

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

Tableau V-28 volume d'eau d'irrigation.

Type des cultures	Surface (Ha)	Besoins en eau net (mm)	Besoins en eau net (m^3 /ha)	Besoins en eau brut (m^3 /ha)	Besoins brut totaux (m^3)
La céréaliculture	180.25				
Blé tendre	90.125	92.96	929.6	1239.47	111707.23
Luzerne	90.125	669.2	6692	8922.67	804155.63
Les fourragères	77.25				
Orge en grain	77.25	82.45	824.5	1099.33	84923.24
Le maraichage	180.25				
Ail +oignon vert	38.725	99.08	990.8	1321.07	51158.44
Pomme de terre (s)	38.725	88.13	881.3	1175.07	45504.59
Pomme de terre (as)	25.7	280.97	2809.7	3746.27	96279.14
Tomate	25.7	178.24	1782.4	2376.53	61076.82
Chou	25.7	180.61	1806.1	2408.13	61888.94
Courgette	25.7	486.93	4869.3	6492.40	166854.68
Les arboricultures	77.25				
Oliviers	38.625	575.72	5757.2	7676.27	296495.93
Pommiers	38.625	466.18	4661.8	6215.73	240082.57
Besoins total					2020127.21

On remarque que le volume nécessaire pour les besoins des cultures sur notre périmètre durant toute leur période végétative est de l'ordre de $2.1 Hm^3$. Et comme le barrage d'alimentation est de capacité de $14 Hm^3$ ce qui explique qu'on peut extraire ce volume à partir du barrage Koudiat Medaouar.

V.6 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons choisi les cultures qu'on va implanter dans notre périmètre et nous avons déterminé leurs besoins en eau, ce qui nous a permis d'estimer le débit spécifique de notre périmètre en tenant compte de la culture la plus exigeante à causes des contraintes agricoles et agronomique. En deuxième lieu, nous avons calculé les besoins en eau totaux du périmètre et déduit que la capacité de la retenue (Barrage Koudiat Medaouar) suffit largement pour irriguer le périmètre Touffana.

Chapitre VI: ETUDE DU SYSTEME D'ADDUCTION

Introduction :

Notre attention dans ce présent chapitre est d'accentuer à la mise au point de la méthodologie d'optimisation du réseau de distribution d'irrigation, qu'est constitué essentiellement par des canalisations enterrées, livrant l'eau sous pression ou gravitaire aux différents exploitants, par l'intermédiaire des bornes (prises) d'arrosages.

VI.1 Alimentation en eau du périmètre :

Notre périmètre d'étude est divisé en 10 secteurs. Dans notre étude nous avons travaillé sur le 5ème secteur qui a une superficie de 515 Ha, sera irrigué à partir du barrage de Koudiat Medaouar qui a une capacité initiale de 14 Hm^3 .

VI.2 Organisation et structure du périmètre :

L'organisation du périmètre est la première contrainte dans l'aménagement d'un périmètre d'irrigation. Le périmètre de Touffana est situé à l'aval de barrage de Koudiat Meddour et la surface totale est de 515 ha.

VI.3 Ilots et bornes d'irrigation : (Guide sectoriel Irrigation ASEG)

Le terme « Ilot d'irrigation » décrit l'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 parcelles...etc. On admet généralement que l'implantation des bornes, pour les zones de petites et moyennes exploitations, doit répondre aux critères suivants :

- Une prise par ilot d'exploitations.
- Quatre (04) prises maximum sur une même borne.
- Bornes implantées en limites d'ilots ou au centre pour les grands ilots.

VI.4 Rôle et fonction de la borne d'irrigation :

Chaque ilot sera équipé d'un ouvrage de desserte appelé borne d'irrigation, qui comporte une ou plusieurs sorties ou « prises » suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément.

La borne assure quatre fonctions :

- Le vannage
- La stabilisation de la pression
- La limite du débit
- Le comptage du volume d'eau délivré

VI.4.1 Calcul hydraulique aux bornes :

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

$$Qb = qs.Si$$

Avec :

Qb : Débit de chaque ilot (l/s).

qs : Débit spécifique (l/s/ha).

Si : Superficie de l'ilot (ha).

VI.4.2 Choix du diamètre et du type des bornes : (dky.com.tr)

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.

Tableau VI-1 Type de bornes en fonction de superficies des ilots.

Type	Débit fourni	Entrée	Sortie (prise)
Type A2	Q<40 m3/h (11.11) l/s	1 Entrée Ø80,100	2 Entrée Ø65
Type A4	Q<40 m3/h (11.11) l/s	2 Entrée Ø80,100	4 Entrée Ø65
Type B	40 m3/h (11.11 l/s) <Q<80 m3/h (22.22 l/s)	2 Entrée Ø80,100,125	2 Entrée Ø100
Type C	Q>80 m3 /h (33.33 l/s)	2 Entrée Ø80,100,125	1 Entrée Ø150

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

Tableau VI-2 Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes.

N° de l'ilot	Des ilots type	N° de borne	Superficies (ha)	Q(l/s)	Borne type	Diamètre ø (mm)	Nombre de prises
IL1	T01	B1	32.88	40.00	C	100	4
IL2	T02	B2	25.28	30.00	A	100	3
IL3	T03	B3	24.45	30.00	A	100	3
IL4	T04	B4	12.16	15.00	C	80	1
IL5	T05	B5	26.2	40.00	B	100	4
IL6	T06	B6	33.58	40.00	B	100	4
IL7	T07	B7	22.57	30.00	A	100	3
IL8	T08	B8	17.43	20.00	C	80	2
IL9	T09	B9	23.51	30.00	B	100	3
IL10	T10	B10	24.38	30.00	A	100	3
IL11	T11	B11	17.13	20.00	A	80	2
IL12	T12	B12	25.79	30.00	C	100	3
IL13	T13	B13	29.37	40.00	C	100	4
IL14	T14	B14	31.51	40.00	A	100	4
IL15	T15	B15	20	30.00	A	100	3
IL16	T16	B16	30.1	40.00	C	100	4
IL17	T17	B17	26.33	30.00	C	100	4
IL18	T18	B18	22.66	30.00	B	100	3
IL19	T19	B19	20.93	30.00	A	100	3
IL20	T20	B20	24.74	30.00	A	100	3
IL21	T21	B21	24.67	30.00	A	100	3

Tableau VI-3 Nombre d'irrigation du chaque secteur.

Secteur	Superficie (ha)	Nombre d'ilots	Nombre de Bornes	Nombre d'irrigants	Sup. moy. /ilot (ha)	Débit Spécifique (l/s/ha)
1	515	21	21	21	25	0.9

VI.5 Description de l'aménagement du périmètre :

Lors de l'aménagement d'un périmètre d'irrigation, il est nécessaire d'étudier les variantes d'aménagement qui conditionnent le schéma hydraulique à savoir les systèmes d'adduction et de distribution, ceci en fonction de la disponibilité de la source d'eau et on choisit la variante adéquate pour alimenter notre périmètre.

VI.5.1 Choix de la variante d'aménagement :

Le choix de la variante d'aménagement la plus adéquate se fait après étude des deux variantes d'aménagement disponibles, et en fin on choisit celle qui s'adapte mieux en tenant compte des pertes de charge minimales et le meilleur tracé (tracé économique).

VI.5.1.a La variante 1 :

La variante 1 est celle du réseau gravitaire sans pompage et donc sans réservoir. Une conduite enterrée en PEHD part de la chambre des vannes vers la station de tête (ST), qui alimentera le périmètre. Après analyse, cette variante a été écartée du fait des faibles pressions obtenues.

VI.5.1.b La variante 2 :

La variante 2 consiste à alimenter le périmètre à partir d'un pompage qui va alimenter un réservoir de stockage pour garantir les pressions adéquates (généralement à 2 bars) au niveau des bornes.

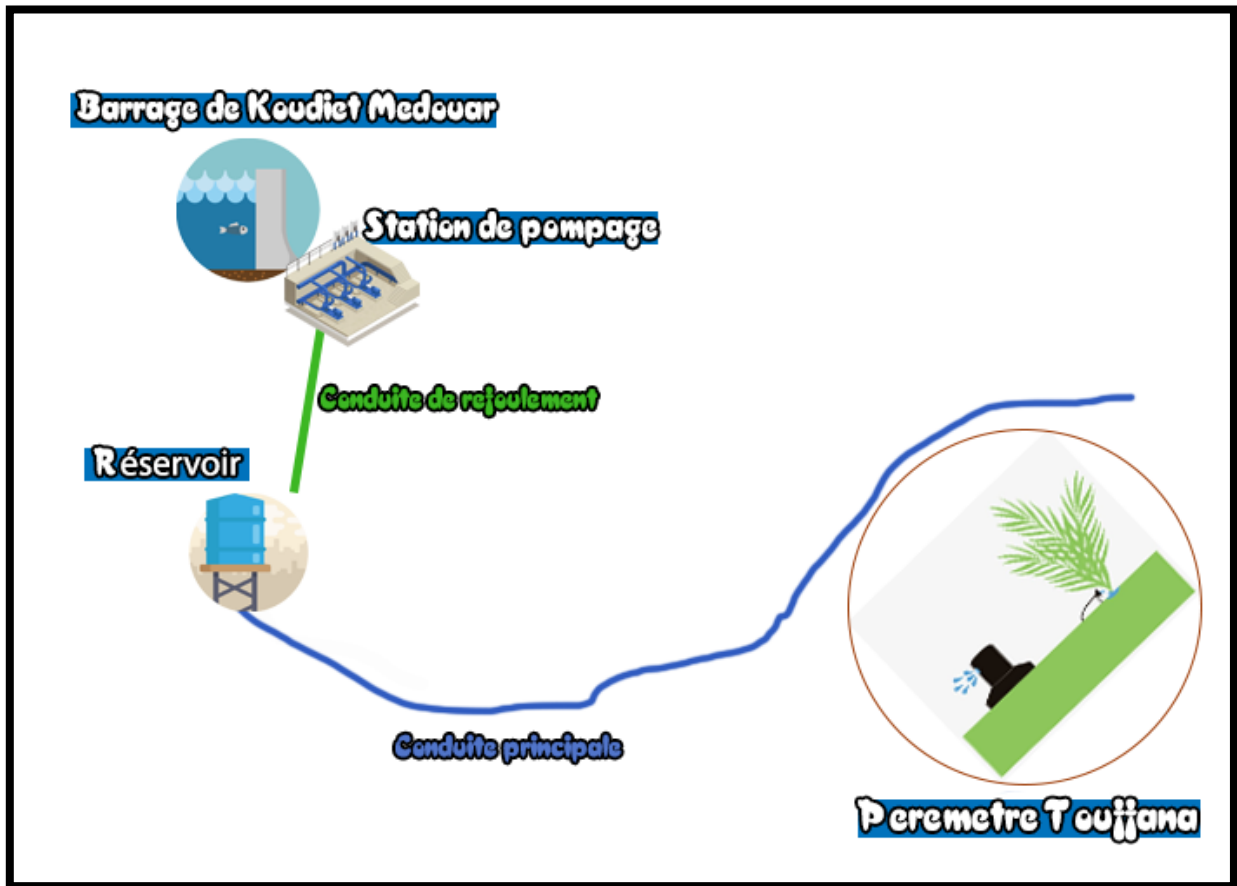


Figure VI-1 Schéma de la variante d'irrigation sous pression.

VI.5.1.c Choix de la variante :

Suivant les besoins de notre étude, nous avons opté pour la variante 2 : variante avec système de pompage qui paraît la plus adéquate.

VI.6 Etude de système de pompage :**VI.6.1 Les pompes :**

- **Les turbopompes**

Les pompes axiales, à écoulement radial, les pompes semi axiales

- **Les pompes à écoulement radial :**

Ce sont les pompes centrifuges au sens strict. Elles permettent de relever des faibles débits sur de fortes hauteurs. La hauteur de refoulement croit 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. Les diamètres d'entrée et de sortie sont comparables.

VI.6.2 Calculs hydrauliques du système d'adduction :

Pour les besoins des calculs hydrauliques du système d'adduction, nous avons les données suivantes :

- Niveau maximal de la retenue Koudiat Medaouar997m
- Niveau minimal de la retenue Koudiat Medaouar.....965m
- Niveau maximal d'eau dans le Réservoir1071m
- Niveau minimal d'eau dans le Réservoir1066m (source : ONID)

Le niveau moyen de la retenue est calculé comme suit :

$$N_{moy} = (N_{max} + N_{min})/2$$

$$N_{moy} = (997 + 965)/2 = 981m$$

VI.6.3 Détermination de la hauteur d'élévation calculée :

La hauteur d'élévation se calcule comme suivant :

$$H_{cal} = H_g + \sum h_p(asp) + \sum h_p(ref) + P_{exh}.....3$$

Avec :

- H_g : Hauteur géométrique (m)
- $\sum h_p(asp)$: Pertes de charges à l'aspiration (m)
- $\sum h_p(ref)$: Pertes de charges au refoulement (m)
- P_{exh} : Pression nécessaire à l'exhaure (sortie du collecteur)
- $P_{exh} = (1,0 \div 1,5) m$; On prend $P_{exh} = 1 m$.

VI.6.3.a Hauteur manométrique totale :

La hauteur manométrique est donnée par la formule :

$$H_{MT} = H_g + \Delta H_p.....4$$

Avec :

- H_{MT} : Hauteur Manométrique Totale en (m) ;
- H_g : Hauteur géométrique en (m). $H_g = H_r - H_a.....5$

H_a : hauteur d'aspiration

On a :

$N_{moy} = 981 \text{ m}$

H_r : cote du réservoir = 1066m

Le débit caractéristique : $Q_C = 463.5 \text{ l/s}$.

Donc, le débit à refouler :

$$Q_{rf} = Q_c * (1.05 \div 1.1)$$

$$Q_{rf} = 463.5 * (1.05) = 487 \text{ l/s} = 0.487 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_g = 1066 - 981 = 85 \text{ m}$$

VI.6.3.b Calcul des pertes de charge totales :

a) Pertes de charge linéaires :

Les pertes de charge sont calculées comme suit :

$$\Delta H_l = I \times L = \lambda \frac{L V^2}{D 2g} \dots\dots 6$$

Avec :

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 :

$$\lambda = (1.14 - 0.86Ln \frac{\xi}{D})^{-2} \text{ (Formule de Nikuradzé) } \dots\dots 7$$

ξ : Rugosité absolue pour la fonte = 0,003 mm.

b) Pertes de charge singulières :

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 à conduite longue.

$$\Delta H_s = 0.1 \times \Delta H_l \dots\dots 8$$

Les résultats des pertes de charge sont représentés dans l'annexe 3.

Donc **HMT=88.36 m**

VI.6.3.c Calcul du diamètre économique :

Le diamètre des conduites de refoulement est approché par la loi de Bonin comme suit

$$D = \sqrt{Q_{ref}} \dots\dots 9$$

Avec :

Q_{ref} : le débit de refoulement en m3/s ;

D : diamètre de la conduite (m).

Donc : $D = \sqrt{0.487} = 0.698 \text{ m} = 698 \text{ mm}$. **On prend 700 mm**

Ce diamètre est approximatif on doit établir une analyse technico-économique pour le choix du diamètre optimale de la conduite de refoulement.

Le dimensionnement de la conduite d'adduction s'établit en cherchant le diamètre économique qui permet de donner un coût de revient minimum entre les dépenses de fonctionnement et celle d'investissement, une étude technico-économique s'avère donc indispensable.

Puissance absorbée par la pompe :

C'est la puissance fournie la pompe, définie comme suit :

$$P = \frac{\rho g * Q * HMT}{\eta} \dots\dots 10$$

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

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

g : pesanteur (9.81 m/s²)

ρ : masse volumique de l'eau (kg/ m³)

Energie consommée par la pompe :

$$E = P * t * 365 \text{ [Kwh]} \dots\dots 11$$

Avec :

t : le temps de pompage par jour en (heure), dans notre cas t =22h.

P : puissance de la pompe en (kW).

Frais d'exploitation :

Les frais d'exploitation sont définis comme suit :

$$F_{ex} = E * e \text{ [DA]} \dots\dots 12$$

Avec :

E : énergie consommée par la pompe en (Kw H) ;

e : prix unitaire d'un KWh imposé par la SONELGAZ (e=4,69DA).

Frais d'amortissement :

Les frais d'amortissement sont donnés comme suit :

$$F_{am} = P_{rc} * A \text{ [DA]} \dots\dots 13$$

Avec :

P_{rc} : prix de la conduite en (DA)

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

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

i: Taux d'annuité annuel, *i* = 8 % ;
A : nombre d'années d'amortissement, *n* = 29 ans.

$$A = \frac{0.08}{(0.08+1)^{29}-1} + 0.08 = 0.0896 \dots\dots 15$$

A = 0.0896

Les frais d'exploitation et d'amortissement sont présentés dans l'Annexe 3.

Les résultats sont résumés dans le tableau VI.4:

Tableau VI-4 Calcul du bilan total.

D (mm)	Amortissement	Exploitation	Bilan
600	5293969.2	20786590.44	26080559.64
700	5971855.5	19872049.57	25843905.07
800	7195278.87	19496726.46	26692005.33
1000	8521999.2	19237372.12	27759371.32

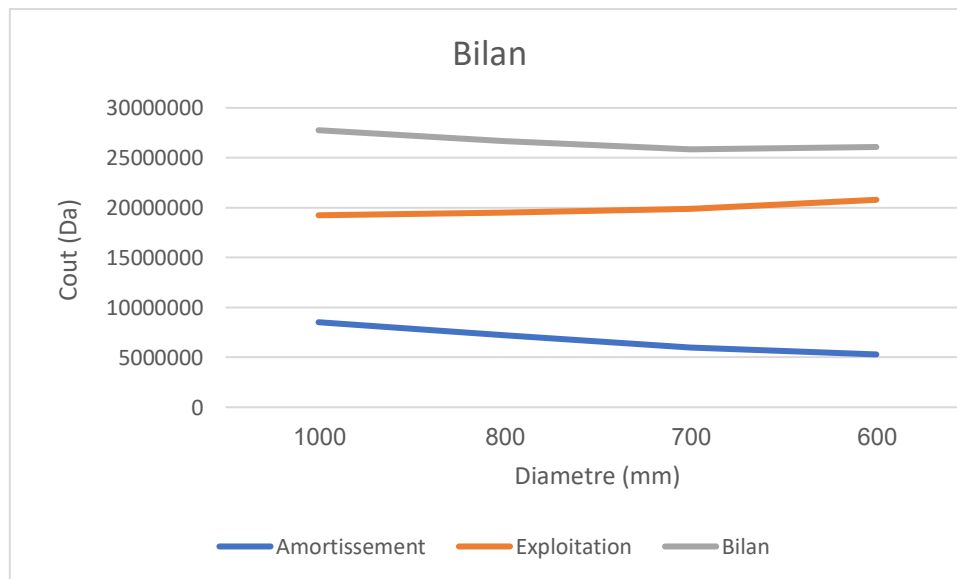


Figure VI-2 Graphe du bilan en fonction diamètre.

D'après le graphe du bilan, on remarque que le diamètre économique est de **700 mm** correspond à une HMT de l'ordre de **88.4 m**.

VI.6.4 Choix des pompes et nombre des pompes :

Les Critères du choix du nombre de pompes sont les suivants :

- Nombre minimal de pompes
- Puissance absorbée minimale
- (NPSH) r minimal
- Meilleur rendement

Les intervalles des nombres de pompes sont présentés dans le Tableau VI.5:

Tableau VI-5 Choix de Nombre de pompes. (SNECOREP 1986)

Nombre de pompes principales	Nombre de pompes de secours
NP ≤4	1 pompe de secours
4 < Np ≤6	2 pompes de secours
Np ≥6	3 pompes de secours

D’après les données recueillies et le choix du diamètre économique, nous avons :

- Le débit d’équipement qui est de 487 l/s.
- La hauteur manométrique totale nécessaire à l’adduction elle est de 88.36 m.
- La conduite de refoulement a un linéaire de 3627 m.

Dans notre cas, nous avons utilisé le logiciel CAPRARI pour le choix du type et du nombre des pompes.

Le tableau VI.6 Englobe le type, le nombre et les caractéristiques de chaque pompe choisie.

Tableau VI-6 Variantes pour le choix du nombre de pompes.

N de pompe	Q (l/s)	HMT (m)	Type de pompe	η %	N (tr/mn)	P (kW)	NPSHr (m)	Ø mm
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	239	88.4	E14S64/3A+M14460	66.1	2900	340	17.4	352
3	156	88.4	E18S64/2DE+M12230	81	2900	170	10.6	445
4	119	88.4	E14S55/2C+M10180	81.4	2900	132	11.1	342
5	97.4	88.4	E12S58/3A+M10150	78.5	2900	110	8.55	264

Après la comparaison entre les caractéristiques des différents nombres de pompe, et pour des raisons technico-économiques, on a choisi la variante de 5 pompes identiques (+2 pompes de secours) qui portent les caractéristiques suivantes.

1. Rendement 78.5 %
2. Puissance absorbée 110 KW
3. NPSHr minimal 8.55. Voir **(Annexe 4)**

La courbe caractéristique de la pompe est comme suit

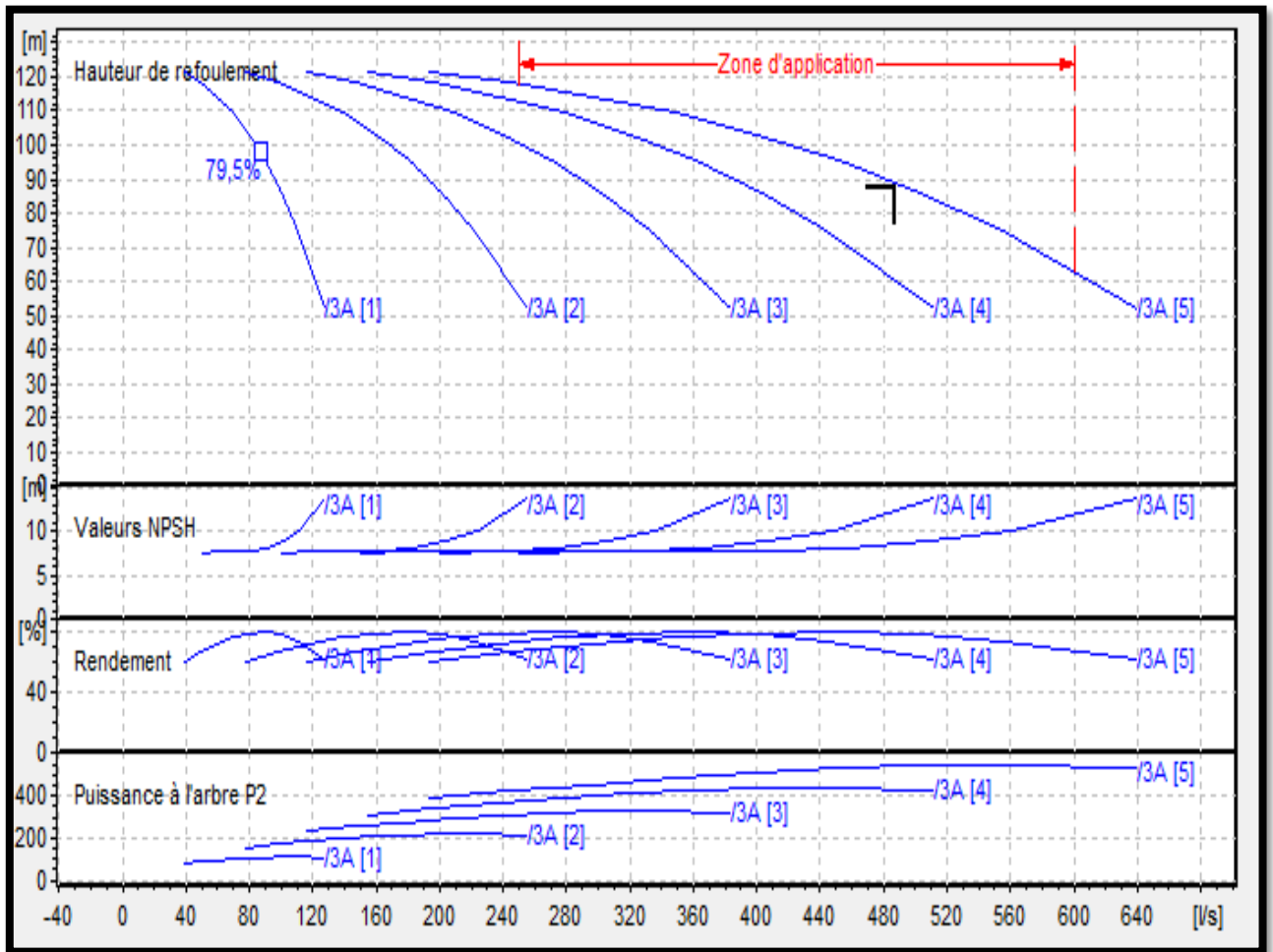


Figure VI-3 Courbe caractéristique de la pompe. (CAPRARI)

VI.6.4.a 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.

La relation qui permet de calculer le $NPSH_d$ est la suivante :

$$NPSH_d = \frac{pa}{\rho g} - Z_E - \Delta H_a - \frac{pv}{\rho g}$$

Avec :

$\frac{pa}{\rho g}$: en mce, la hauteur de pression atmosphérique locale, en fonction de la cote de l’emplacement de la station de pompage

Tableau VI-7 pression atmosphérique en fonction de la cote

H (m)	-50	0	100	300	500	1500	2000
$\frac{pa}{\rho g}$	10.86	10.33	10.20	10.06	9.7	8.6	8.4

Dans notre cas la station de pompage est sur la côte de 965m, donc on pose que $\frac{pa}{\rho g} = 9.2$

pv : en mce, pour la plupart des installations, est en fonction de la température ambiante.

Tableau VI-8 Pression de vapeur en fonction de la température.

T° (c)	5	10	20	30	40	50	80	100
$\frac{pv}{\rho g}$	0.09	0.12	0.24	0.43	0.75	1.24	4.82	10.33

Avec une température d'eau comprise entre 15°C et 20°C, il est commande de prendre $pv = 20 \text{ hPa}$, soit $\frac{pv}{\rho g} = 0.22\text{m}$

Z_E : la différence de dénivelé entre le niveau de pompage et la bride d'entrée de la pompe.

ΔHa : perte de charge à l'aspiration.

Les pertes de charge ont été définies par la formule de HAZEN WILLIAM, qui est donnée par la formule suivante :

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

Avec :

$\Delta H_{\left(\frac{m}{100m}\right)}$: Pertes de charge unitaire en m

Q : Débit en m3/s

D : Diamètre de la conduite considérée

C_{wh} : coefficient de HAZEN WILLIAM

$$NPSH_d = \frac{pa}{\rho g} - Z_E - \Delta Ha - \frac{pv}{\rho g} = 9.2 - 0.114 - 8.76 * 10^{-7} - 0.22 = 8.84\text{m.}$$

$$NPSH_d = 8.84\text{m}$$

Interprétation :

On remarque que $NPSH_d > NPSH_r$, ce qui explique que les pompes sont protégées contre la cavitation.

VI.6.4.b Bâtiments de la station :

Il existe différents types de bâtiment pour une station de pompage :

- Bâtiment type bloc.
- Bâtiment type bache sèche.
- Bâtiment type bache mouillée.
- Bâtiment de type semi-enterré et sur sol.

On choisit le type de bâtiment en fonction des paramètres mentionnés dans le tableau suivant

Tableau VI-9 Choix du type de bâtiment. (SNECOREP 1986)

Paramètres	Type du bâtiment			
	Bloc	Bâche sèche	Bâche mouillée	Sur sol ou semi-enterré
Q m ³ /s	>2	<2	<6	<1,5
Type de pompe	Axiale à axe vertical ou horizontal	Pompe centrifuge	Axiale noyée à axe verticale	Pompe centrifuge
Hauteur admissible à l'aspiration (m)	<0 (en charge)	<0 >0	<0 <0	>0 (en aspiration)
ΔH : variation du plan d'eau de la rivière (m)	1 à 2	1 à 3	N'importe	importante

On choisit le bâtiment de type sur Bâche mouillée car on a une pompe immergée et $Q < 6 \text{ m}^3/\text{s}$

VI.6.4.c Hauteur du bâtiment :

Elle est calculée comme suit : $H_b = H_5 + H_6 + H_7 + H_8 + H_9$

Où :

$$H_5 = H_p + H_{rf} + H_r$$

H_p : hauteur de la pompe, $H_p = 2.755 \text{ m}$

H_{rf} : (20 ÷ 60) cm en prend $H_{rf} = 0.4 \text{ m}$

H_r : hauteur de réserve $H_r = 0.5 \text{ m}$

A.N : $H_5 = 2.315 + 0.4 + 0.5$, d'où : $H_5 = 3.655 \text{ m}$

H_6 : hauteur réservée à l'homme, $H_6 = 2,2 \text{ m}$

H_7 : hauteur du chariot, $H_7 = 0,3 \text{ m}$;

H_8 : hauteur profilée, $H_8 = 0,8 \text{ m}$;

H_9 : hauteur de sécurité, $H_9 = 0,5 \text{ m}$;

A.N: $H_b = 3.215 + 2.2 + 0.3 + 0.8 + 0.5 \Rightarrow H_b = 7.455 \text{ m}$.

Les hauteurs du bâtiment étant normalisées (3,6 ; 4,2 ; 4,8 ; 5,5 ; 9m) on prend comme hauteur du bâtiment **$H_b = 9 \text{ m}$** .

VI.6.4.d Largeur du bâtiment :

Elle est donnée par la relation :

$$l_b = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + 2S$$

S : (20 – 40) cm : épaisseur de mur on le prend = 40cm

l_1 : distance entre le mur et le premier organe = (20-30) cm = 30cm

l_2 : distance entre les tubulures = (15-20) cm =20 cm

l_3 : longueur des accessoires à l'aspiration

l_4 : longueur des accessoires au refoulement.

$$l_3 + l_4 = l_p + l_{asp} + l_{ref} + l_{tr}$$

l_{tr} : (0,8 – 1,2) m : réserve on prend $l_{tr} = 1$ m

l_p : Longueur de la pompe = 264 mm

Pour l'aspiration nous avons :

$$l_c = 0.4 \text{ m}, l_{tr} = 0.66 \text{ m}.$$

Pour le refoulement nous avons :

$$l_{tr} = 1\text{m}, l_d = 1.2 \text{ m}.$$

Finalement le largeur total est de : 8 m.

VI.6.4.e Longueur du bâtiment :

La longueur du bâtiment est calculée par la formule suivante :

$$L_b = np * L + l_{int} + l_{pf} + l_r + l_p + l_m + l_{pm}$$

np : nombre de pompes = 7 pompes (tenant compte de la pompe de secours)

L : Longueur de la pompe+ moteur A=2755 mm

l_{int} : Distance entre deux pompes voisines $l_{int} = (0.8-1.2)$ m. On prend : $l_{int} = 0.9$ m

l_{pf} : Longueur de la plateforme, on prend $l_{pf} = 3$ m

l_p : Longueur du bureau du personnel, on prend : $l_p = 4$ m

l_r : Longueur d'armoire électrique $l_r = (2-3)$ m, on prend : $l_r = 2.5$ m

l_m : épaisseur du mur, on prend : 0.6 m

l_{pm} : distance entre pompe et mur, on prend : 0.3m

$$L_b = 7 * 0.264 + 0.9 * 6 + 3 + 2.5 + 4 + 0.6 + 0.3 = 17.65$$

On opte pour une longueur de **18 m**.

VI.7 Dimensionnement du Réservoir de stockage (Bassin) :

Etant donné la superficie importante, on opte pour un réservoir rectangulaire (ou bassin). Le volume du réservoir est estimé comme suit :

$$V = Q_c \times T_{nf}$$

Avec :

V : Volume d'eau d'irrigation (m^3).

Q_c : débit caractéristique (m^3/h), $Q_c = 1753 \text{ m}^3 /h$.

T_{nf} : temps de non-fonctionnement pris égal à 2 heures.

On trouve donc $V = 1753 \times 2 = 3506 \text{ m}^3$

On prend un volume de $V = 3500 \text{ m}^3$.

Vu le volume de régulation nous optons pour 2 variantes de réservoirs :

1. Réservoir circulaire :

Les dimensions finales du bassin sont : $6.5 \times 25 = 3350 \text{ m}^3$.

2. Bassin rectangulaire :

Les dimensions finales du bassin sont : $10 \times 25 \times 13.5 = 3350 \text{ m}^3$.

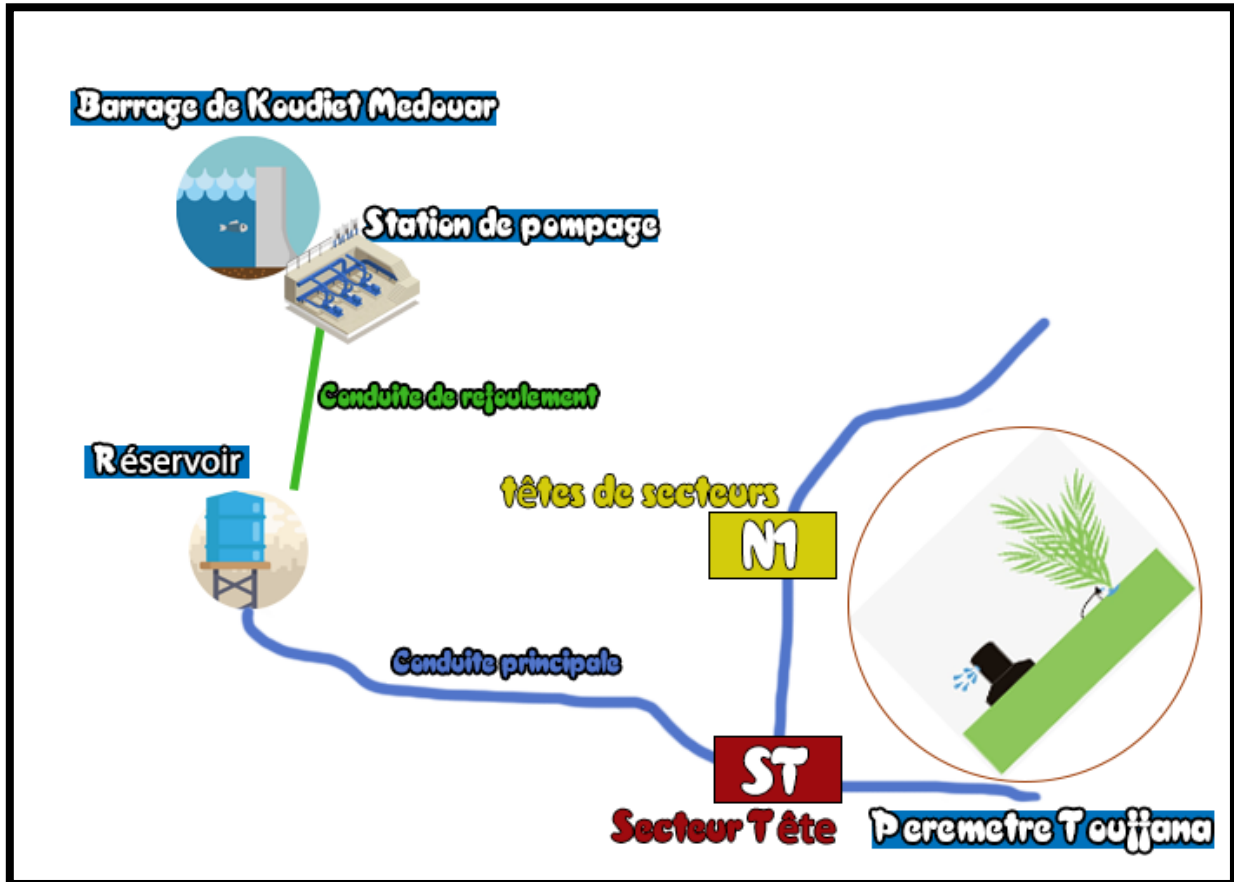


Figure VI-4 Schéma de la variante d'aménagement d'irrigation.

VI.8 Etude du système d'adduction-distribution :

Dans notre étude nous avons une conduite principale qui alimente la tête de secteurs 1 (N1) et une autre conduite parallèle à celle d'avant alimente les ilots. Ce tracé est un réseau ramifié qui conduit à un coût d'investissement optimum.

VI.8.1 Dimensionnement du réseau de distribution :

VI.8.1.a Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire :

Après avoir calculé les débits de chaque ilot, et déterminé les critères hydrauliques de la conduite gravitaire, on passera au calcul du réseau de distribution, c'est-à-dire de l'ouvrage vers les bornes.

VI.8.1.b Vitesses admissibles :

La fixation d'un seuil de vitesse admissible a pour but d'éviter les risques entraînés par des vitesses importantes (risque d'érosion) et les vitesses faibles (risque de dépôts solides). La vitesse admissible comprise entre 0.5 m/s, comme vitesse minimale, et 2.5 m/s comme vitesse maximale.

VI.8.1.c Choix du matériau des conduites :

Pour choisir le matériau de canalisation il faut tenir compte de l'agressivité du sol ainsi la satisfaction des conditions hydriques (débit, pression...) et la surtout la disponibilité sur le marché. Parmi les matériaux utilisés on peut citer : l'acier, la fonte, le PVC etc.

a) - Conduites en fonte :

Présentent plusieurs avantages :

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

Leur inconvénient est :

- Coût relativement important

b) - Conduite en PEHD :

Ils sont les plus utilisés car ils présentent des avantages importants :

- Sont les plus légers et faciles à couper
- Présentent de bonnes propriétés hydrauliques
- Disponible sur le marché
- Une pose de canalisation facile
- Leur coût est relativement faible

Leur inconvénient est :

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

c) - Conduite en PRV :

Les tuyaux en Polyester Renforcé de fibres de Verre (PRV) sont une combinaison de résine de polyester, de fibres de verre et de matériaux de renforcement Dans notre cas, les conduites seront en PEHD si le diamètre est inférieur ou égal à 315 mm, et en fonte dans le cas contraire (> 400mm).

VI.8.1.d Calcul des diamètres :

Le calcul des diamètres se fait par l'application de la formule de " LABYE " qui nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V_{ad}}} \times 1000$$

Avec :

Q : débit exprimé en m³/s,

D : diamètre exprimé en mm

V_{ad} : Vitesse admissible =1.5 m/s.

VI.8.1.e Estimation 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 :

$$h_{pu} = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C$$

Avec :

h_{pu} : Pertes de charge unitaire en m/m

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

C : coefficient compris une majoration de 10-15 % pour les pertes de charge singulière :

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

Tableau VI-10 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 fonte si leur diamètre est supérieur ou égal à 315mm et en PEHD dans le cas contraire. Pour une conduite en fonte/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 :

$$Z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + h_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H$$

Où h_1 et h_2 sont les hauteurs de pressions

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

Z_1 Et Z_2 sont les côtes du terrain naturel.

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

Tableau VI-11 Calculs hydrauliques du réseau de distribution.

No	Long. (m)	Diamètres (mm)	Matériau de canalisation	Max débit (l/s)	Vitesse (m/s)	P. charge (m)	Cote de sol (m)	Cote piezo (m)	Pression (m)	Pression (bars)
1	1068	500	Fonte	289	1.47	0.35	903.4	972.78	69.84	6.98
2	320	500	Fonte	289	1.47	0.35	893	956.51	53.46	5.35
3	186	500	Fonte	240	1.22	0.25	889.9	952.04	59.25	5.93
4	713	400	Fonte	170	1.35	0.40	888.6	950.71	61.22	6.12
5	17	400	Fonte	182	1.45	0.45	883.8	943.35	55.22	5.52
6	506	315	Fonte	104	1.33	0.52	888	943.27	59.97	6.00
7	288	160	PEHD	25	1.26	1.07	881.5	936.03	49.09	4.91
8	86	250	PEHD	71	1.45	0.81	880	927.27	46.61	4.66
9	453	250	PEHD	70	1.42	0.78	881	934.24	55.01	5.50
10	313	200	PEHD	37	1.17	0.71	880	928.57	48.25	4.82
11	484	110	PEHD	13	1.4	2.08	880	924.34	46.45	4.64
12	57	250	PEHD	51	1.04	0.43	878	907.07	27.46	2.75
13	492	200	PEHD	34	1.09	0.62	884	942.56	65.19	6.52
14	182	125	PEHD	18	1.43	1.85	884	936.99	54.88	5.49
15	218	250	PEHD	66	1.35	0.71	884	933.26	49.96	5.00
16	469	200	PEHD	39	1.23	0.78	888	945.12	61.88	6.19
17	189	400	Fonte	187	1.49	0.48	887	935.22	47.73	4.77
18	153	315	Fonte	98	1.26	0.47	890	951.17	64.60	6.46
19	158	315	Fonte	115	1.48	0.63	891	949.11	59.77	5.98
20	415	200	PEHD	37	1.18	0.72	890	947.65	57.33	5.73
21	472	200	PEHD	39	1.23	0.78	886	930.72	41.51	4.15

VI.9 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons abordé les variantes d'aménagement du système d'adduction et détaillé les structures et facteurs régissant la conception et la gestion d'un système d'adduction ainsi que les calculs hydrauliques des canalisations.

Dans le cadre de la réalisation du projet, le périmètre est découpé en 21 îlots d'irrigation alimentés chacun par une borne d'irrigation, avec une superficie totale de 515 ha.

En deuxième phase, nous avons entamé le calcul hydraulique des canalisations du système de refoulement et d'adduction du périmètre d'étude, ce qui a permis d'estimer les pressions aux bornes.

Ces pressions sont généralement satisfaisantes, ce qui permet l'introduction de réseaux d'irrigation performants tels que l'aspersion et le goutte à goutte.

Chapitre VII: ETUDE DES TECHNIQUES D'IRRIGATION

Introduction :

Le choix du système d'irrigation est le problème le plus délicat pour la bonne répartition des eaux, provenant de différentes sources, sur le sol de façon que les plantes puissent tirer le maximum d'eau. Dans ce chapitre on va étudier les différentes techniques d'irrigation puis on va choisir là celle qui correspond le mieux avec les caractéristiques de notre périmètre.

VII.1 Choix des techniques d'irrigation :

Plusieurs facteurs entrent en considération pour le choix des techniques d'irrigation et site celle-ci :

- La pente du terrain à irriguer
- Le débit dont on dispose
- Nature du sol (perméabilité)
- Nature des cultures
- Rentabilité de l'opération

VII.2 Les différentes techniques d'arrosages :

Les techniques d'arrosage ont été classées en trois classes.

- L'irrigation gravitaire ou de surface ;
- L'irrigation par aspersion ;
- L'irrigation par micro-irrigation (goutte à goutte). (Tiercelin,1998.)

VII.2.1 Irrigation gravitaire :

L'irrigation gravitaire regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la distribution de l'eau à la parcelle se fait entièrement à l'air libre par simple écoulement à la surface du sol. La répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissellement, infiltration, et capillarité).

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

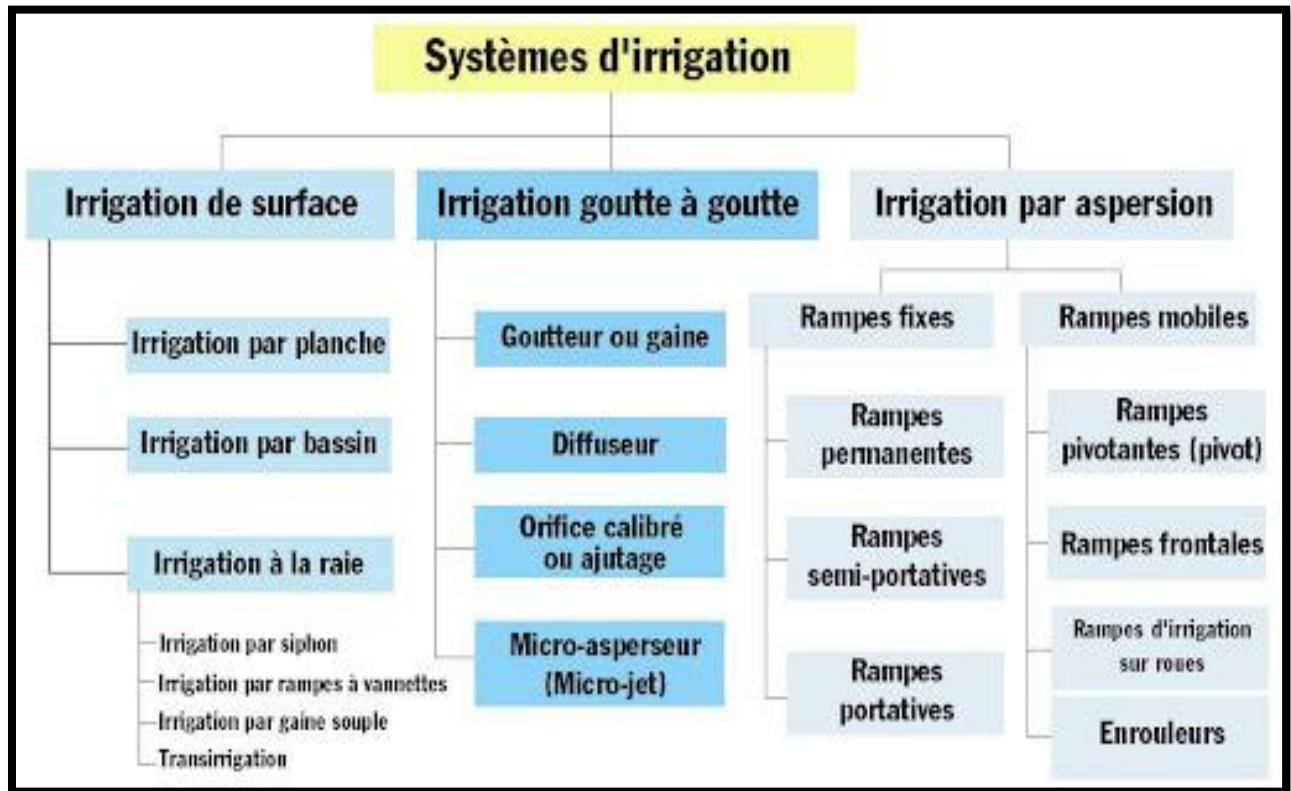


Figure VII-1 Systèmes d'irrigation.(AQUA6 à Marrakech).

VII.2.1.a L'irrigation par ruissellement :

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

VII.2.1.b L'arrosage par infiltration (à la raie) :

C'est une méthode qui consiste à faire distribuer l'eau par des rigoles ou raies avec un débit relativement faible comparativement aux autres procédés. Dans cette méthode, une partie seulement du sol qui reçoit directement l'eau, le reste est humecté par infiltration latérale.

VII.2.1.c L'arrosage par 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 une réserve d'eau indispensable au développement des cultures.

VII.2.1.d Avantages et les inconvénients de l'irrigation gravitaire :**a) Avantages :**

- Coût d'investissement relativement faible.
- Besoins en énergie faibles ou nul.
- Insensible au vent.
- Bonne adaptation aux eaux usées.
- Les végétaux ne sont pas mouillés ce qui est favorable sur le plan phytosanitaire.

b) Inconvénients :

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

VII.2.2 L'irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion projette l'eau et tombe à la surface du sol sous forme de fines gouttelettes. C'est un réseau de conduites sous pression portant des asperseurs ou de buses, conçu pour projeter des jets ou pulvériser de l'eau sous forme de fines gouttes à la surface du sol.

VII.2.2.a Avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion :**a) Avantage :**

- Elle ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface d'irrigation.
- Elle provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie.
- Elle réalise une importante économie d'eau par comparaison avec les autres systèmes d'irrigation.
- Elle permet un dosage précis et une répartition régulière de la quantité d'eau distribuée.
- Elle met à la disposition des exploitations des conditions d'arrosage très souples.
- Possibilité d'automatisation.
- Bonne adaptation à tous les types de sol.

b) 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 et le développement des mauvaises herbes.
- L'eau donnée en pluie passe le sol et provoque la formation d'une croûte superficielle.

VII.2.2.b Différentes installations à la parcelle :

En pratique, deux solutions extrêmes peuvent être envisagées :

- L'installation totalement fixe,
- L'installation totalement mobile.

Dans l'installation fixe, 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.

VII.2.2.c Couverture totale et couverture intégrale :

Dans la couverture totale, qui est le dispositif 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. Dans le cas d'une couverture totale, la parcelle à arroser est entièrement couverte par des conduites et des arroseurs à poste fixe, l'arrosage est commandé par l'ouverture et la fermeture d'une vanne soit manuellement soit automatiquement par commande hydraulique ou électrique.

VII.2.3 L'irrigation localisée (Goutte à Goutte) :

La micro-irrigation ou « irrigation localisé », appelée aussi goutte à goutte consiste à distribuer par un réseau de canalisations sous faible pression, apportant l'eau à un voisinage immédiat des plantes cultivées.

VII.2.3.a Avantages et les inconvénients de l'irrigation localisée :

a) Avantages :

- Rendement des cultures importants.
- Excellente efficacité d'arrosage à la parcelle.
- Très faible besoin de main d'œuvre.
- Insensibilité au vent.
- Economie d'engrais.

b) Inconvénients :

- Nécessite la filtration de l'eau d'irrigation.
- Coût très élevé du matériel.
- Risque d'obstruction des goutteurs.
- Nécessité d'une main d'œuvres spécialisés.
- Incompatible avec les cultures en plein champ.

VII.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 multicritère des techniques d'arrosage basée sur différentes contraintes est nécessaire pour aboutir au choix de la technique d'irrigation la plus adéquate pour la zone considérée.

Tableau VII-1 Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage.

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	+++	×	+++
• Arbres	×	++	+++
-Contraintes économiques :			
• Économie d'eau			

Remarque :

×: inadéquat ou déconseillé.

+ : Adapté avec réserve.

++ : Adapté.

+++ : Très Adapté.

VII.4 Conclusion :

En vue des conditions climatiques de la zone d'étude, le type de substrat et des préférences écologiques (intervalles écologiques des cultures disponibles, et les quantités d'eau disponible). Nous pouvons opter pour des techniques d'irrigation par goutte à goutte et par aspersion.

Chapitre VIII: DIMENSIONNEMENT A LA PARCELLE

Introduction :

Le présent chapitre concerne le dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion et par réseau goutte à goutte, en considérant les différents paramètres pour atteindre des rendements optimaux en économisant de l'eau, dont les principales caractéristiques ont été définies précédemment.

Pour ce projet, nous avons choisi l'Olivier comme culture pour dimensionner le réseau goutte à goutte et la Pomme de terre pour le dimensionnement de l'aspersion.

VIII.1 Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte :

VIII.1.1 Données générales :

Nous choisissons une parcelle appartenant à la zone étudiée de surface égale à **2 ha** qui sera alimenté par la borne dont les pressions calculées sont de l'ordre de 4.77 bars, ce qui est largement suffisant pour alimenter la parcelle.

Culture : Olivier

Besoin de pointe : 166.66 mm (Juillet)

Organisation du réseau : La forme de la parcelle est presque rectangulaire avec les dimensions suivantes :

- Surface : 2 ha
- Longueur : 160 m
- Largeur : 120 m

Caractéristique du goutteur :

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

VIII.1.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée

VIII.1.2.a Influence du taux de couverture du sol

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

- La formule de Freeman et Garzoli

$$K_r = C_s + 0.5(1 - C_s) \dots\dots 16$$

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

$$B_{jl} = B_j \times K_r \dots\dots 17$$

$$B_{jl} = (166.66/30) \times 0.8 = 4.44 \text{ mm/j}$$

VIII.1.2.b Dose nette pratique :

Détermination d'une fraction ou pourcentage d'humidification (P) du bulbe humide dans la zone racinaire.

La dose (RFU) étant définie par le paramètre (P) :

$$Dp = (Hcc - Hpf) \cdot Y \cdot Z \cdot da \cdot P\% = RFU * P\%$$

Hcc : (31%), Hpf : (15%) ; Y : (2/3) ; Z : P. racines (1500 mm), da=1.35

P : Pourcentage du sol humidifié.

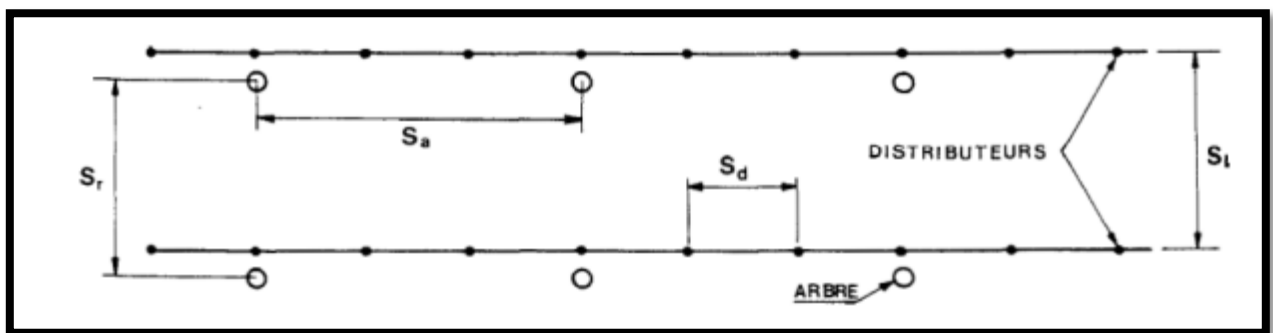


Figure VIII-1 Dispositifs d'installation des goutteurs sur la rampe.

Calcul du pourcentage d'humification :

$$P\% = \frac{n \times S_{pd} \times S_h}{S_a \times S_r} \dots\dots 18$$

Avec :

- P : Volume du sol humidifié.
- n : Nombre de point (de goutteurs) de distribution par arbre =2.
- S_{pd} : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre =(2m).
- S_h : Largeur de la bande humidifiée (tirée de la table) = 1m (arbres).
- S_a : Ecartement entre rangs d'arbre (4m).
- S_r : espacement des arbres sur les rangs (4m).

$$P\% = \frac{2 \times 2 \times 1}{4 \times 4} = 25\%$$

$$DP = (0.31 - 0.15) \times 1500 \times \frac{2}{3} \times 1.35 \times 0.25 = 54 \text{ mm}$$

VIII.1.2.c Fréquence et intervalle des arrosages (Fr) :

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

$$Fr = \frac{Dose\ pratique}{B_{jl}} = \frac{54}{4.44} = 12.16\ jour.....19$$

Donc on prend une fréquence de **12 jours**.

VIII.1.2.d Calcul de la dose (brute) :

On recalcule la nouvelle dose brute :

$$Dp' = Fr.B_{jl} = 12 \times 4.44 = 53.28\ mm$$

$$D_{brute} = \frac{53.28}{Eff \times Cu}20$$

Avec :

- **Eff** : efficience du réseau d'irrigation **Eff** =90%
- **Cu** : coefficient d'uniformité **Cu** =90%

$$D_{brute} = \frac{53.28}{0.9 \times 0.9} = 65.77\ mm$$

Donc **D_{brute} = 66 mm**

VIII.1.2.e Durée de fonctionnement par d'arrosage (h) :

$$\theta = Tf = \frac{D_{brute} \times S_d \times S_r}{n \times Q_g}21$$

Avec :

- **S_r** Et **S_d** espacement entre rang et distributeur
- **n** Et **Q_g** nombre et débit du goutteur.

$$Tf = \frac{66 \times 2 \times 4}{2 \times 4} = 66\ h/mois$$

- Soit on augmente le débit des goutteurs à 8 l/h donc **θ = 33 h/mois**

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

VIII.1.2.f Nombre de poste :

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{Temps\ de\ travei}{Durée\ d'arrosage\ journalier} = 1\ On\ prend\ 1\ poste.\22$$

VIII.1.2.g Surface du poste :

$$S_p = \frac{\text{Surface total}}{\text{Nombre de post}} = \frac{2}{1} = 2 \text{ ha} \dots\dots 23$$

$$\text{Nbre de goutteurs} = \frac{\text{Surface total}}{S_r \times S_d} = \frac{2 \times 10000}{4 \times 2} = 2500 \text{ goutteurs}$$

VIII.1.3 Calculs hydrauliques

- S=2 ha
- La longueur de la rampe : 120 m
- La longueur de la porte rampe : 160m
- La longueur de la conduite secondaire : 10m,
- S irriguée = 1.92 ha.

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

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

VIII.1.3.a La variation maximale de la pression

La variation maximale de la pression :

$q = K \cdot H^x$ Avec : $x = 0.5$ (caractéristique du goutteur)

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = x \frac{\Delta H_{max}}{H(n)} \dots\dots 24$$

Avec : $q(g)$: débit nominal du goutteur

$$\Delta H_{max} = \frac{1}{0.5} = 2 \text{ mce}$$

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

Le reste 1.8 ΔH linéaire = 1.8 m

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

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

VIII.1.3.b Dimensionnement des canalisations du réseau :

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

Les rampes

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

Porte-lampes

C'est la conduite qui alimente les rampes, ils sont généralement en polyéthylène (PEHD). Le diamètre des rampes ainsi que du porte- rampe est calculé d'après les formules suivantes :

$$\phi r(cal) = \left[\frac{P.d.c(r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} * L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \dots\dots 25$$

$$\phi pr(cal) = \left[\frac{P.d.c(pr) * 2.75}{0.478 * Q(pr)^{1.75} * L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \dots\dots 26$$

Avec :

- Pdc (r) : la perte de charge dans la rampe
- Q(r) : le débit de la rampe en l/h
- L(r) : la longueur de la rampe en m
- $\phi r(cal)$: le diamètre de rampes
- $\phi pr(cal)$: le diamètre de porte rampe

Pour les rampes : L= 120 m

1) Le nombre d'arbres par rampe :

$$N_{arbres} = Lr/Ea = 120/4 = 30 \text{ arbres}$$

2) Nombre des goutteurs par rampe :

$$N_g = N_{arbres} \times 2 = 30 \times 2 = 60 \text{ goutteurs}$$

3) Débit de la rampe :

$$Qr = N_g \times Qg = 60 * 4 = 240 \text{ l/h}$$

4) Diamètre de la rampe :

$$\phi r(cal) = \left[\frac{P.d.c(r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} * L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} = 13.74 \text{ mm}$$

D-rampe= 13.74 mm, Sur le marché on trouve des rampes de **DN = 16 mm**.

5) Vérification des pertes de charges :

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

$$P'dc = \frac{0.478 \times L \times D^{-4.75} \times Q^{1.75}}{2.75} = \frac{0.478 \times 120 \times 16^{-4.75} \times 240^{1.75}}{2.75} = 0.58 \text{ m}$$

$P'dc = 0.58 \text{ m} < 1.2 \text{ m} \Rightarrow$ La condition est vérifiée

Pour la porte rampe : L= 160 m

Le nombre des rampes :

$$N_r = Lpr/Ea = 160/4 = 40 \text{ rampes}$$

1) Débit de la rampe :

$$Q_{pr} = N_r \times Q_r = 240 \times 40 = 9600 \text{ l/h}$$

2) Diamètre de la rampe :

$$\varnothing r(\text{cal}) = \left[\frac{P.d.c(r) \times 2.75}{0.478 \times Q(r)^{1.75} \times L(r)} \right]^{\frac{1}{4.75}} = 65.75 \text{ mm}$$

D-rampe= 65.75 mm, Sur le marché on trouve des rampes de **DN = 75 mm.**

3) Vérification des pertes de charges :

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

$$P'dc = \frac{0.478 \times L \times D^{-4.75} \times Q^{1.75}}{2.75} = \frac{0.478 \times 160 \times 75^{-4.75} \times 9600^{1.75}}{2.75} = 0.32 \text{ m}$$

$P'dc = 0.32 \text{ m} < 0.6 \text{ m} \Rightarrow$ La condition est vérifiée

Pour la conduite tertiaire :

Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1.05 m/s tel que :

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

Avec :

- Q : débit de la conduite considérée (m^3/s)
- V : vitesse d'écoulement (m/s).

On prend **D= 75 mm.**

VIII.1.4 Calcul Récapitulatif et vérification des pressions à la borne de distribution

Tableau VIII-1 Récapitulatif des calculs hydrauliques.

Conduites	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
Longueur (m)	120	160	86
Diamètre (mm)	16	75	75
Débit (m^3/s)	6.67×10^{-5}	2.67×10^{-3}	2.67×10^{-3}
Pertes de charge (m)	0.58	0.32	0.17

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

$$P(m) = 10+0.58+0.32+0.17= 11.07 \text{ m} = 1.11 \text{ bar}$$

Donc la pression requise est nettement inférieure à celle de la borne.

VIII.2 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :

VIII.2.1 Données générales :

Nous choisissons une parcelle appartenant à la zone étudiée de surface égale à **2.2 ha** qui sera alimenté par la borne dont les pressions calculées sont de l'ordre de 5.93 bars, ce qui est largement suffisant pour alimenter la parcelle.

Culture : pomme de terre (as)

Choix du mode de couverture : couverture totale.

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

Besoin de pointe : 104 mm/mois pour le mois de mai.

Perméabilité du sol : le sol est de type argileux- limoneux estimée de : $K = 7 \text{ mm/h}$.

VIII.2.2 Dose pratique : RFU :

Elle est calculée comme suit :

$$RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Da \cdot Z = 59.4 \text{ mm} \dots\dots 27$$

VIII.2.3 Le diamètre de l'ajutage :

La perméabilité du sol $k = 7 \text{ mm/h}$. pluviométrie admissible.

On pose $p \leq k$ tel que p : pluviométrie de la buse.

Le diamètre de la buse se calcul, par la relation :

$$P = \frac{1.5 \times d}{1.04}; P \text{ en mm} \dots\dots 28$$

$$d = \frac{1.04 \times P}{1.5} \text{ D'où } d = \frac{1.04 \times 7}{1.5} = 4.85 \text{ mm}$$

D'après la fiche technique d'un arroseur de type Perrot (**Annexe 6**), le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de 4.8 mm.

VIII.2.4 Calcul de la portée du jet (L) :

La portée du jet se calcule par l'équation suivante :

$$L = 3 \times d^{0.5} \times h^{0.25} \dots\dots 29$$

Où :

d : diamètre de la buse (mm)

h : pression à la buse (m), dans notre cas d'après le catalogue (**annexe 7**), pour le diamètre de la buse de 4,8 mm à une pression minimale de 2.5 bars, $h = 25 \text{ m}$

$$L = 3 \times 4.8^{0.5} \times 25^{0.25} = 14.7 \text{ m}$$

La portée sera de 14.5m.

VIII.2.5 Ecartements entre les rampes et arroseurs :

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

- El entre les lignes d'arrosage : 1,25 (vent faible) à 1,02 L (vent fort).
- Ea entre les asperseurs sur la rampe : 0,8 (vent faible) à 0,5 L (vent fort).

Notre zone d'étude présente des vitesses pour des vents faibles de l'ordre de 3.6 m/s, donc on prend les valeurs suivantes :

El= 1.25×14.70= 18.4m ; d'après Perrot : El= 1.25. 14.5 = 18.1m

Ea = 0.8×14.70= 11.8m; Perrot Ea = 0.8. 14.5 = 11.6m

On prend les valeurs normalisées des écartements multiple de 6 :

El=18m, Ea=12m.

VIII.2.6 Vérification de la pluviométrie (P<K) :

VIII.2.6.a Débit de l'asperseur :

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

$$Q = 0.95 \times \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2gh} = 0.95 \times \frac{\pi(4.8 \times 10^{-3})^2}{4} \sqrt{2 \times 9.81 \times 25} \dots\dots 30$$

Avec Q débit de l'asperseur (m³/s) = 0.00038 m³/s = 1.37 m³/h

VIII.2.6.b Vérification de la pluviométrie de l'asperseur :

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

$$P = \frac{q}{El \times Ea} = \frac{1.37}{18 \times 12} \times 1000 = 6.34 \text{ mm/h} \dots\dots 31$$

Avec : q en (m³/h)

Donc le diamètre de la buse choisi assurera une pluviométrie $P \leq K = 7.0 \text{ mm/h}$.

VIII.2.7 Paramètres d'arrosage :

VIII.2.7.a Calcul du tour d'eau :

$$T_{eau} = \frac{Dose_{rfu} \times N_j}{Bmp} \dots\dots 32$$

- $Dose_{rfu}$ = 59.4 mm
- N_j = 26
- Bmp = 104mm

$$T_{eau} = \frac{59.4 \times 26}{104} = 14.85 \text{ Jours}$$

On prend $T_{eau} = 14 \text{ jours}$

VIII.2.7.b Nombre d'irrigation par mois :

Donc on irrigue $30/14= 2$ fois.

VIII.2.7.c Calcul de la dose réelle :

$$Dose_{reelle} = T_{eau} \times la\ dose\ journaliere = 14 \times 3.47 = 48.53\ mm$$

VIII.2.7.d Calcul de la dose brute :

$$Dose_{brute} = \frac{Dose_{reelle}}{0.75} = 64.71\ mm$$

VIII.2.7.e Temps d'arrosage :

Temps d'arrosage par position sans dépasser la capacité d'infiltration se calcul comme suit :

$$T = \frac{Dose_{brute}}{K_{pluviométrie}} = \frac{64.71}{6.34} = 10.21 \approx 10\ heures$$

Donc on pourra adopter deux positions par jour pour un asperseur, sans dépasser 22 heures.

VIII.2.7.f Calcul de l'unité d'arrosage :

$$Su = \frac{S}{T_{eau} \times N} = \frac{2.2}{14 \times 2} = 0.08\ ha$$

VIII.2.7.g Calcul du débit d'équipement :

Il se calcule comme suit :

$$Q \left(\frac{m^3}{h} \right) = \frac{S(ha) \times B(mm) \times 10}{T_a \times n \times N_j} = \frac{2.2 \times 104 \times 10}{10 \times 2 \times 26 \times 0.75} = 5.87\ m^3/h.....33$$

VIII.2.7.h Calcul du volume fourni par un asperseur par mois :

$$V = Q_{asp} \times N_p \times T_a \times N_j$$

$$V = 1.37 \times 2 \times 10 \times 26 = 712.4\ m^3$$

VIII.2.7.i Calcul du volume à épandre en un mois sur toute la parcelle :

$$V_t = \frac{Bmp \times Lr \times Lar}{1000} = \frac{104 \times 120 \times 180}{1000} = 2246.4\ m^3$$

VIII.2.7.j Nombre d'asperseurs (à acheter) Nombre d'asperseur requis :

$N_{asp} = (surface\ unitaire\ à\ arroser\ (m^2) / (implantation))$

$$N_{asp} = \frac{Su \times 10000}{El \times Ea} = \frac{0.08 \times 10000}{12 \times 18} = 3.7 = 4\ asperseurs.....34$$

VIII.2.8 Calculs hydrauliques :

VIII.2.8.a Dimensionnement hydraulique des rampes :

- La longueur du terrain est de 180 m.
- La largeur du terrain est de 120 m.

VIII.2.8.b La longueur de la rampe :

Il est envisagé deux dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe :

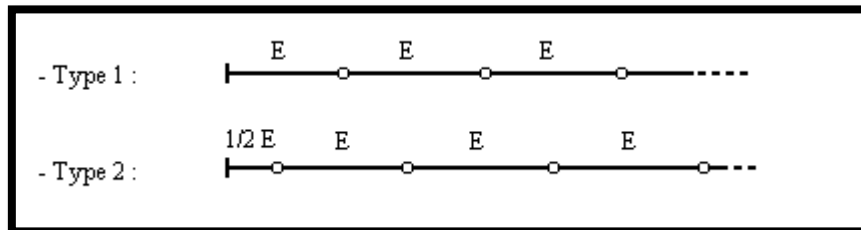


Figure VIII-2 Dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe.

La longueur de la rampe est donc :

- Pour le type 1 : $L = n.E$
- Pour le type 2 : $L = (n - 0,5)E$

D’où :

$$Lr = \frac{\text{largeur de terrain}}{2} - \frac{Ea}{2}$$

$$Lr = \frac{120}{2} - \frac{12}{2} = 54 \text{ m}$$

VIII.2.8.b.a Nombre d’asperseurs/rampe :

$$N_{asp/R} = \frac{Lr}{Ea} = \frac{54}{12} = 4.5 = 5 \text{ asperseurs}$$

VIII.2.8.b.b Nombre de rampes :

On travaille avec une rampe et 5 asperseurs.

VIII.2.8.c Dimensionnement de la rampe :

VIII.2.8.c.a Le débit de la rampe :

Le débit de la rampe = le débit de l’asperseur × le nombre d’asperseur/ rampe

$$Q_r = 1.37 \times 5 = 6.85 \text{ m}^3/h$$

$$Q_r = 1.9 \times 10^{-3} \text{ m}^3/s$$

VIII.2.8.c.b Nombre de position des rampes :

$$N_{position\ rampe} = \frac{Lr}{El} = 10\ rampes$$

Avec :

- **Lr** : longueur du terrain = 180 m
- **El** : espacement entre les rampes (=18m).

VIII.2.8.c.c Calcul du Diamètre de la rampe :

Diamètre de la rampe :

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q_r}{\pi V}} \dots\dots 35$$

Avec :

V : vitesse de l'écoulement à travers la rampe où $V \leq V_{adm}$, $V_{adm} \in [0.5 : 2.5]m/s$.

On suppose que **V = 1.5 m/s** et on calcule **D_r**

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times 1.9 \times 10^{-3}}{\pi \times 1.5}} = 0.04\ m = 40\ mm$$

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

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

Donc le diamètre de la rampe normalisé **D_r = 50mm** ce qui permet de calculer la nouvelle vitesse :

$$V = \frac{4 \times Q_r}{\pi \times D_r^2} = \frac{4 \times 1.9 \times 10^{-3}}{\pi \times 0.05^2} = 0.97\ m/s \leq V_{adm}$$

VIII.2.8.d Dimensionnement de la porte rampe :

VIII.2.8.d.a Longueur de la porte Rampe :

La longueur de la porte rampe est calculée par :

$$L_{pr} = L - \frac{El}{2} = 180 - \frac{18}{2} = 171\ m \dots\dots 36$$

VIII.2.8.d.b Débit de porte rampe :

$$Q_{p-r} = Q_{asp} \times N_{asp/rampe} \times N_{rampe} \dots\dots 37$$

Pour le but d'économiser le coût de projet on prend le nombre des rampes 2, auxquelles chacune est liée 10 asperseurs et on fait l'irrigation par rotation (« c à d ») on déplace chaque rampe 5 positions pendant un mois)

$$Q_{p-r} = 3.8 \times 10^{-4} \times 5 \times 1 = 0.0038\ m^3/s$$

VIII.2.8.d.c Calcul du Diamètre de la porte rampe :

Diamètre de la porte-rampe

$$D_{p-r} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{p-r}}{\pi \times V}}$$

V : vitesse de l'écoulement à travers la porte-rampe où $V \leq V_{adm}$, $V_{adm} \in [0.5 : 2.5]m/s$.

On suppose que $V = 1.5 \text{ m/s}$ et on calcule D_{p-r}

$$D_{p-r} = \sqrt{\frac{4 \times 3.8 \times 10^{-3}}{\pi \times 1.5}} = 0.057 \text{ m} = 57 \text{ mm}$$

On prend le diamètre normalisé ($D_{p-r} = 63 \text{ mm}$).

Donc la nouvelle vitesse sera :

$$V = \frac{4 \times Q_r}{\pi \times D_r^2} = \frac{4 \times 3.8 \times 10^{-3}}{\pi \times 0.063^2} = 1.22 \text{ m/s} \leq V_{adm}$$

VIII.2.8.e Calcul du Diamètre de la porte rampe :

Les pertes de charges seront calculées selon la formule de Hazen-Williams :

$$J = \left(\frac{3.592}{C_H}\right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}} \times Q^{1.852} \dots\dots 38$$

Avec : J = Perte de charges linéaire en m

- C_H : Coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour la fonte et le PEHD)
- D : Diamètre en m
- L : longueur de la conduite en m

VIII.2.8.e.a Les pertes de charge de la rampe :

On a $L_{rampe} = 54 \text{ m}$; $D_r = 50 \text{ mm}$; $Q_r = 1.9 \times 10^{-3} \text{ m}^3/s$

Donc $\Delta H_{rampe} = 1.21 \text{ m}$

VIII.2.8.e.b Les pertes de charge de la porte rampe :

On a $L_{pr} = 171 \text{ m}$; $D_{pr} = 63 \text{ mm}$; $Q_{pr} = 3.8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/s$

Donc $\Delta H_{pr} = 1.41 \text{ m}$

Les calculs récapitulatifs des conduites sont présentés dans le tableau

Tableau VIII-2 Résultat de calcul pratique d'aspersion

Conduites	Rampe	Porte Rampe	C. tertiaire
Longueur (m)	54	171	17
Diamètre (mm)	50	63	63
Débit (m3/h)	0.0019	0.0038	0.0038
Vitesse (m/s)	0.97	1.22	1.22
Perte de charge totale (m)	1.21	1.41	0.45

$$\Delta H_t = 1.21 + 1.41 + 0.45 = 3.07 \text{ m}$$

VIII.2.8.f Calcul de la pression en tête du réseau :

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

$$H = H1 + H2 + H3$$

Avec :

- *H* : pression à la tête de la parcelle.
- *H1* : pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (2.5bar).
- *H2* : perte de charge totale.
- *H3* : la dénivelée. (0 m. terrain relativement plat)

$$H = 25 + 3.07 + 0 = 28.08 \text{ m.}$$

Donc la pression =2.8 bars ce qui est largement suffisant vu la pression aux bornes qui est de 5.95 bars.

VIII.3 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé le dimensionnement d'un réseau goutte à goutte, pour la culture l'olivier et un réseau d'aspersion pour la culture de pomme de terre (as).

L'utilisation de ces systèmes a pour but d'économiser l'eau d'irrigation, et aussi d'améliorer les rendements des cultures, ce qui permettra d'intensifier les cultures dans la wilaya de Batna.

Chapitre IX: ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE

Introduction :

L'étude du devis, quantitatif et estimatif, nous permet d'avoir une idée sur le coût de réalisation du projet d'irrigation projeté.

Ce calcul consiste à déterminer les quantités de tout le matériel ainsi que les différentes opérations à effectuer sur le terrain. Pour notre projet on a les travaux suivants :

- Le système d'adduction
- Le réseau de distribution
- La station de pompage

IX.1 Différents travaux à entreprendre :

Les tâches constituant les travaux à faire pour la mise en place le réseau distribution sont :

IX.1.1 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.

IX.1.2 Pose du lit de sable :

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

IX.1.3 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.

IX.1.4 Remblayage des tranchées :

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

IX.1.5 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.

IX.2 Choix des engins du chantier :

Il est important de choisir pour chaque type de travail, l'engin et le matériel le mieux adapté, de manière à obtenir un meilleur rendement. Pour notre cas on a envisagé de choisir les engins classiques de chantier qui sont présentés dans le tableau XI.1

Tableau IX-1 Les engins utilisés pour la mise en place des conduites et leurs rôles.

Nom de l'engin	Rôle de l'engin
Un chargeur	Charger les déblais excédentaires dans les camions.
Une pelle mécanique	Extraire les déblais, et les charger directement si c'est possible dans le camion, poser le lit de sable et le remblai.
Un compacteur à rouleau lisse	Compacter la couche de sable de 20 cm.
Un camion	Evacuer les déblais.
Appareil de soudure	Assurer l'assemblage des conduites.
Sonde battu	Contrôler le compactage des tranchées.
Une dame sauteuse	Le compactage du remblai au tour de la conduite et avoir un bon support.



Figure IX-1 Une pelle mécanique.



Figure IX-2 Pose de canalisation

IX.3 Estimation de cout total de projet :

IX.3.1 Estimation de cout de pose de canalisation de distribution :

Tableau IX-2 déférente prix des travaux réalise

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
Débroussaillage de la terre végétale	m ²	21 717	50	1 085 850
Fouilles en terrain meuble pour tranchée du réseau de distribution à toute profondeur	m ³	16 657	200	3 331 400
Fourniture, transport et pose du lit du sable de 10cm d'épaisseur	m ³	1 260	1 800	2 268 000
Remblai compacté pour les tranchées, l'épaisseur maximale de la couche est 25cm, en matériau de fouille	m ³	13 233	400	5 293 200
Transport des déblais en dépôt jusqu'à une distance de 1 km	m ³	2 946	70	207 480
Totale				12 185 930
TVA (19%)				2 315 326.7
Total (TTC)				14 501 256.7

Tableau IX-3 Facture des différents types de conduites du réseau de distribution

Conduites	Type de conduite	Unités de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire (DA/m)	Montant (DA)
110	PEHD	<i>ml</i>	484	416.1	201 392.4
125	PEHD	<i>ml</i>	182	530.1	96 478.2
160	PEHD	<i>ml</i>	288	868.3	250 070.4
200	PEHD	<i>ml</i>	2 161	1 358.5	2 935 718.5
250	PEHD	<i>ml</i>	814	2 109	1 716 726
315	Fonte	<i>ml</i>	817	3 363	2 747 571
400	Fonte	<i>ml</i>	919	5 396	4 958 924
500	Fonte	<i>ml</i>	1 574	8 398	13 218 452
Total (HT)					26 125 332.5
TVA (19%)					4 963 813.175
Total (TTC)					31 089 145.68

Tableau IX-4 déferente matériel installé.

Désignation des ouvrages	Unité	Quantité	Prix unitaire	Prix total (DA)
Chambre de vanne <500mm		5		5 863 771.45
Fouilles en terrain meuble	m ³	285	800	228 000
Béton de classe No 1 compris coffrage	m ³	7.50	4 800	36 000
Béton de classe No 4 compris coffrage et armature	m ³	90.25	7 200	649 800
Fourniture, transport et pose d'échelle typique	m ³	5	600	3 000
Fourniture, transport et pose couverture typique	U	5	1 000	5 000
Remblaiement et compactage autour de l'ouvrage y compris transport de déblais	m ³	155	400	62 000
Borne Type A, B et C		21		344 400
Fouilles en terrain meuble	m ³	67.2	800	53 760
Gabion grillage ordinaire, galets 30/50	m ³	25.2	4 800	120 960
Béton de classe No 3 compris coffrage	m ³	6.3	7 200	45 360
Fourniture, transport et pose de tube préfabrique en béton armé D=800mm L=80cm	U	21	4 000	84 000
Fourniture, transport et pose de graviers 15/20	m ³	8.40	1 800	15 120
Remblaiement et compactage autour de l'ouvrage	m ³	63	400	25 200
Ventouses Ø80	U	2	3 800	7 600
Vidange Ø100	U	1	2 500	2 500
Vanne Ø250	U	5	20 300	101 500
Vanne Ø500	U	2	105 288	210 576
Vanne de régulation de pression	U	3	70 000	210 000
Réducteur de pression	U	4	13 000	52 000
Total (HT)				8 120 547.45
TVA (19%)				1 542 904.02
Total (TTC)				9 663 451.47

IX.3.2 Frais des travaux sur réseau d'irrigation :

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

IX.3.2.a Calcul des volumes de remblai et de déblai :

- **La longueur du fond de tranchée :**

La longueur d'ouverture de tranchée est donnée par la formule suivante :

$$B = D + (2 \times 0.3)$$

Avec :

D : le diamètre de la conduite en (m).

- **Profondeur de la tranchée :**

La profondeur de la conduite doit être correctement installée.

$$H = D + 0.8 + e$$

e =hauteurs du lit de pose (m)

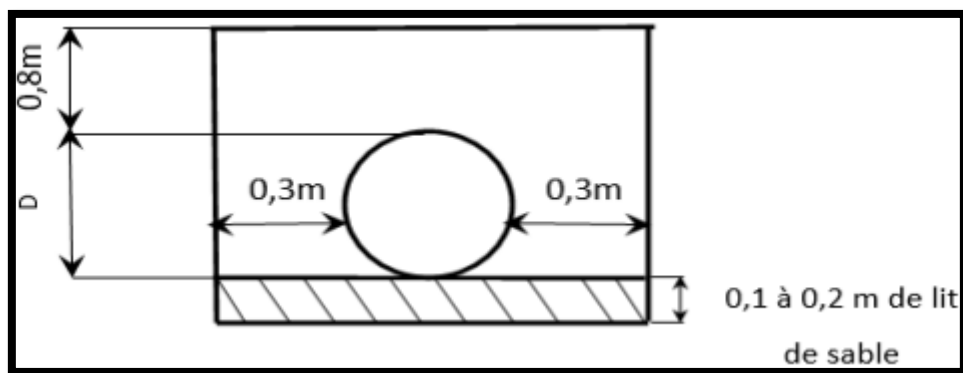


Figure VI.1 : Disposition de la conduite dans une tranchée.

- **Volume de déblai :**

On s'intéresse à une surface rectangulaire :

$$S = B \times H.$$

$$V_{déblai} = Vd - Vc - Vs$$

Vd : volume de déblai (m^3)

Vs : volume du sable (m^3) ;

Vc : volume occupé par la conduite (m^3). $Vc = L \times (\frac{\pi \times D^2}{4})$

- **Volume de lait du sable :**

Ce lit correspond à une couche de sable de 12 cm sur le fond de la tranchée.

$$Vs = e \times B \times L$$

Tableau IX-5 Quantité des travaux de terrassement

Conduites	Type de conduite	La longueur (m)	La largeur (m)	La hauteur (m)	V déblai (m ³)	V sable (m ³)	V conduite (m ³)	V remblai (m ³)	V excédentaire (m ³)
110	PEHD	484	0.8	1	387.2	381.44	34.36	4.60	3.27
125	PEHD	182	0.8	1	145.6	148.44	13.20	2.23	1.62
160	PEHD	288	0.8	1.1	253.44	253.90	21.89	5.79	4.40
200	PEHD	2161	1	1.1	2377.1	2074.56	172.88	67.89	54.31
250	PEHD	814	1	1.2	976.8	864.88	69.19	39.96	33.96
315	Fonte	817	1	1.3	1062.1	983.03	74.76	63.67	58.26
400	Fonte	919	1	1.4	1286.6	1286.60	91.90	115.48	115.48
500	Fonte	1574	1.2	1.5	2833.2	2597.10	173.14	309.05	339.96
				La somme	8589.95	651.31	608.68	7981.28	611.26

Tableau IX-6 Coût des travaux de terrassement.

Conduites	Unités de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Déblai	m ³	8 589.95	1 000	8 589 950
Pose du lit de sable	m ³	651.31	1 100	716 441
Remblai de la tranchée	m ³	7 981.28	600	4 788 768
Remblai de la tranchée	m ³	611.26	500	305 630
			Total (HT)	14 400 789
			TVA (19%)	2 736 149.91
			Total (TTC)	17 136 938.91

Le cout total des travaux est estimé comme suit :

Pt = 17 136 938.91 DA

IX.3.3 Estimation du cout du projet

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

CT = 14 501 256.7 + 31 089 145.68 + 9 663 451.47 + 17 136 938.91 = 72 390 793 DA TTC.

IX.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons défini les étapes nécessaires de pose des canalisations d'un réseau d'irrigation, puis on a calculé les volumes de terrassement et déterminé les engins nécessaires pour faciliter l'opération de pose. Une pose bien faite influe positivement sur la canalisation qui va devenir un excellent outil de transport, sûr, économique et durable. En définitive, la mise en œuvre de ce projet repose sur une étude minutieuse ayant pris en compte toutes les phases d'exécution du projet avec une recherche approfondie des prix du marché des matériaux recueillis auprès des fournisseurs. Le cout total du projet (TTC) est de l'ordre de :

Soixante-douze millions trois cent quatre-vingt-dix mille sept cent quatre-vingt-treize dinars Algérien

CONCLUSION GENERALE

Dans ce mémoire, nous avons abordé l'aménagement hydro agricole du périmètre de Touffana, de superficie 515 Ha, wilaya de Batna, qui a été effectué après une étude détaillée des caractéristiques climatiques, pédologiques et les ressources en eau disponible.

L'étude climatique nous a indiqué que la région jouit d'un étage bioclimatique semi-aride. En ce qui concerne la pédologie, elle convient à la majorité de cultures, l'irrigation de notre périmètre est assurée par le Barrage Koudiat Medaouar de capacité 14 Hm^3 qui contient une eau moyennement salée.

Dans le but d'améliorer le rendement agricole de la wilaya il est préalable d'implanter de nouvelles cultures comme les cultures fourragères, maraichères, et arboricoles.

Après le choix des cultures nous avons déterminé les besoins en eau totaux du périmètre ainsi de chaque ilot pour permettre de dimensionner le réseau d'adduction et de distribution.

Pour l'alimentation du périmètre à partir de barrage l'installation d'une station de pompage et d'un réservoir sont indispensables pour assurer une pression acceptable au niveau de chaque borne d'irrigation qui va alimenter les parcelles en installant des techniques d'arrosage modernes tel que le goutte à goutte et l'aspersion.

La réalisation de ce projet permettra d'améliorer les conditions socio-économiques des agriculteurs de la commune de Touffana. Dans ce sens nous suggérons l'adoption de cultures ayant un meilleur rendement, moderniser les systèmes d'arrosages et l'introduction de technologie innovante de distribution et de gestion de l'eau (smart green hose) pourra réduire ainsi les pertes en eau (évapotranspiration) et améliorer la gestion de cette ressource et permettre aussi les techniques supplémentaires non conventionnelle tels que hydroponie et la culture hors sols.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Les abréviations

SNECOREP. Le Syndicat National des Entrepreneurs, Concepteurs et Réalisateurs de Stations de Pompage

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

VILA, J.M., & GUELLAL, M.S., 1973. Cartes géologiques au 1/50 000e, Tazoult (201), Touffana (202), Boulhelet (174), Ain el ksar (173) 1ère édition.

Touibia, B, 2004. Manuel pratique d'hydrologie. Presse Madani Frères. Blida. Algérie.

Gobat et al ,1998. Le sol vivant. Bases de pédologie, biologie des sols.

Richards, 1954. Diagramme de classification des eaux d'irrigation.

Doorenbos et puill, 1976. Directives pour la prévision des besoins en eau des cultures. Document d'irrigation et de drainage n ° 24, FAO, Rome.

FAO N°24. Les besoins en eau des cultures. Bull FAO n° 24. 1975 (A C* E F).

Guide sectoriel Irrigation ASEG. Ilots et bornes d'irrigation.

Dky.com.tr. Type de bornes en fonction de superficies des ilots

SNECOREP 1986. INSTALLATIONS DE POMPAGE D'EAU GUIDE TECHNIQUE

AQUA6, MARRAKECH. Systèmes d'irrigation, Ilots et bornes d'irrigation

Paul Audoye, Clément Mathieu et Jean-Claude Chossat. Bases techniques de l'irrigation par aspersion. Lavoisier paris, 2007.

Tiercelin,1998. Traité d'irrigation, Lavoisier tec & doc, paris .1011p.

LES ANNEXES

LES ANNEXES

Annexe 1

Table de χ^2 theorique

χ^2 γ	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

LES ANNEXES

Annexe 2

Coefficient culturel Kc

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Fin de saison	Récolte	
Banancier tropical	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.0 -1.1	0.9 -1.0	0.75-0.85	0.7 -0.8
Banancier subtropical	0.5 -0.65	0.8 -0.9	1.0 -1.2	1.0 -1.15	1.0 -1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3 -0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9 -0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
Haricot sec	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7 -0.8
Chou	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.9 -1.0	0.8 -0.95	0.7 -0.8
Coton	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.9	0.65-0.7	0.8 -0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6 -0.8	0.7 -0.9	0.6 -0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Maïs sucré	0.3 -0.5	0.7 -0.9	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
Maïs grain	0.3 -0.5*	0.7 -0.85*	1.05-1.2*	0.8 -0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon sec	0.4 -0.6	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8 -0.9
Oignon vert	0.4 -0.6	0.6 -0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
Poivron, frais	0.3 -0.4	0.6 -0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8 -0.9	0.7 -0.8
Pomme de terre	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7 -0.75	0.75-0.9
Riz	1.1 -1.15	1.1 -1.5	1.1 -1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2 -0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3 -0.4	0.7 -0.75	1.0 -1.15	0.75-0.8	0.5 -0.55	0.75-0.85
Soja	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.15	0.7 -0.8	0.4 -0.5	0.75-0.9
Betterave sucrière	0.4 -0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9 -1.0	0.6 -0.7	0.8 -0.9

Kc	Initial	développement	mi-saison	de saison	Récolte	Total
Haricots verts	0,3-0,4	0,65-0,75	0,95-1,05	0,9-0,95	0,85-0,95	0,85-0,9
Haricots secs	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,25-0,3	0,7-0,8
Chou	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,1	0,9-1,0	0,8-0,95	0,7-0,8
Vigne	0,35-0,55	0,6-0,8	0,7-0,9	0,6-0,8	0,55-0,7	0,55-0,75
Maïs doux	0,3-0,5	0,7-0,9	1,05-1,2	1,0-1,15	0,95-1,1	0,8-0,95
Maïs grain	0,3-0,5	0,7-0,85	1,05-1,2	0,8-0,95	0,55-0,6	0,75-0,9
Pois	0,4-0,5	0,7-0,85	1,05-1,2	1,0-1,15	0,95-1,1	0,8-0,95
Patates	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,2	0,85-0,95	0,7-0,75	0,75-0,9
Riz	1,1-1,15	1,1-1,5	1,1-1,3	0,95-1,05	0,95-1,05	1,05-1,2
Soja	0,3-0,4	0,7-0,8	1,0-1,15	0,7-0,8	0,4-0,5	0,75-0,9
Betterave	0,4-0,5	0,75-0,85	1,05-1,2	0,9-1,0	0,6-0,7	0,8-0,9
Tournesol	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,7-0,8	0,35-0,45	0,75-0,85
Tabac	0,3-0,4	0,7-0,8	1,0-1,2	0,9-1,0	0,75-0,85	0,85-0,95
Tomate	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,25	0,8-0,95	0,6-0,65	0,75-0,9
Blé	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,2-0,25	0,8-0,9

LES ANNEXES

Annexe 3

Calcul des pertes en charge.

<i>Dint</i> (mm)	<i>L</i> (m)	<i>Q</i> (l/s)	<i>V</i> (m/s)	<i>Re</i>	λ	ΔHl (m)	ΔHt (m)	<i>Hg</i> (m)	<i>Hmt</i> (m)
600	3627	487	1.72	1033446.10	0.0074	6.75	7.42	85	92.42
700	3627	487	1.27	885810.94	0.0072	3.05	3.36	85	88.36
800	3627	487	0.97	775084.57	0.0071	1.54	1.69	85	86.69
1000	3627	487	0.62	620067.66	0.0069	0.49	0.54	85	85.54

Calcul des frais d'exploitation.

<i>Dint</i> (mm)	<i>Q</i> (m ³ /h)	<i>Hmt</i> (m)	Puissance (KW)	E KWh annuels	Prix du KWh (DA)	Fexploitation (DA)
600	1753.2	92.42	551.94	4432108.84	4.69	20786590.44
700	1753.2	88.36	527.66	4237110.78	4.69	19872049.57
800	1753.2	86.69	517.69	4157084.53	4.69	19496726.46
1000	1753.2	85.54	510.81	4101785.10	4.69	19237372.12

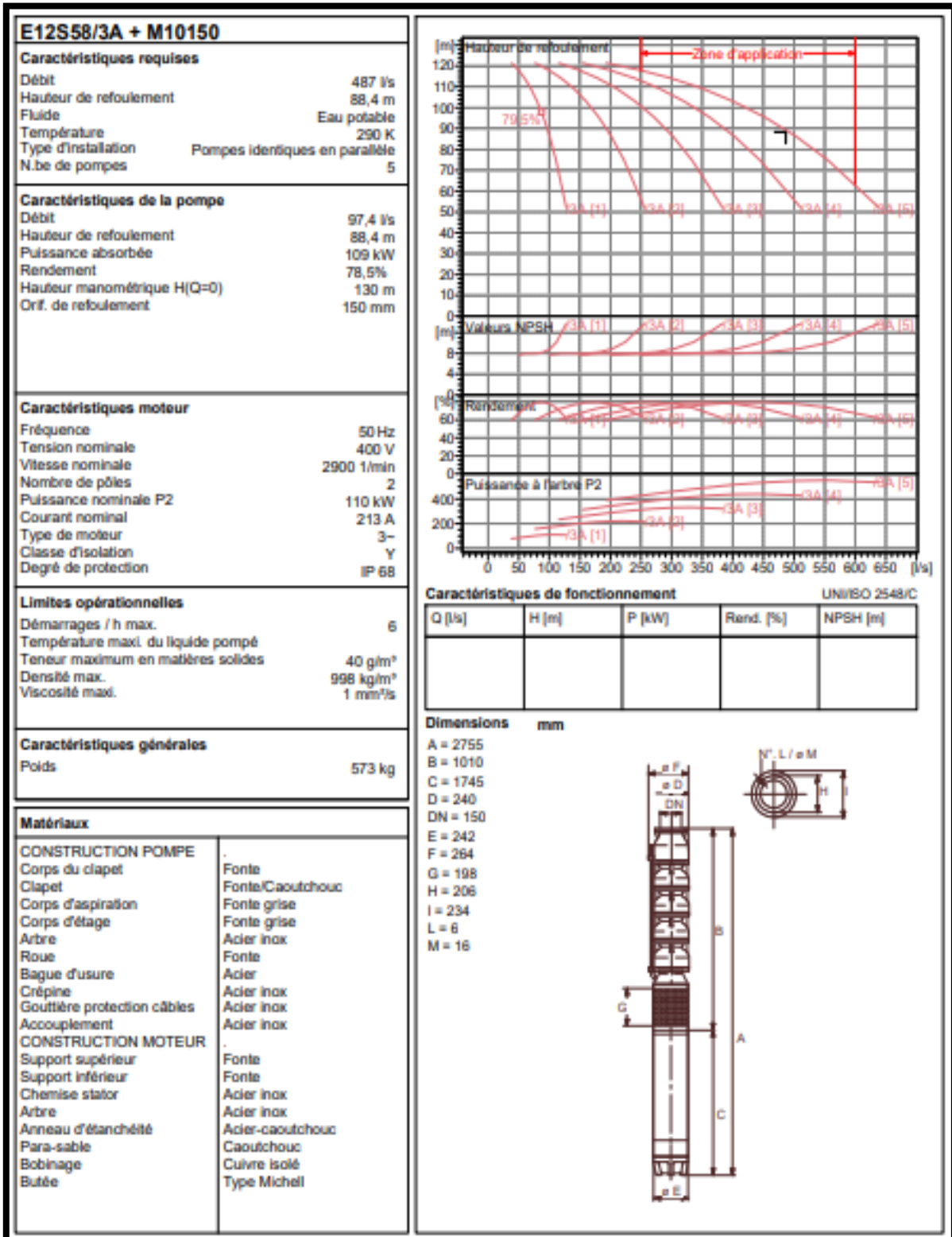
Calcul des frais d'amortissement.

<i>Dint</i> (mm)	Prix ML (TTC)	Prix de pose	L (m)	Prix (DA)	ANNUITE	FAmort (DA)
600	15500	900	3627	59482800	0.089	5293969.2
700	17500	1000	3627	67099500	0.089	5971855.5
800	21000	1290	3627	80845830	0.089	7195278.87
1000	24000	2400	3627	95752800	0.089	8521999.2

LES ANNEXES

Annexe 4

Les caractéristiques de la pompe choisie.



LES ANNEXES

Annexe 5

Diamètres des conduites PEHD (Groupe CHIALI)

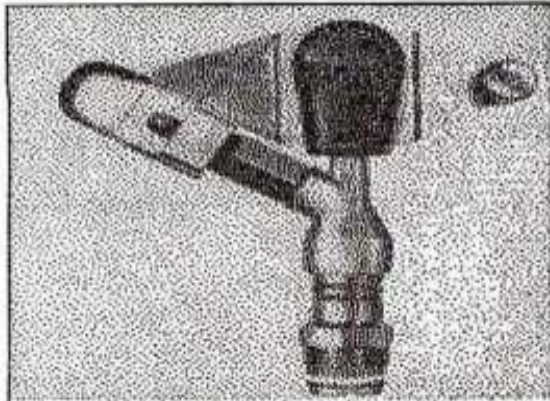
TABEAU N° 1 – Diamètre extérieur :

Diamètre extérieur nominal d_n (mm)	Diamètre extérieur moyen	
	d_{m1} (mm)	d_{m2} (mm)
16	16,0	16,3
20	20,0	20,3
25	25,0	25,3
32	32,0	32,3
40	40,0	40,4
50	50,0	50,4
63	63,0	63,4
75	75,0	75,5
90	90,0	90,6
110	110,0	110,7
125	125,0	125,8
140	140,0	140,9
160	160,0	161,0
180	180,0	181,1
200	200,0	201,2
225	225,0	226,4
250	250,0	251,5
280	280,0	281,7
315	315,0	316,9
355	355,0	357,2
400	400,0	402,4
450	450,0	452,7
500	500,0	503,0
560	560,0	563,4
630	630,0	633,8
710	710,0	716,4
800	800,0	807,2
900	900,0	908,1
1000	1000,0	1009,0
1200	1200,0	1210,8
1400	1400,0	1412,6
1600	1600,0	1614,4

LES ANNEXES

Annexe 6

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 m³/h	espacement m		surface irriguée m²		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	3,5
	3,5	16,5	1,63	18/24	24/24	324	576	3,78	2,82
	4,0	17	1,75	18/24	24/24	432	576	4,05	3,04
5,0	2,5	14,5	1,48	18/18	18/24	432	432	4,57	3,43
	3,0	16,5	1,63	18/18	18/24	432	432	5,04	3,77
	3,5	17	1,76	18/24	24/24	324	576	4,08	3,05
	4,0	17,5	1,88	18/24	24/24	324	576	4,35	3,26
5,5	2,5	15,2	1,82	18/18	18/24	432	432	5,62	4,22
	3,0	17	1,99	18/24	24/24	432	576	4,61	3,45
	3,5	17,5	2,14	18/24	24/24	324	576	4,95	3,71
	4,0	18	2,29	18/24	24/24	432	576	5,31	3,98
6,0	2,5	16,2	2,18	18/24	24/24	432	576	5,00	3,75
	3,0	17,5	2,37	18/24	24/24	432	576	5,50	4,12
	3,5	18	2,56	18/24	24/24	432	576	5,92	4,43
	4,0	18,5	2,74	18/24	24/24	432	576	6,35	4,76
7,0	2,5	17,5	2,96	18/24	24/24	432	576	6,9	5,1
	3,0	18,0	3,22	18/24	24/24	432	576	7,5	5,6
	3,5	18,5	3,48	24/24	24/24	576	576	6,0	6,0
	4,0	19,0	3,73	24/24	24/30	576	720	6,5	6,2