

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME DU PROJET :

**Dimensionnement du réseau d'irrigation du périmètre de
Remila -Ouled Fadhel (secteur ouest) à partir du barrage
Koudiat Medaouar W.BATNA.**

PRESENTE PAR :

M^{lle}. LAKHAL AMINA

Devant les membres du jury

Noms et Prénoms	Grade	Qualité
M^r : AZIB MAKHLOUF	Professeur	Président
M^r:BENKACI TARIK	M.C.B	Examineur
M^{me} : MAZOUZI SABRA	M.A.A	Examinatrice
M^r : BOUZIANE OMAR	M.A.B	Examineur
M^{me} : MEDJDOUB SONIA	M.A.A	Promoteur

Septembre - 2017

Remerciement

Je remercie mon Dieu qui m'a donné la force et la sagesse pour achever ce modeste travail.

J'adresse tous mes respects et mes remerciements à ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour l'élaboration de cette étude et particulièrement à

 *M^{me} AZIEZ et M^r BENKACI pour ses orientations et ses remarques.*

 *Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à ma promotrice M^{me} MEDJDOUB de m'avoir encadré dans mon travail.*

 *A tous les enseignants de l'ENSH qui ont contribué à ma formation.*

 *Aux membres de jury qui ont bien voulu examiner mon travail.*

Merci

Dédicace

Je dédie ce modeste travail en signe de respect, de reconnaissance et d'amour à :

Ma chère maman, pour son amour, ses sacrifices, son soutien et pour tous.

Mon cher père pour ses encouragements, son soutien moral et matériel.

Un spécial dédicace à :

*Mes collègues et mes amies : Narimane, Nihed, Safaâ,
Samia*

En un mot, à toute ma famille, mes amis de l'ENSH et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ma formation.

SOMMAIRE

Introduction générale

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude.

Introduction	1
I.1. Présentation générale de la wilaya de Batna	1
I.1.1. Situation géographique et organisation administrative	1
I.1.2. Localisation et présentation de la région d'étude	2
I.2. Caractéristiques géologiques et hydrogéologiques de la zone	4
I.2.1. Réseau hydrographique	4
I.2.2. Géomorphologie	4
I.3. Etude climatologique	5
I.3.1. Choix de station de référence	5
I.3.2. Pluies Mensuelles	5
I.3.3. Les températures	6
I.3.4. L'humidité relative	7
I.3.5. Le vent	7
I.3.6. Gelée blanche	7
I.3.7. Les orages	8
I.3.8. La grêle et la neige	8
I.3.9. Le Sirocco	8
I.3.10. Durée d'insolation	9
I.3.11. L'évaporation	9
I.4. Les caractéristiques bioclimatiques :	9
I.4.1. Indice de Martonne	9
I.4.2. Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen	11
Conclusion	11

Chapitre II : Etude agro-pédologique

II.1 Introduction	12
II .2 L'étude pédologique du périmètre a pour objectif	12
II .3 Les caractéristiques chimiques du sol	12
II .3.1.1. Caractéristiques physico chimiques	14
II .3.2. Description morphologique du profil n° 2	14

II .3.2.1. Caractéristiques physico chimiques.....	15
II.4. Classes de sols.....	16
II.4.1. Zones homogènes.....	16
II.4.2. Catégorie de sols.....	16
III.5. La faune et la flore.....	17
Conclusion.....	17

Chapitre III : Ressources en eau.

Introduction.....	18
III.1. Alimentation en ressources en eau du périmètre.....	18
III.1.1. Barrage de KOUDIAT MEDAOUAR.....	18
III.1.2. Qualité de l'eau d'irrigation.....	18
III.2. Classification des eaux pour l'irrigation.....	19
III.2.1. La conductivité électrique.....	19
III.2.2. Taux d'absorption du Sodium (SAR).....	20
III.3. Étude Hydrologique.....	21
III.3.1. Choix de la station pluviométrique.....	21
III.3.2. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique.....	23
III.3.3. Ajustement statistique des pluies.....	24
III.3.3.1. Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale.....	25
III.3.3.2. Ajustement à la loi log-normale (Galton) :.....	26
III.3.4. Test de validité d'un ajustement.....	27
III.3.5 Détermination de l'année de calcul.....	28
Conclusion.....	28

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures.

Introduction.....	29
IV.1. Les besoins en eau d'une culture.....	29
IV.1.1. Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence (ET0).....	29
IV.1.2. Evapotranspiration maximale ou de culture (ETM).....	29
IV.1.2.1. Méthode de Penman et Monteith modifiée.....	30
IV.1.3. La pluie efficace :.....	31
IV.3. Occupation des sols et choix des cultures.....	31
IV.3.1. Choix des cultures :.....	32

IV.3.2. Aptitude culturale	32
IV.3.3. Assolement et rotation des cultures.....	33
IV.3.3.1. Avantages de la rotation des cultures	33
IV.4. Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures.....	36
IV.4.1. Estimation des besoins en eau des céréales.....	37
IV.4.2. Estimation des besoins en eau des cultures maraichères.....	37
IV.4.3. Estimation des besoins en eau des cultures fourragères.....	41
IV.4.4. Estimation des besoins en eau des cultures arboricultures.....	42
IV.5. Calcul des besoins en eau pour les Assolements1 et 2 :	44
IV.6. Calcul du débit spécifique	46
IV.7. Evaluation du débit caractéristique	46
IV.8. Estimation des besoins en eau totaux du secteur :.....	47
Conclusion	47

Chapitre V : Etude du système d'adduction.

Introduction	48
V.1. Présentation du périmètre	48
V.2. Alimentation en eau du périmètre.....	48
V.3. Organisation du périmètre : Ilots d'irrigation.....	48
V.4. Rôle et fonction de la borne d'irrigation.....	48
V.4.1. Tracé du réseau	49
V.4.2. Modalités de desserte de l'eau :	49
V.4.2.1. Distribution d'eau a la demande :	49
V.4.2.2. Distribution au tour d'arrosage :	49
V.5. Calcul du débit aux bornes	50
V.5.1. Choix du diamètre de la borne.....	50
V.6. Schéma d'aménagement hydro-agricole Variantes d'aménagement.....	60
V.7. Dimensionnement du réseau de distribution :	61
V.7.1. Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire :	61
V.7.2. Vitesses admissibles :	61
V.7.3. Choix du matériau des conduites :	61
V.7.3.1. Caractéristiques des canalisations :	61
V.7.4. Calcul des diamètres :	62
V.7.5. Estimation des pertes de charge.....	62

V.8. Pièces spéciales :	67
V.8.1. Brise charge.....	67
V.8.2. Vannes de sectionnement :	67
V.8.3. Ventouses.....	67
V.8.4. Vidange.....	67
Conclusion.....	68

Chapitre VI : Etude de la station de pompage.

Introduction	69
VI.1. Choix de l'emplacement de la station de pompage.....	69
VI.2. Choix du type de pompe.....	69
VI.3. Choix de type et de nombre de pompe pour la station de pompage (SP).....	69
VI.3.1. Calcul de la hauteur manométrique totale (HMT)	69
VI.3.1.1. La hauteur géométrique H_g	70
VI.3.1.2. La longueur de refoulement	70
VI.3.1.3. Calcul des pertes de charge totale :	70
VI.3.2. Calcul du diamètre économique	71
VI.3.2.1. Calcul de la HMT pour différent diamètre.....	71
VI.3.2.2. Puissance absorbée par la pompe	71
VI.3.2.3. Energie consommée par la pompe.....	71
VI.3.2.4. Frais d'exploitation.....	72
VI.3.2.5. Frais d'amortissement	72
VI.3.2.6. Choix du diamètre	73
VI.3.3. Nombre et choix des pompes	73
VI.3.4. Vérification du risque de la cavitation	74
VI.3.3. Choix du moteur électrique	75
VI.3.3.1. Critères de choix du moteur électrique.....	75
VI.3.3.2. Vitesse de rotation du moteur.....	76
VI.3.3.3. Puissance fournie par le moteur	76
VI.4. Bâtiment de la station de pompage :	77
VI.4.1. Types des bâtiments des stations de pompage :.....	77
VI.4.2. Construction du bâtiment :	77
VI.4.3. Choix du type de bâtiment.....	77
VI.4.4. Dimensionnement de bâtiment de station pompage.....	77

VI.4.4.1. Hauteur du bâtiment	77
VI.4.4.2. Longueur du bâtiment	78
VI.4.4.3. Largeur du bâtiment	78
VI.5. Le réservoir.....	78
VI.5.1. Rôles des réservoirs.....	78
VI.5.2. Dimensionnement du réservoir	79
Conclusion.....	80

Chapitre VII : Choix du système d'irrigation.

Introduction	81
VII.1. Différentes techniques d'arrosages	81
VII.1.1. Irrigation gravitaire	81
VII.1.1.1. L'irrigation par ruissellement.....	82
VII.1.1.2.. L'arrosage par infiltration (à la raie).....	82
VII.1.1.3.. L'arrosage par submersion.....	82
VII.1.1.4. Avantages et les inconvénients de l'irrigation gravitaire.....	82
VII.1.2. L'irrigation par aspersion.....	82
VII.1.2.1 Avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion.....	83
VII.1.3.L'irrigation localisée (Le Goute à Goute).....	84
VII.1.3.1. Avantages et les inconvénients de l'irrigation localisée	84
VII.2. Choix de la technique d'arrosage.....	84
Conclusion	85

Chapitre VIII : Dimensionnement à la parcelle.

Introduction	86
VIII.1. Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte.....	86
VIII.1.1. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée.....	86
VIII.1.2. Calculs hydrauliques :.....	88
VIII.2. Dimensionnement des canalisations du réseau.....	90
VIII.2.1. Vérification des pertes de charges	90
VIII.2.2. Calcul du diamètre de la rampe :	91
VIII.2.3. Calcul de Diamètre de la porte rampe	91
VIII.2.4. Calcul des diamètres des conduites tertiaire.....	91
VIII.3. La pression d'eau à la borne de distribution.....	91
Conclusion.....	92

Chapitre IX : Calcul technico-économique.

Introduction	93
IX .1. Devis pour la conduite d'adduction et le réseau d'irrigation	93
IX .1.1. Calcul du volume de déblai et remblai	93
IX .2. Devis pour le réservoir de distribution	97
IX .2.1. Calcul le volume de béton armé	97
IX .2.2. Calcul le volume d'excavation	97
IX .3. Devis pour la station de pompage	97
IX .3.1. Volume des travaux	98
IX .4. Devis estimatif de projet	100
Conclusion	100
Conclusion général	

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude.

Tableau I.1: Caractéristiques géographiques la station de Batna.	5
Tableau.2: Les pluies moyennes mensuelles à la station de Batna.	5
Tableau I.3: Répartition des températures moyennes interannuelles (station de Batna).	6
Tableau I.4: Humidité relative à la station de Batna.	6
Tableau I.5: Vitesse du vent moyenne mensuelle	7
Tableau I.6 : Nombre de jours moyens de gelée à la station de Batna.	7
Tableau I.7 : Nombre de jours moyens d'orage à la station de Batna.	7
Tableau I.8: Nombre de jours de neige et grêle (Station de Batna).	8
Tableau I.9: Nombre de jours moyens de sirocco à la station de Batna.	8
Tableau I.10 : Durée moyenne mensuelle de l'insolation à la station de Batna.	8
Tableau I.11: L'évaporation moyenne mensuelle à la station de Batna.	9
Tableau I.12: Classification du climat selon de Martonne	9
Tableau I.13: Les températures et les pluies moyennes	11

Chapitre II : Etude agro-pédologique.

Tableau II.1: résultats analytiques du profil n°1.	13
Tableau II.2: résultats analytiques du profil n°2.	15
Tableau II.3: caractéristiques protals des profils 1	16
Tableau II.4: caractéristiques protals des profils 2	16

Chapitre III : Ressources en eau.

Tableau III-1: Caractéristiques générales du barrage KOUDIAT MEDAOUAR.	18
Tableau III-2: Caractéristique chimiques de l'eau d'irrigation	19
Tableau III-3 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique.	19
Tableau III-4 : Classification des eaux en fonction du SAR	20
Tableau III-5 : Caractéristiques principales de la station pluviométrique.	21
Tableau III-6 : Pluies moyennes mensuelles observées au niveau de la station deBATNA.	22
Tableau III-7 : Test d'homogénéité de la série pluviométrique	23
Tableau III-8: Résultat de l'ajustement (loi normal).	25
Tableau III-9 : Résultat de l'ajustement (loi log-normal).	27
Tableau III-10 : Test de validité des deux ajustements.	28
Tableau III-11: Ajustement à la loi log normale.	28

Tableau III-12: Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq= 80%).....	28
--	----

Chapitre IV : Calcul des besoins en eau des cultures.

Tableau IV.1 : Les résultats de ET0 obtenir à laide du logiciel CROPWAT.....	31
Tableau IV.2 : Calcul de la pluie efficace pour chaque mois en mm.....	31
Tableau IV-3: Assolement proposé pour le périmètre d'Ouled Fadhel.....	33
Tableau IV-4 : Cycle végétatif des cultures.	34
Tableau IV-5 : Calcul des besoins en eau du Blé/Orge.....	36
Tableau IV-6: Calcul des besoins en eau du Carotte.....	36
Tableau IV-7: Calcul des besoins en eau du Melon/Pastèque.....	37
Tableau IV-8 : Calcul des besoins en eau du Petit pois.....	37
Tableau IV-9: Calcul des besoins en eau du Tomate.	38
Tableau IV-10 : Calcul des besoins en eau du concombre.....	38
Tableau IV-11: Calcul des besoins en eau du Choux.....	39
Tableau IV-12: Calcul des besoins en eau du l'Oignon vert.....	39
Tableau IV-13: Calcul des besoins en eau du Haricot.....	40
Tableau IV-14: Calcul des besoins en eau d'Orge en vert.	40
Tableau IV-15: Calcul des besoins en eau du Vesce avoine.	41
Tableau IV-16 : Calcul des besoins en eau d'Olivier.....	41
Tableau IV-17: Calcul des besoins en eau du Pommier.....	42
Tableau IV-18: Calcul des besoins en eau d'Abricotier.....	42
Tableau IV-19: Récapitulatif des besoins pour l'assolement 1.	43
Tableau IV-20 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement 2.	44
Tableau IV-21: Besoin en eau d'irrigation des cultures.....	46

Chapitre V : Etude du système d'adduction.

Tableau V.1: Type de bornes en fonction du débit des ilots	50
Tableau V.2: Calcul des débits des prises et des bornes	50
Tableau V.3 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon	63
Tableau V.4: Résultats de calcul (vitesse, perte de charge et pressions).....	63
Tableau V.5 : Choix de la ventouse.....	67
Tableau V.6 : Choix de la vidange	67

Chapitre VI : Etude de la station de pompage.

Tableau VI-1 : Calcul de la HMT pour divers diamètres de la conduite.....	71
Tableau VI-2 : Calcul Des frais d'exploitation.	72
Tableau VI-3 : Variation des frais d'investissement en fonction du diamètre.	72
Tableau VI-4 : Bilan technico-économique des diamètres choisis.....	72
Tableau VI-5 : Caractéristiques des pompes disponibles.....	73
Tableau VI.6 : Pression atmosphérique en fonction de la côte.....	75
Tableau VI.7 : Pression de vapeur en fonction de la température.....	75
Tableau VI.8 : Coefficient de correction en fonction de la puissance du moteur.	76
Tableau VI-9 : Choix du type de bâtiment.....	77
Tableau VI.10 : Le bilan de consommations et l'apport journalier d'eau.....	79

Chapitre VII : Choix du système d'irrigation

Tableau VII.1. : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage.....	85
--	----

Chapitre VIII : Dimensionnement à la parcelle.

Tableau VIII-1: Diamètre de la rampe	91
Tableau VIII-2: Diamètre porte rampe.....	91
Tableau VIII-3 : Diamètre des conduites tertiaires	91
Tableau VIII-4: Les pertes de charge de la borne jusqu'au le goutteur le plus défavorable	92

Chapitre IX : Calcul technico-économique.

Tableau IX.1: Calcul des différents volumes.....	95
Tableau IX.2 : Frais des travaux sur réseau d'irrigation (adduction –refoulement).....	96
Tableau IX.3 : le Coût de l'équipement de distribution.....	96
Tableau IX.4 : Devis pour le réservoir de distribution.....	99
Tableau IX.5: Estimation de cout de deux stations de pompage.....	100

LISTE DES FIGURES

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude.

Figure I-1 Limites administratives de la wilaya de BATNA.....	1
Figure I-2 : Situation géographique de la zone d'étude. ECH (1/50000).....	3
Figure I-3 : Répartition saisonnière des pluies.	5
Figure I-4 : Répartition des températures moyennes interannuelles à la station de Batna	6
Figure I-5: Diagramme bioclimatique d'Emberger	10
Figure I-6 : Diagramme ombrothermique de Gaussen.	11

Chapitre III : Ressource en eau.

Figure III-1: Diagramme de classification des eaux d'irrigation d'après l'US Salinity Laboratory Staff (1954).....	21
Figure III-2 : Ajustement des pluies annuelles à la loi Normal.	25
Figure III-3 : Ajustement des pluies annuelles à la loi Log-Normal.	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre VI : Etude de la station de pompage.

Figure VI.1. Résultat de l'étude technico-économique.	73
Figure VI.2 : Courbes caractéristiques de la pompe	74
Figure VI.3. : Graphe des courbes de la zone de cavitation.	74

Chapitre VII : Choix du système d'irrigation.

Figure VII.1 : Systèmes d'irrigation.....	81
Figure VII.2 : Irrigation par aspersion.....	83
Figure VII.3. : Irrigation en goutte à goutte	84

Chapitre VIII : Dimensionnement à la parcelle.

Figure VIII.1 : Schéma explicatif du dispositif des goutteurs.....	92
--	----

Chapitre IX : Calcul technico-économique.

Figure IX .1 : Schéma d'une tranchée.....	93
Figure IX.2 : schéma explicatif de la station de pompage	98

LISTE DES PLANCHES

Planche N°1 : Plan de situation du périmètre de REMILA –OULED FADHEL W.BATNA.

Planche N°2 : Plan de réseau d'adduction du périmètre REMILA –OULED FADHEL
W.BATNA

Planche N°3 : Plan de réseau d'adduction du périmètre REMILA –OULED FADHEL
W.BATNA (Suite)

Planche N°4 : Profile en long de la conduite de refoulement du réseau d'irrigation du périmètre
REMI LA –OULED FADHEL W.BATNA

Planche N°5 : Plan de réseau goutte à goutte du périmètre REMILA –OULED FADHEL
W.BATNA

ملخص:

يندرج الهدف من انجاز مذكرة نهاية الدراسة ضمن السياسة الحالية المرتبطة بتسيير المساحات المسقية لمنطقة ولاد فاضل الواقعة بولاية باتنة، والذي يسعى إلى رفع المردودية الفلاحية، وذلك باستعمال أفضل لتقنيات في مجال السقي، إضافة إلى السعي نحو التسيير الأنجع للموارد المائية. وهذا لن يتحقق إلا بتبني أنظمة حديثة للسقي، التي اثبتت فعاليتها ميدانيا، كالأنظمة المتطورة الموجهة للسقي، المتميزة باقتصادها المعتبر في استغلال المورد المائي، كنظام السقي عن طريق التقطير ونظام السقي عن طريق الرش .

Résume :

L'objectif de notre mémoire s'inscrit dans le caractère de la politique actuelle de la gestion des périmètres irrigués de la zone Ouled Fadhel de la wilaya de BATNA; le but étant d'augmenter le rendement agricole, par l'utilisation des meilleurs systèmes d'irrigation, et une meilleure gestion des ressources en eau. Cet objectif passe par l'adoption des systèmes d'irrigation modernes qui ont prouvé leur fiabilité, à savoir : l'irrigation localisée. Ces systèmes présentent de multiples avantages tels que l'économie en eau.

Abstract:

The aim of our dissertation is included in the actual policy of the irrigated areas management in a way to attain a high investment feedback showing a better efficiency of the irrigation of the perimeter (Ouled Fadhel W. BATNA) from one part, and a better management and potentialities preservation on the other part. However, this aim can be achieved only by modern irrigation systems which proved their reliability. For example localized irrigation and the aspersion irrigation which is the most developed with the evolution of science and technology. These systems present many advantages like the importance of water saving.

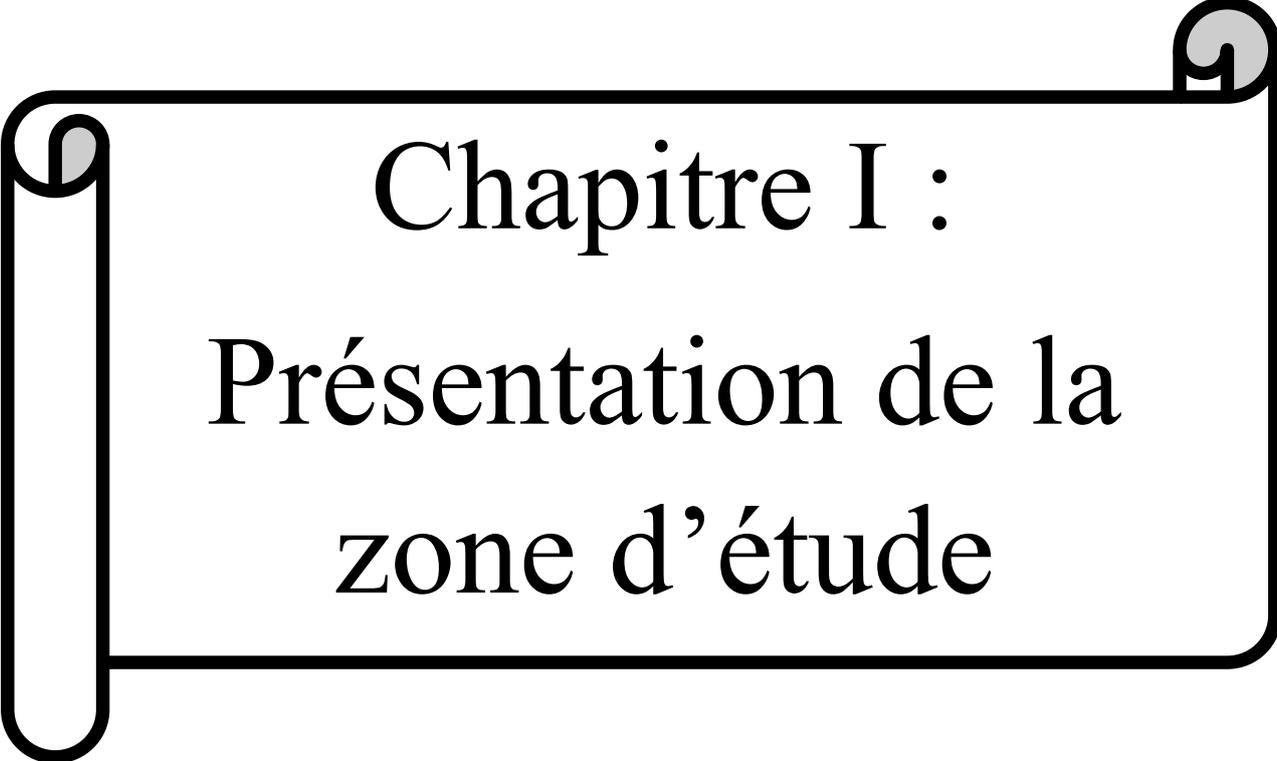
Introduction générale

Avec le développement socio-économique d'une part, et la forte pression démographique et urbanistique d'autre part, la demande en eau ne cesse de s'accroître. En Algérie, l'agriculture consomme entre 60 et 70% des ressources en eau, Compte tenu de ce qui précède, nous sommes obligés aujourd'hui à gérer cette ressource de manière intégrée et efficace, dans une perspective de long terme, et ainsi trouver des solutions pour répondre à la demande.

En effet, plus le climat est aride, plus la ressource en eau est limitée alors que les besoins en irrigation sont importants pour la production agricole. Dans le domaine de l'irrigation la solution consiste à identifier les futurs projets en adoptant les techniques et les procédés d'arrosage qui utilisent d'une façon rationnelle et efficace les volumes d'eau réservés. Donc c'est de faire tout un plan de gestion environnemental qui s'occupera de l'analyse des sols et des eaux superficielle et souterraines.

L'objectif de notre projet d'étude de l'aménagement hydro-agricole du périmètre de REMILA-OULED FADHAL entre dans le cadre de la valorisation des potentialités naturelles existantes en eau mobilisé au niveau du moyen barrage existant (d'une capacité de 68.38 Hm³) et en sol par la création de nouveau périmètre irrigable en se fixant sur l'amélioration des conditions d'exploitation de ces périmètres Irrigués par la promotion de l'investissement des équipements économiseur d'eau et de technique d'irrigation afin de diversifier les cultures agricole et ce pour augmenter les rendements agricole en quantité et en qualité pour réduire les importation pour une meilleur sécurité alimentaire et d'augmenter les revenus de la population concernée .

Les différents axes de notre étude se sont basés sur les paramètres climatiques, édaphique et agricole-pédologique, ainsi que le dimensionnement du réseau d'irrigation, station de pompage, réservoir de régulation en fonction des besoins en eau de différents cultures adoptées et le débit d'équipements correspondant, l'estimation du cout du projet du point technico-économique a finaliser notre travail.



Chapitre I :
Présentation de la
zone d'étude

Introduction

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

La zone d'étude concerne le périmètre de Rmila-Ouled fadhhal coté ouest, qui est situé dans la wilaya de Batna

I.1. Présentation générale de la wilaya de Batna

I.1.1. Situation géographique et organisation administrative

La wilaya de Batna se trouve dans la partie orientale de l'Algérie entre 4° et 7° de longitude est et 35° et 26° de latitude nord.

D'une superficie 12038.76km², le territoire de la wilaya de Batna s'inscrit presque entièrement dans l'ensemble physique constitué par la jonction de deux Atlas (Tellien et Saharien) ce qui représente la particularité physique principale de la wilaya et détermine de ce fait les caractères du climat et les conditions de la vie humaine.

Administrativement la wilaya de Batna est composée de 21 daïra et 61 communes. Limitée :

- au Nord par les wilayas d'Oum El-Bouaghi, Mila et Sétif
- à l'Est par la wilaya de Khenchela
- au Sud par la wilaya de Biskra
- à l'Ouest par la wilaya de Msila

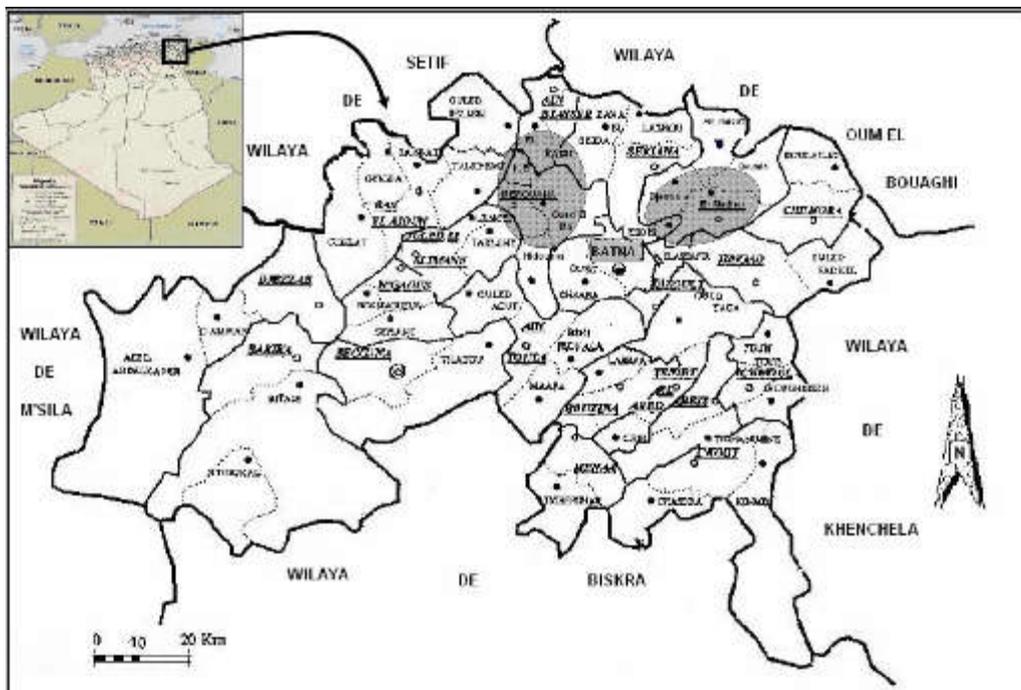


Figure I-1 Limites administratives de la wilaya de BATNA

I.1.2. Localisation et présentation de la région d'étude

Le périmètre est située dans la région Est du pays et se rattache administrativement à deux wilayas de Khenchla et de Batna. Il s'étend entre les villes de Touffana à l'Ouest et d'El Hamma à l'Est. La zone d'étude est limitée :

- Au nord par le douar oulad fadhel et chemmora.
- A l'Est par la wilaya de Khenchla.
- A l'Ouest par le douar ouled barbar.
- Au sud par la ville de Touffana.

La zone d'étude proprement dite est située selon les coordonnées

$$X= 285000 \text{ m} \quad - \quad 300000 \text{ m.}$$

$$Y=3928000 \text{ m} \quad - \quad 3938000 \text{ m.}$$

LOCALISATION

L'aire d'étude de Touffana, marqué en rouge, est situé dans la région Est de l'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. ECH (1/50000)

I.2. Caractéristiques géologiques et hydrogéologiques de la zone

La plaine de Remila-Oueld Fadhel forme une vaste dépression d'environ 60Km de long sur 20Km de large, comblée de dépôts pilo-quaternaires.

Les massifs qui l'encadrent sont :

Au Sud, les djebels Chelia et Aidel

A l'Ouest, le djebel Amrane

Au Nord, le djebel Fedjoudj

Ces djebels sont essentiellement crétacés les formations s'étageant du Crétacé moyen (Aptien) au crétacé supérieur (Cénomaniens, Turonien, Sénonien).

Grossièrement, le bassin est constitué de deux structures synclinales parallèles, orientées Est-Ouest et séparées par la structure anticlinale du djebel Amrane dont le prolongement vers l'Est est enfoui sous un recouvrement plus récent.

Sur le flanc sud du bassin, la série crétacée est la plus complète : Cénomaniens, Turonien, Sénonien.

Dans le synclinal sud est venu de déposer le miocène inférieur marin qui forme une série d'affleurements continus qui constituent les contreforts Nord du massif de l'Aurès.

Les affleurements (constitués essentiellement par des calcaires à Lithothamnées eux-mêmes surmontés d'un poudingue à ciment calcaire dans la région de Tazoult à Timgad) sont constitués par des marnes gréseuses et des bancs de grés, reposant directement sur le conglomérat de base.

I.2.1. Réseau hydrographique

Plusieurs oueds traversent la superficie de ce périmètre en direction S-N. Ils se ramifient en plusieurs branches provisoires, continuant leurs cours vers le chott Garaet-el-Tarf.

Les oueds les plus importants sont : Oued Sidi Dahmane, Oued Marhoum et Oued Dahmane, coulant d'ouest vers l'est.

I.2.2. Géomorphologie

La plaine Remila – Oueld Fadhel se situe à des altitudes qui varient 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. Les terrasses récentes constituées de sols peu évoluées, de vertisols et de sols calcimagnésiques.

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 ravineaux très marqués et deviennent nuls en bas de pente.

I.3. Etude climatologique

Dans un projet d'irrigation, les facteurs climatiques les plus déterminants sont les températures, l'humidité relative, l'intensité des vents et leur direction, la fréquence des jours de gelée et de sirocco ; ils constituent un ensemble d'éléments décisifs.

I.3.1. Choix de station de référence

Pour l'étude des facteurs climatiques, on se base sur les stations climatologiques les plus proches du périmètre, pour avoir une bonne précision des paramètres climatiques

Pour bien caractériser le climat de notre zone d'étude, nous avons exploité une série d'observation de 10 ans relevée dans la station météorologique Aéroport de Batna

Tableau I.1: Caractéristiques géographiques la station de Batna. Source ANRH Alger

Nom de la station	Code	Coordonnées		Altitude (m)	Période d'observation	Nbr d'années observées
		X (Km)	Y (Km)			
Batna	070502	858.4	277.55	859	1972 - 2011	39

I.3.2. Pluies Mensuelles

L'analyse des pluies mensuelles permet de connaître la répartition de la pluviométrie à l'échelle de l'année, ce qui permet de déduire les déficits d'écoulements saisonniers.

Tableau.2: Les pluies moyennes mensuelles à la station de Batna. Source : ANRH Alger de 1972 à 2011.

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			La somme
Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
P_{moy}	21,32	17,82	16,38	20,14	24,44	18,39	22,55	22,11	25,28	11,78	3,08	9,35	212,65
P_{moy} saison	55,52			62,97			69,94			24,21			212,65
%	26,11			29,61			32,89			11,38			100,00

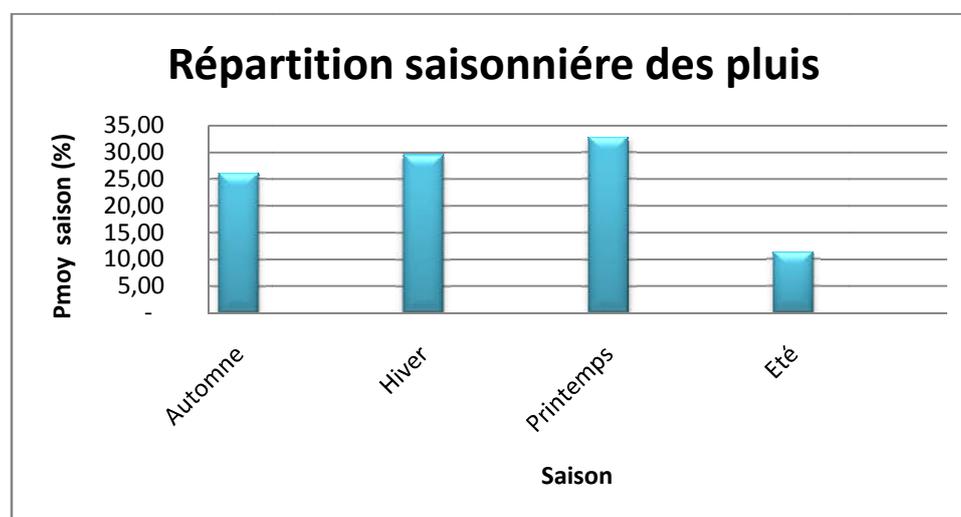


Figure I-3 : Répartition saisonnière des pluies.

I.3.3. Les températures

Les relevés mensuels moyens des températures sur une période de 13 ans de (2000 à 2013) est donnée par le tableau suivant :

Tableau I.3: Répartition des températures moyennes interannuelles (station de Batna).

Source : ONM Alger

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Tmin °C	0,1	0,3	2,9	6,2	10,7	14,9	17,5	17,7	14,1	10,1	4,6	1,4
Tmoy °C	6,2	7	10,3	13,5	18,6	23,6	26,8	26,4	21,6	17,2	10,7	6,9
Tmax °C	12,3	13,6	17,7	20,9	26,5	32,3	36	35,1	29	24,3	16,7	12,4

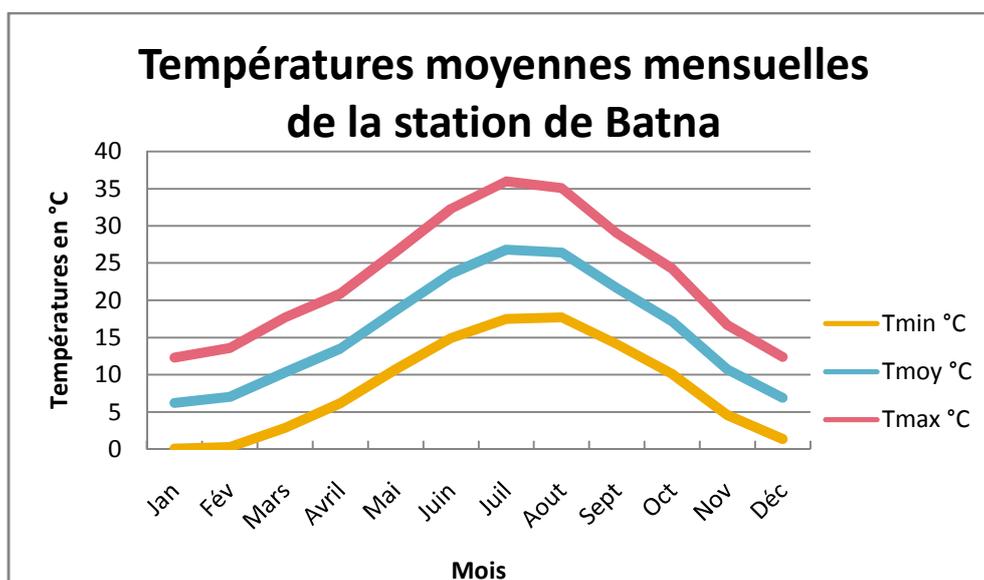


Figure I-4 : Répartition des températures moyennes interannuelles à la station de Batna

L'analyse du tableau montre que la région se caractérise par une température moyenne annuelle de l'ordre de 15,73°C avec une température maximale enregistrée est de 36 °C en juillet et une température minimale enregistrée en janvier est de l'ordre de 0,1 °C.

I.3.4. L'humidité relative

L'humidité relative est le pourcentage de vapeur d'eau dans l'air par rapport à celle qu'il pourrait contenir à la même température. Elle nous ressort une approche sur l'état hydrométrique de l'air. (MAOYER .M et al 2002).

Tableau I.4: Humidité relative à la station de Batna. Source: ONM Alger

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Humidité (%)	73	68	60	59	55	45	38	42	57	60	67	74

L'analyse du tableau fait ressortir un maximum en Décembre et Janvier avec respectivement 74%, 73% et un minimum de 38% en Juillet.

I.3.5. Le vent

C'est un facteur déterminant pour le choix du système d'irrigation, les valeurs ci-dessous représentent la vitesse moyenne du vent.

Tableau I.5: Vitesse du vent moyenne mensuelle. **Source : ONM Alger**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
Vitesse de vent (m/s)	3	3,4	3,6	4,1	3,8	3,9	3,9	3,8	3,4	3,2	3,5	3,3	3.56

Les vitesses du vent sont relativement faibles et homogènes durant toute l'année. La moyenne annuelle est de 3.56 m/s.

I.3.6. Gelée blanche

Il est à noter que la gelée blanche est connue par ses effets néfastes sur les cultures et exulte la pratique des cultures de primeur, les cultures sous serres (cultures protégées) et même des cultures précoces conduites d'une manière compétitive.

Tableau I.6 : Nombre de jours moyens de gelée à la station de Batna. **Source : ONM Alger**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Gelée (Jr)	15,6	13,3	6,3	1,2	0	0	0	0	0	0	2,5	11,1

La gelée blanche s'observe à partir du mois Novembre pour atteindre le maximum durant la période de Décembre à Février.

Les gelées apparaissent au hiver (Janvier, Février et Décembre) constituant une menace sérieuse pour les productions spéciales, notamment pour l'arboriculture.

I.3.7. Les orages

En période humide les orages sont en général accompagnés de fortes averses, ils peuvent être aussi accompagnés de grêles.

Tableau I.7 : Nombre de jours moyens d'orage à la station de Batna. **Source : ONM Alger**

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Orage	0,2	0,2	1,2	2,1	5,5	5,3	4,2	5,8	6,5	2,6	0,7	0,5

Les plus grandes valeurs s'observent surtout à partir de Mai jusqu'au mois de Septembre avec un maximum au mois de Aout et Septembre

I.3.8. La grêle et la neige

Nous disposons du nombre de jours de neige et de grêle à la station de Batna.

Tableau I.8: Nombre de jours de neige et grêle (Station de Batna). **Source : ONM Alger**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Neige	22	21	9	0	0	0	0	0	0	0	2	18
Grêle	0	0	1	1	1	1	1	1	2	1	0	0

Le nombre de jours de grêle est de 9 jours/an. Avec un maximum au mois de Septembre (2 jours) Donc on peut considérer que la grêle est peu fréquente dans cette région

I.3.9. Le Sirocco

Le siroco peut être observé dans n'importe quel mois de l'année. C'est le vent sec et chaud qui assèche le sol et fait augmenter l'évapotranspiration des plantes et de ce fait il constitue un danger pour les cultures agricoles.

Le nombre de jours moyen de siroco pris d'après les données de l'ONM Alger pour la période de 1996 – 2008, est indiqué dans le tableau suivant :

Tableau I.9: Nombre de jours moyens de sirocco à la station de Batna. **Source : ONM Alger**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Sirocco	0	0	0,1	0,1	0,2	1,3	1,6	1,0	0,1	0	0	0

I.3.10. Durée d'insolation

L'insolation est un paramètre climatique que l'on utilise pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle.

La durée moyenne mensuelle de l'insolation est celle calculée d'après les données de l'ONM Alger

Tableau I.10 : Durée moyenne mensuelle de l'insolation à la station de Batna **Source ONM Alger**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
L'insolation (h)	178,1	189	235,5	250,4	285,7	310,5	349,2	316,1	252,7	234,6	184,2	158,8

La durée d'insolation varie irrégulièrement durant l'année. Elle augmente en été et atteint son maximum en Juillet avec une moyenne mensuelle de 349.2 h. Puis elle descend progressivement jusqu'à l'hiver ou elle atteint une valeur minimale de 158.8 h en Décembre.

I.3.11. L'évaporation

L'évaporation est un problème physique qui croît avec la température et la sécheresse de l'air.

Tableau I.11: L'évaporation moyenne mensuelle à la station de Batna **Source ONM Alger**

Mois	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Evaporation (mm)	56,5	68,1	109	144,3	184,9	261,9	313,5	289,5	176,6	134,4	86,7	55,3

I.4. Les caractéristiques bioclimatiques

Pour la classification du climat, on utilise généralement les paramètres agro-météorologiques, qui reposent sur la température et la pluviométrie de la zone.

I.4.1. Indice de Martonne

L'indice d'aridité de Martonne est un paramètre qui permet la classification du climat en fonction d'un rapport de température sur la pluviométrie annuelle, cet indice nous renseigne sur la nécessité d'introduction de l'irrigation par rapport au climat :

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

Avec :

I_A : indice climatique.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (°C)

Tableau I.12: Classification du climat selon de Martonne

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

Dans notre cas, nous avons :

$$I_A = \frac{212.64}{15.73 + 10} \approx 8.26$$

$I_A=8.26$ donc : $5 < I_A < 10$

D'où notre climat est très sec, on conclue que l'irrigation est indispensable.

I.4.2 Classification du climat selon le diagramme d'Emberger :

Le quotient pluviométrique d'Emberger s'exprime par la formule suivante :

$$Q = \frac{1000.p}{\frac{M+m}{2} \cdot (M-m)} = \frac{2.1000.p}{M^2 - m^2}$$

Avec :

Q : coefficient pluviométrique d'Emberger.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : moyenne des températures maximales (Kelvin).

m : moyenne des températures minimales (Kelvin).

Pour : $P=212.64$ $M=36^\circ\text{C}$ et $m=0.1^\circ\text{C}$

D' où

$$Q = \frac{2 \cdot 1000 \cdot 212.64}{(36+273)^2 - (0.1+273)^2} = 50.13$$

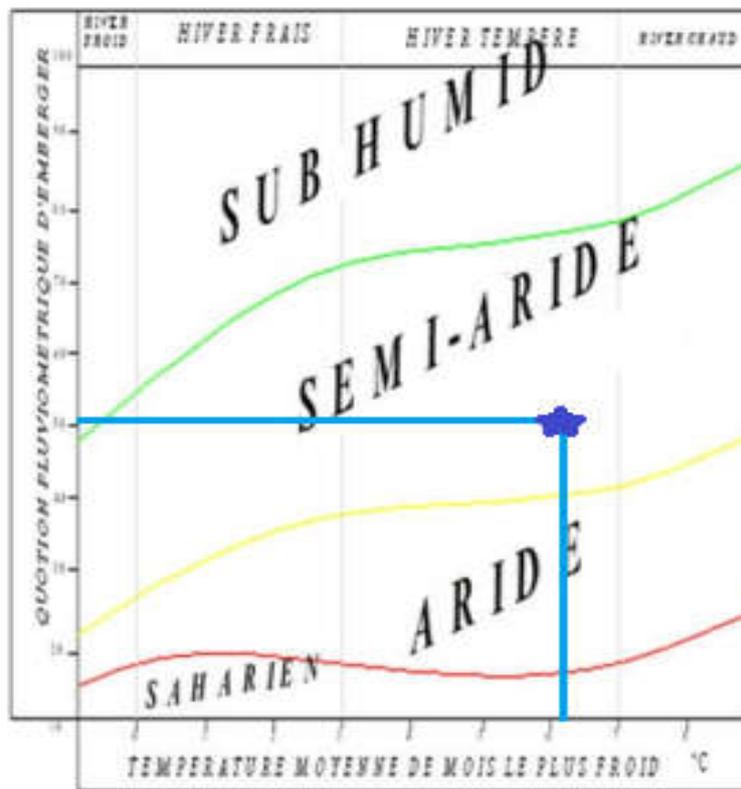


Figure I-5: Diagramme bioclimatique d'Emberger

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

I.4.2. Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen

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

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

Tableau I.13: Les températures et les pluies moyennes

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
T _{mov} (°C)	6,2	7	10,3	13,5	18,6	23,6	26,8	26,4	21,6	17,2	10,7	6,9
P (mm)	24,44	18,39	22,55	22,11	25,28	11,78	3,08	9,35	21,32	17,82	16,38	20,14

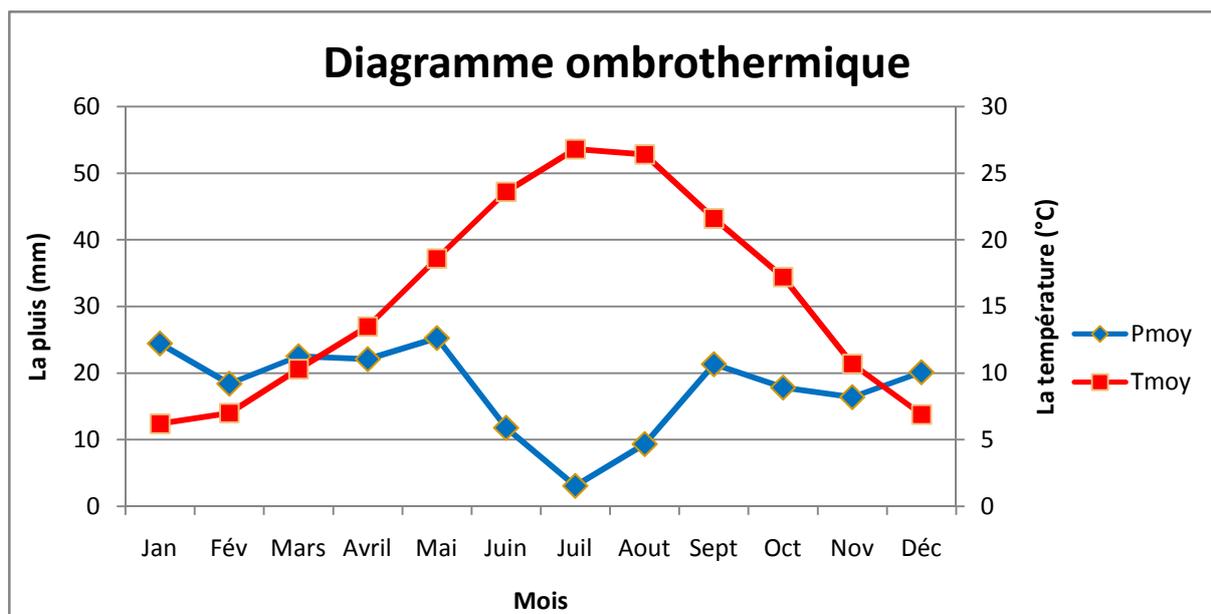


Figure I-6 : Diagramme ombrothermique de Gausсен.

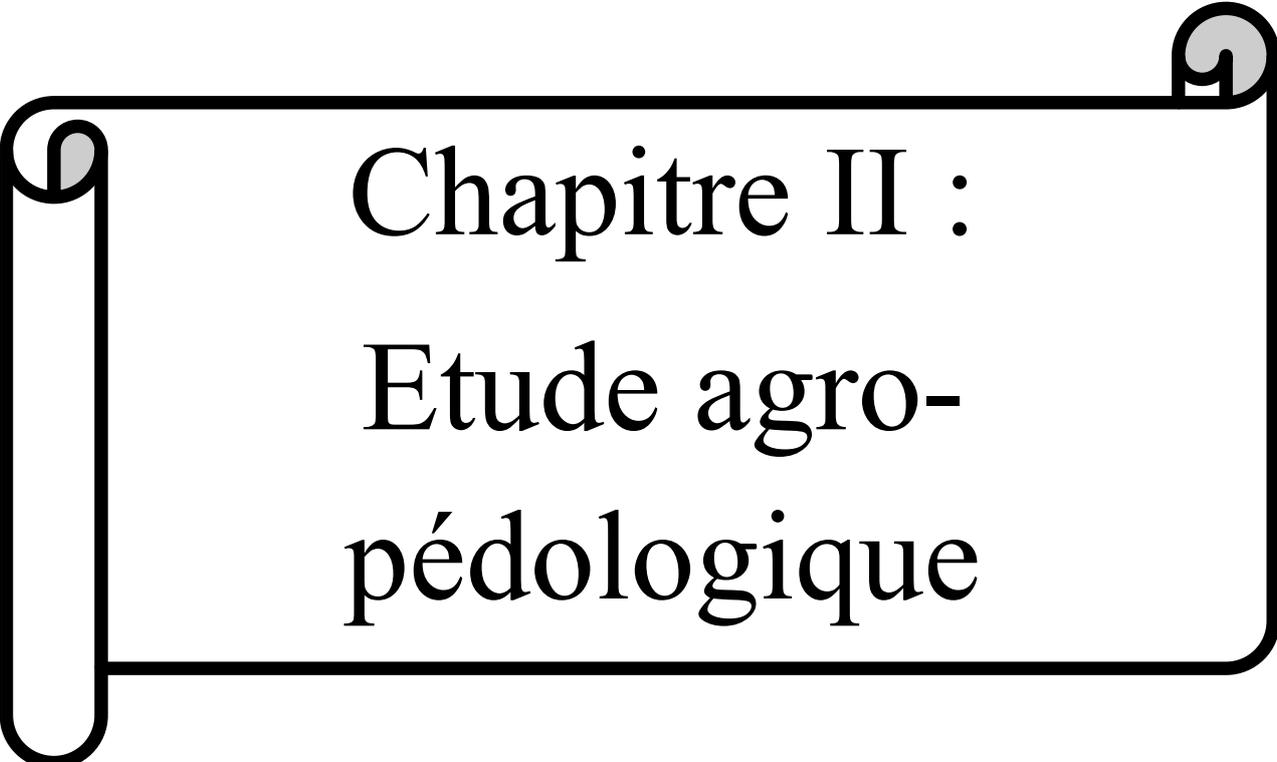
D'après le diagramme d'ombrothermique de Gausсен, on voit que la période sèche s'étale du mois de Avril jusqu'au mois de Novembre

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 sec avec un régime pluviométrique variable en volume et en répartition dans le temps. L'année est caractérisée par un hiver froid et relativement pluvieux et un été sec.

Vu l'aridité de la zone d'étude, l'irrigation représente donc un facteur décisif pour l'obtention de rendements acceptables des différentes cultures.



Chapitre II :
Etude agro-
pédologique

Introduction

La vocation du sol la plus importante est la production végétale, le sol est la base essentielle de toute production agricole, il constitue pour la plante un support, une réserve d'eau et d'éléments nutritifs, son étude est donc indispensable lorsque on veut envisager le perfectionnement continu des techniques culturales pour obtenir le rendement maximal de la production agricole pour qu'une plante valorise mieux son potentiel génétique il faut que le milieu où elle pousse assure non seulement les meilleures conditions d'alimentation possible.

II .2 L'étude pédologique du périmètre a pour objectif

- ❖ D'apprécier les potentialités des terres vis-à-vis de l'irrigation en mettant l'accent sur une hiérarchie d'aptitude des différentes zones et sur l'existence des contraintes éventuelles pour les projets de mise en valeur.
- ❖ De fournir des données fondamentales caractérisant les relations entre le sol et l'eau, qui conditionnent la conduite et l'organisation des carrossages.

Elle consiste à une connaissance approfondie sur le sol qui conduit à déterminer la qualité d'eau indispensable à l'irrigation

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

II .3 Les caractéristiques chimiques du sol

L'étude chimique du sol va nous montrer comment le sol retient les éléments minéraux et les met à la disposition de la plante grâce à des tests chimiques comportant le dosage de la fraction directement utilisable de la solution du sol et les réserves facilement mobilisables du complexe argilo-humique.

La méthode utilisée sur le terrain est celle de l'ouverture de tranchées de plus de 2 mètres de profondeur et de 1 mètre de large à l'aide de la pelle mécanique.

Tous les échantillons des profils sont envoyés au laboratoire de l'A.N.R.H de Constantine pour être analysés selon des méthodes bien adaptées.

Les points de prélèvement sont répartis dans l'ensemble de la parcelle. Comme si un découpage préalable avait été opéré. Chaque prise caractérise une zone qui présente une homogénéité supérieure à celle de la parcelle entière.

La réunion des prises effectuées selon le plan de prélèvement retenu constitue l'échantillon moyen.

◆ **Sol calcimagnésique** : Ce type de sols est localisé dans des zones surélevées et assez éloignées des cours d'eau. Ils reposent sur une croûte ou un encroûtement. Ils occupent une grande superficie.

Leur situation dans le paysage permet à ces sols de rester sains. Le drainage se fait naturellement.

II .3.1 Description morphologique du profil n° 1

- ◆ Localisation : Ouled Fadhel W Batna.
- ◆ Topographie : plane
- ◆ Micro relief : uni plat
- ◆ Culture : Jachère

Coordonnées Lambert : X: 286.220 Km Y : 3929.829Km

◆ **Classification :**

- Classe : Calcimagnésique
- Sous classe : Carbonaté
- Groupe : Brun calcaire
- Sous groupe: vertique h
- Famille : alluvion Colluvion fine calcaire
- Série : Profond
- Type: Texture argileuse

Description:

- 0-30cm: Horizon de labour remanié sec brunclair (10YR5/6) texture **argileuse argileuse**- structure polyédrique fine poreux nombreux Débride coquillages quelques nodules calcaires **Effervescence** à l'HCL.
- 30-60 cm : Sec - brun (10YR5/4) - texture **limono argileuse** - structure polyédrique fine à moyenne poreux quelques nodules et Débris de coquillages - apparition de fentes de retrait verticales **Effervescence** à l'HCL - Transition graduelle –
- 60-120 cm : Sec – brun (10YR5/6) - texture **limono argileuse** – structure grossière se débitant en polyèdres grossiers face de glissement et nodules de calcaires **Effervescence** à l'HCL

Tableau II.1: résultats analytiques du profil n°1

Profondeur en cm	0-30	30-60	60-120
Granulométrie	LA	LA	LA
Argiles en%	37	17	17
Limons fins en%	48	68	75
Limons grossiers en%	03	03	02
Sables fins en%	06	06	02
Sables grossiers en%	01	01	01
Matières organiques			
Matières organiques en%	0.95	0.69	0.52
Carbone (C)%°	5.5	4.0	3
Azote (N)en%°	0.53	0.41	0.29
C/N	10.37	9.75	10.34
Réserves Minérales			
CaCo ₃ total en%	27.36	23.56	22.04
CaCo ₃ actif en%	11.5	11.1	11.7
P ₂₀₅ total à P%°	1.01	0.95	1.15
P ₂₀₅ assimilable (ppm)	112	127	124
K ₂₀ en%°	0.17	0.19	0.21
K ₂₀ assimilable ppm	255	230	260
Complex Absorbant			
Cameq/100gr	35	32	28
Mgmeq/100gr	4.8	4.4	3.5
Na meq/100gr	0.60	2.2	1.7
Kmeq/100gr	0.22	0.14	0.80
Complexe Absorbant			
CECmeq/100gr	40	35.4	31.8
Solution du sol			
%Saturation	55	75	40
PH	7.6	7.6	8.1
CEmmhos/cm	1.0	3.4	4.2
Bilan Ionique			

Na ⁺ meq/l	/	5.6	6.6
K ⁺ meq/l	/	0.1	0.1
Ca ⁺⁺ meq/l	/	9.7	11.0
Mg ⁺⁺ meq/l	/	92.9	122.4
(HC03) meq/l	/	0.3	0.5
(S04) meq/l	/	67.5	67.4
(CL) meq/l	/	47.3	68.2

II .3.1.1. Caractéristiques physico chimiques

Les sols de ce sous groupe présentent une conductivité toujours supérieur à 1 mmhos par centimètre en surface et augmente en profondeur pour atteindre 4.2mmhos/cm.

CE <4 mmhos/cm donc votre sol n'est pas sale d'après (**Raoul Calvet ;2003**).

La structure est de type polyédrique fine dans l'horizon de surface.et devient polyédrique moyenne à grossière à partir du deuxième horizon. Le rapport C/N est voisin de 09 (il varie de 9 à 10.37) ce qui correspond à une matière organique bien décomposée

II .3.2. Description morphologique du profil n° 2

- ◆ Localisation : Ouled Fadhel w Batna
- ◆ Topographie : plane
- ◆ Micro relief : plat
- ◆ Culture : Jachère non travaillée

Coordonnées Lambert : X: 298.916 Km Y : 3941.809Km

◆ Classification :

- Classe : Calcimagnésique
- Sous classe : Carbonaté
- Groupe : Brun calcaire
- Sous groupe: vertique
- Famille : alluvion Colluvion fine calcaire
- Série : sur alluvion Profond
- Type : Texture argileuse

Description :

- 0-30cm: secbrunclair(10YR5/6) texture **équilibrée**, structure polyédrique fine arrondie poreux friable nombreux chevelu racinaire et Débride coquillages fentes de retrait verticales-HCL ++-transition graduelle
- 30-50cm : frais - brun (10YR3/4) - texture **limono argileuse** - structure polyédrique moyenne à grossiers peu poreux peu friable nombreux chevelu racinaire et débris de coquilles face de glissement -HCL++- transition graduelle
- 60-120cm : frais – brun clair 10 YR 3/4 texture limono -argileuse structure polyédrique moyenne grossière- peu poreux -peu friable- quelque chevelus racinaire -quelque faces de glissement – débris de coquilles- HCL++

Tableau II.2: résultants analytiques du profile n°2.

Profondeur en cm	0-30	30-60	60-120
Granulométrie	LA	LA	LA
Argiles en%	18	29	39
Limons fins en%	20	36	44
Limons grossiers en%	22	16	06
Sables fins en%	34	14	06
Sables grossiers en%	01	00	00
Matières organiques			
Matières organiques en%	9.80	13.93	13.07
Carbone (C) %°	5.70	8.10	7.60
Azote (N) en %°	0.40	0.63	0.64
C/N	14.25	12.85	11.87
Réserves Minérales			
CaCo3 total en%	21.40	21.20	22.80
CaCo3 actif en%	6.13	9.63	9.70
P205 total à P %°	1.78	1.64	1.43
P205 assimilable (ppm)	93.80	79.14	52.90
K20 en %°	0.17	0.19	0.21
K20 assimilable ppm	0.97	1.03	1.03
Complexe Absorbant			
Cameq/100gr	11.00	13.00	14.75
Mgmeq/100gr	3.65	5.42	6.77
Nomeq/100gr	0.42	0.55	0.42
Kmeq/100gr	1.09	0.98	1.41
CECmeq/100gr	16.81	22.36	24.03
Solution du sol			
%Saturation	52	50	
PH	7.74	7.69	7.73
CEmmhos/cm	1.84	4.13	5.13
Bilan Ionique			
Na+ meq/l	5.6	4.6	/
K+ meq/l	0.2	0.2	/
Ca++ meq/l	37.7	32	/
Mg++ meq/l	13.8	10	/
(HC03) meq/l	1.6	3.6	/
(S04) meq/l	6.9	4	/
(CL) meq/l	42.7	44.6	/

II .3.2.1. Caractéristiques physico chimiques

Les sols de ce sous-groupe présentent une conductivité toujours inférieure à 1,84mmhos par centimètre en surface et augmente en profondeur pour atteindre 5,5mmhos/cm. CE <4 mmhos/cm donc votre sol n'est pas sale d'après (**Raoul Calvet ;2003**). La structure est de type polyédrique fine dans l'horizon de surface et devient polyédrique moyenne à grossière à partir du deuxième horizon. Le rapport C/N est (il varie de 11,87 à 14,25). Ce qui correspond à une matière organique bien décomposée

•profile: 01

Tableau II.3:: caractéristiques protals des profiles

Horizon	Texture	Da	Dr	P%
0 - 30	A	1.73	2.20	21.26
30 - 60	LA	1.75	2.24	21.88
60 - 120	LA	1.73	2.28	24.12

•profile: 02

Tableau II.4:: caractéristiques protals des profiles

Horizon	Texture	Da	Dr	P%
0 - 30	A	1.56	2.19	24.66
30 - 60	LA	1.66	2.2	24.55
60 - 120	LA	1.7	2.24	24.11

II.4. Classes de sols

Lors de la prospection pédologique nous avons rencontré quatre classes de sols dans le périmètre de Rémila-Ouled-Fadhel :

- SOLS PEU EVOLUES
- VERTISOLS
- SOLS CALCIMAGNESIQUES
- SOLS HALOMORPHES

II.4.1. Zones homogènes

Ce sont des zones ayant les mêmes aptitudes aux cultures irriguées et les mêmes problèmes d'aménagement. Elles sont classées selon leur intérêt pour la mise en valeur d'après un choix des spéculations envisagées et d'après l'importance des travaux d'aménagement à entreprendre.

II.4.2. Catégorie de sols

Les caractéristiques des catégories déterminées sont les suivantes :

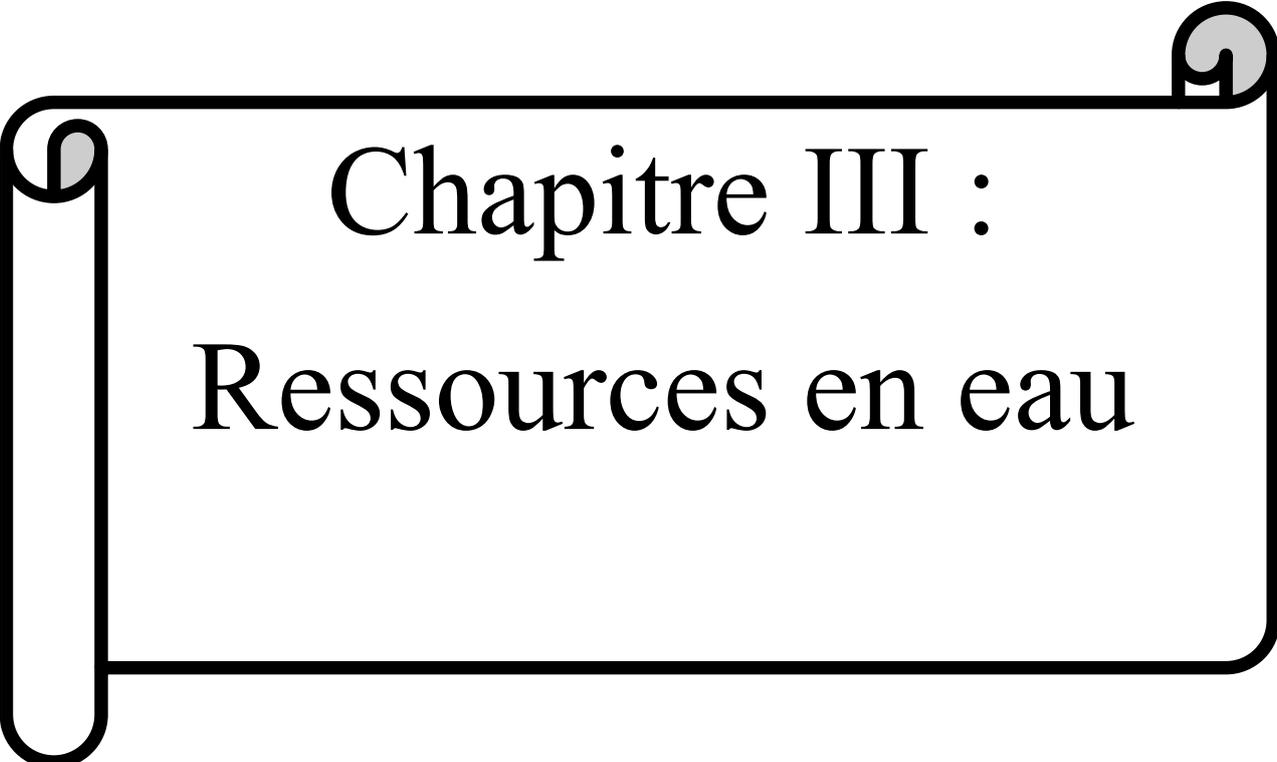
Zones	Caractéristique	Aptitudes culturales
I	*potentialités en sol très favorables, permettant une mise en valeur hautement productive sans aménagement au perméable *Texture moyenne * Profondeur des profils superieur 120 cm	aptitude à l'irrigation très élevée. Bons pour les cultures céréalières et fourragères Très bon pour l'arboriculture
II	Sols présentant des problèmes mineurs d'aménagement: * Vertisolisation * Niveau mal drainant à moyenne profondeur * Texture fine * Teneur élevée en CaCO ₃ actif	Sols bons pour les cultures maraîchères adaptées aux textures fines. Bons pour les cultures céréalières et fourragères. Moyens pour l'arboriculture.

III	III ₁	<ul style="list-style-type: none"> * Vertisolisation * Hydromorphie peu prononcée * Texture fine 	Bons pour les cultures céréalières et fourragères. Bons à moyens pour les cultures maraîchères Inaptes pour les cultures arbustives
	III ₂	<ul style="list-style-type: none"> * Texture grossière * Charge en éléments grossiers importante * Profondeur des profils Varie entre 80 cm et 120 cm 	Bons pour les cultures céréalières, fourragères, moyennes pour les cultures maraîchères et céréalières ainsi que pour quelques cultures arbustives
IV		<ul style="list-style-type: none"> * Texture grossière * Charge en éléments grossiers importante * Peu profond 	
V		<ul style="list-style-type: none"> * Il s'agit des zones exclues à cause : * Agglomération * Infrastructures * Cimetière * Zone d'emprunt des matériaux 	Inaptes pour les cultures arbustives

Conclusion

L'étude pédologique nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

- Les sols de périmètre sont classés en quatre classes : sols peu évolués. Sols calcimagnésiques, les vertisoles et les sols halomorphes.
- D'une manière générale les sols du périmètre présentent des structures variées une texture **argileuse à argileux limoneuse**. Des taux de calcaire moyen
- Ce sont des sols moyennement pauvres en matières organiques.
- La conductivité électrique varie d'un profil à un autre. Leur moyenne du profil 1 = 4.2 mmho et du deuxième profil = 4.03 mmho
- La densité apparente varie entre **1.56 et 1.75 (g/cm³)**.



Chapitre III :
Ressources en eau

Introduction

Dans les projets d'irrigation d'un grand périmètre, la mobilisation des ressources en eau est importante, car l'aménagement agricole d'un périmètre est tributaire de l'existence de ressources en eau disponibles et suffisantes pour le développement de toutes les spéculations cultivées dans ce périmètre.

Le but principal de ce chapitre est de déterminer les caractéristiques en eau et de la qualité de l'eau d'irrigation, ainsi que les caractéristiques statistiques des pluies de fréquence données qui vont nous permettre de quantifier les besoins en eau qui peuvent alimenter notre zone d'étude.

III.1. Alimentation en ressources en eau du périmètre

III.1.1. Barrage de KOUDIAT MEDAOUAR

Le barrage de Koudiat Medaouar sur l'oued Chemorah se situe à l'Ouest du périmètre de Remila- Ouled Fadhel au pied des monts Mahmel, Bou Tlarmine et Ichemoul. Le bassin versant a 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. Le barrage contrôle un bassin versant de 590 km². Ses principales caractéristiques sont résumées comme suit: **[1]**

Tableau III-1: Caractéristiques générales du barrage KOUDIAT MEDAOUAR

Caractéristiques	Valeurs
Capacité brute	69 Hm ³
Capacité utile	68,38 Hm ³
Volume annuel régularisable	20 Hm ³
Superficie de la retenue	6,7 km ²
Cote de la retenue normale	992.5 m
Cote de la retenue minimale	965.0 m
Cote de la retenue maximale	997.0 m

III.1.2. Qualité de l'eau d'irrigation

Pour donner un aperçu sur la qualité de l'eau qui sera emmagasinée au barrage de KOUDIAT MEDAOUAR nous avons utilisé les données des analyses réalisées à l'ANRH sur des prélèvements effectués à la station hydrométrique

Tableau III-2: Caractéristique chimiques de l'eau d'irrigation

Paramètres	valeurs
CE (mmhos/cm)	1,08
Ca (mg/l)	112,53
Cl (mg/l)	90,83
Na (mg/l)	85,50
Mg (mg/l)	32,25
K (mg/l)	5,25
SO4 (mg/l)	299,17
Rs105 (mg/l)	673,17
T (c°)	16,88
PH	7,72
HCO3 (mg/l)	145,89
MES105 (mg/l)	27,83
DBO5 (mg/l)	2,58
DCO (mg/l)	35,58
MO Acide (mg/l)	5,51
NO3 (mg/l)	3,42
NO2 (mg/l)	0,11
NH4 (mg/l)	0,05
PO4 (mg/l)	0,04

III.2. Classification des eaux pour l'irrigation

La classification des eaux d'irrigation est basée sur deux paramètres : la Conductivité électrique CE et le rapport d'absorption du Sodium SAR.

III.2.1. La conductivité électrique

C'est un paramètre physique très important car il traduit le degré de minéralisation des eaux, il permet d'avoir rapidement l'ordre de la minéralisation globale de l'eau, elle est mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm. On distingue quatre classes de danger de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique, selon la classification américaine :

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

Classe	Conductivité électrique CE (mmhos/cm)	Qualité des eaux
C1	$CE \geq 0,25$	Risque faible de salinité
C2	$0,25 < CE \leq 0,75$	Risque moyen de salinité
C3	$0,75 < CE \leq 2,25$	Risque élevé de salinité
C4	$CE > 2,25$	Risque très élevé de salinité

Remarque :

- 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.

III.2.2. Taux d'absorption du Sodium (SAR)

Si l'eau est riche en Sodium, celui-ci peut se fixer sur le complexe du sol et exercer alors une action défloculation. Pour apprécier le risque alcalin, on compare donc la concentration en ions Na^+ et celle en ions Ca^{++} et Mg^{++} . Quatre classes de danger d'alcalinisation ont été définies en relation avec le risque salin.

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

Na : Sodium en mg équiv/l

Ca : Calcium en mg équiv/l

Mg : Magnésium en mg équiv/l

Tableau III-4 : Classification des eaux en fonction du SAR

Classe	SAR en Méq/l	Danger d'alcalinisation
S1	$\text{SAR} \leq 10$	Risque alcalin faible
S2	$10 < \text{SAR} \leq 18$	Risque alcalin moyen
S3	$18 < \text{SAR} \leq 26$	Risque alcalin élevé
S4	$\text{SAR} > 26$	Risque alcalin très élevé

Remarque :

- **Classe S1** : l'eau peut être utilisée sur pratiquement n'importe quel type de sol avec un risque minimal d'accumuler du sodium à un niveau dommageable.
- **Classe S2** : l'eau présente un danger appréciable d'accumuler du sodium à un niveau dommageable pour les sols ayant une texture fine et une capacité d'échange cationique (CEC) élevée.
- **Classe S3** : peut produire des niveaux dommageables de sodium dans pratiquement tous les types de sols.
- **Classe S4** : cette eau est généralement inadéquate pour l'irrigation.

A.N : On trouve un SAR (méq/l) = **10.05**

Selon cette classification l'eau du barrage Koudiat medaouar comporte des risques alcalins moyens (S2) et un risque très élevé de salinité.

Pour déterminer la classe des eaux d'irrigation de notre barrage on se base sur le diagramme de Riverside, d'après l'US Salinity Laboratory Staff (1954).

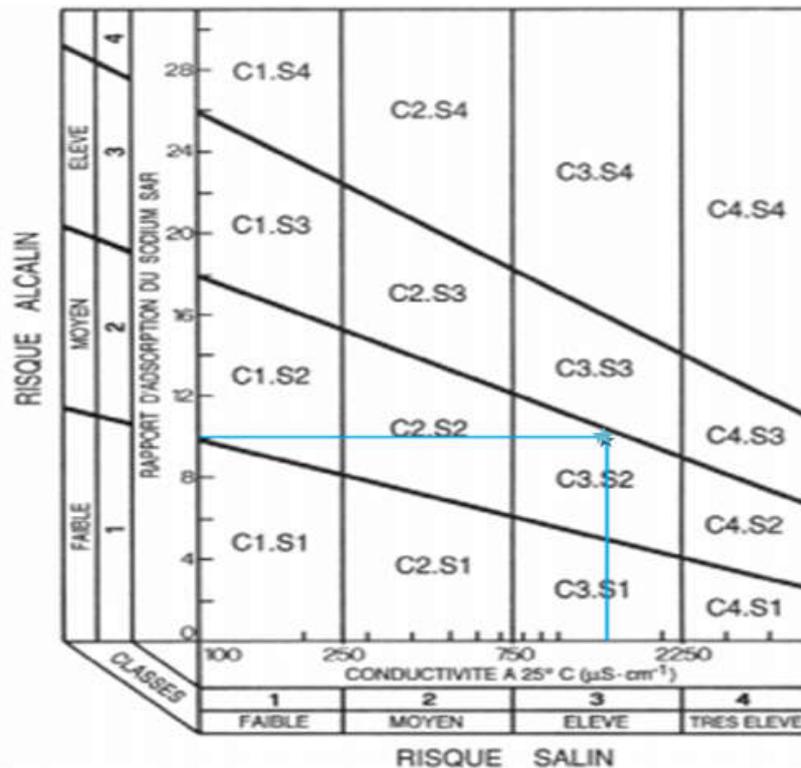


Figure III-1: Diagramme de classification des eaux d’irrigation d’après l’US Salinity Laboratory Staff (1954).

D’après ces valeurs moyennes de la conductivité électrique CE et le rapport d’absorption du sodium SAR, les eaux du barrage KOUDIAT MEDAOUAR appartiennent à la classe (C3.S2) cela implique un risque de salinité.

III.3.Étude Hydrologique

L’étude hydrologique est nécessaire dans les projets d’irrigation, elle permet de déterminer les pluies de fréquences données, qui nous a conduits à calculer les besoins des cultures projetées dans le périmètre.

III.3.1. Choix de la station pluviométrique

Compte tenu de la position géographique de notre périmètre, les conditions de choix de la station sont les suivants :

- ❖ Localisation géographique proche au périmètre.
- ❖ Les relevés de la station sont récents et s’étalent sur une période d’observation acceptable.
- ❖ L’altitude de la station pluviométrique a une valeur proche de l’altitude moyenne du bassin versant.

Tableau III-5 : Caractéristiques principales de la station pluviométrique.

Nom de la station	Code	Coordonnées		Altitude (m)	Période d’observation	Nbr d’années observées
		X (Km)	Y (Km)			
Batna	070502	858.4	277.55	859	1972 - 2011	39

Source l’ANRH de la wilaya d’Alger

Les pluies mensuelles de la station pluviométrique BATNA sont données dans le tableau suivant :

Tableau III-6 : Pluies moyennes mensuelles observées au niveau de la station de BATNA.

Années	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	Total
1972	60,5	64	6	41,5	40,5	33	83	33	14	30	0	25	430,5
1973	2,5	8	6	65	0,1	9	14,6	17	1	1	0	0	124,2
1974	2,9	24,8	11,3	4,5	15	32,9	42	15	58	0	0	0	206,4
1975	28,5	0	24	0	15,5	36	53	20,5	53	48	10	0	288,5
1976	15	8	18	11	8	0	10	25	22	16	0	23	156
1977	0	0	34	0	0	22,5	2	7	2	0	0	6	73,5
1978	0	13	0,8	0	3	37	16	30	0	6	6	0	111,8
1979	29	15	3	3	11	21	33	30	17	0	0	1	163
1980	15	0	22,4	39	8	27	12	7	0	22	0	6	158,4
1981	22	7	14,7	8,3	20,6	19,3	21,4	33,2	19,7	11	0	0	177,2
1982	8,2	38	31	2,9	0	4,7	1,9	0	0	0	0	0	86,7
1983	0,5	2,8	4,4	3,2	3,3	5,8	0,5	0,4	0	0	0	0,3	21,2
1984	1,4	6,6	1,5	70,9	62,9	19,3	21,7	1,9	15	0	0	0	201,2
1985	44,7	18,6	13,2	4,6	12,7	4,2	42,2	7,6	45	4,5	0	15,5	212,8
1986	48	7	6,2	23	12,5	21,6	18	0	5	12,6	12,5	0	166,4
1987	0	9,5	12,9	3,5	7,1	13,5	12,3	14	19,8	30	0	0,4	123
1988	18	7,3	21,3	46,1	7,3	17,3	24,7	21,8	23,8	24	7	40,5	259,1
1989	28,3	2,4	19,7	12,7	155,1	0	29,5	29,1	61,3	0	5,7	32	375,8
1990	30,6	0	25,5	40	9,7	17,4	86	14,5	43	25,4	22,4	4	318,5
1991	22,5	25	17,5	14,5	22,2	44	71	25,5	85	0	27,5	12	366,7
1992	13,2	4	35	68,8	34	24	7,5	0	31,1	8	12,2	35	272,8
1993	4	2,5	5,5	29	26,9	18,1	34,2	13	24,9	0	7,5	1,6	167,2
1994	43,2	62,7	11,8	2,6	45,6	0	10,3	14,5	2,5	44	0	2	239,2
1995	28,7	9,5	0,1	12,5	101	129,9	40,5	69	12,9	19,3	0	1	424,4
1996	0	0	2	6,9	15,2	8	3	39	0	9,8	1	10,9	95,8
1997	87,4	24,2	63,7	7,3	3,2	9	23	6,8	19,1	26,5	0	0	270,2
1998	9	36,5	30,1	14	40,6	9,4	16,4	6,3	17,7	8	1,8	7	196,8
1999	17,9	5	57,8	55,8	11,6	12,2	2	2,5	15,3	64,2	0	19,5	263,8
2000	33	21,7	4,6	15,2	13,9	0	0	33,3	39,8	0	0	7,3	168,8
2001	33,3	13,5	24,9	3,7	0	2,3	6,8	27,9	18,2	0	0	48,3	178,9
2002	5,5	1	42	33,1	96,1	22,4	17,6	58,2	24,9	22,3	0	13,1	336,2
2003	26,5	89,5	0,4	10,8	25,3	1,6	16,5	4,9	91,1	5,5	0	0	272,1
2004	19	14,3	36,7	64	7,7	17,4	3,8	39	0	6	8	4,2	220,1
2005	11,6	2	7,6	26,5	15,6	27	6	46	22,9	0	0	4,7	169,9
2006	7	0	3	29,2	9,4	24	35,2	26,4	4	0	0	15	153,2
2007	41,8	0	18	1	1,5	3	23,2	13	40,2	7,3	0	9,7	158,7
2008	32,2	86,1	11,3	9,5	74,3	8	24,3	61,8	51,9	0	0	18,1	377,5
2009	48,1	0	1	3,2	21,7	9	6	27,5	7	0	0	0	123,5
2010	1,3	8,2	5,1	1,8	10,5	8,7	23,6	29,4	69,5	14,7	1,7	0	174,5
2011	12,6	75,2	1	17,1	9,1	16,2	7,2	33,4	33,5	5,1	0	10,9	221,3
Total	852,9	712,9	655	805,7	977,7	735,7	901,9	884,4	1011,1	471,2	123,3	374	8505,8
Moy	21,32	17,82	16,38	20,14	24,44	18,39	22,55	22,11	25,28	11,78	3,08	9,35	212,65

La répartition des précipitations est irrégulière et variable suivant les mois et les années. Ces pluies sont nettement insuffisantes pour les mois de juin, juillet et août, elles sont moyennes durant les mois de printemps et relativement maximales en hiver.

III.3.2. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon. La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé suivant :

- On divise la série complète en deux sous séries : X et Y tel que : N_1 et N_2 représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N_2 > N_1$
- On constitue par la suite, la série X union Y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre décroissant, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle.

Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95% (Touaibia, 2004), si la relation ci-dessous est vérifiée.

$$W_{\min} < W_y < W_{\max}$$

Avec :

$$W_y = |Rang|_y$$

W_y : Somme des rangs de sous-séries.

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

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

Les résultats du test de Wilcoxon sont détaillés comme suit :

Tableau III-7 : Test d'homogénéité de la série pluviométrique

Rang	Série d'origine	série X	Séries Y	TRI	X union Y
1	430,5	430,5	366,7	430,5	X
2	124,2	124,2	272,8	424,4	Y
3	206,4	206,4	167,2	377,5	Y
4	288,5	288,5	239,2	375,8	X
5	157	157,0	424,4	366,7	Y
6	73,5	73,5	95,8	336,2	Y
7	111,8	111,8	270,2	318,5	X
8	163	163,0	196,8	288,5	X
9	158,4	158,4	263,8	272,8	Y
10	177,2	177,2	168,8	272,1	Y
11	86,7	86,7	178,9	270,2	Y
12	21,2	21,2	336,2	263,8	Y
13	201,2	201,2	272,1	259,1	X
14	212,8	212,8	220,1	239,2	Y
15	166,4	166,4	169,9	221,3	Y
16	123	123,0	153,2	220,1	Y
17	259,1	259,1	158,7	212,8	X
18	375,8	375,8	377,5	206,4	X
19	318,5	318,5	123,5	201,2	X

20	366,7		174,5	196,8	Y
21	272,8		221,3	178,9	Y
22	167,2			177,2	X
23	239,2			174,5	Y
24	424,4			169,9	Y
25	95,8			168,8	Y
26	270,2			167,2	Y
27	196,8			166,4	X
28	263,8			163	X
29	168,8			158,7	Y
30	178,9			158,4	X
31	336,2			157	X
32	272,1			153,2	Y
33	220,1			124,2	X
34	169,9			123,5	Y
35	153,2			123	X
36	158,7			111,8	X
37	377,5			95,8	Y
38	123,5			86,7	X
39	174,5			73,5	X
40	221,3			21,2	X

En se basant sur le test de Wilcoxon, on obtient :

$$W_y = 374.$$

$$W_{\min} = 317.31.$$

$$W_{\max} = 461.69.$$

Donc : $317.31 < W_y < 461.69$

La condition de M^f Wilcoxon est vérifiée donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station de BATNA est homogène. [2]

III.3.3. Ajustement statistique des pluies

Les données de pluies annuelles sont souvent ajustables à des lois statistiques nombreuses, ceci est dû à la faible variabilité interannuelle pour certaines stations. Dans notre cas, on utilise pour celle qui garantit le meilleur ajustement possible. Les lois d'ajustement les plus communément employées dans le cas de pluies annuelles sont les suivantes :

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

III.3.3.1. Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale

On dit qu'une variable appartient à la distribution normale lorsque sa fonction de répartition est de la forme :

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

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

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
- Calcul des caractéristiques empiriques de loi \bar{x} , σ ; Cv ; Cs
- Tracer la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien.

Avec :

L'équation de la droite de Henry est : $x_{p\%} = \bar{x} + \sigma \cdot u_{p\%}$

- \bar{x} : Moyenne arithmétique
- $x_{p\%}$: Précipitation de probabilité P%
- σ : Écart type
- Cv : Coefficient de variation
- Cs : Coefficient d'asymétrie

Tableau III-8: Résultat de l'ajustement (loi normal).

q = F(X) (probabilité au non-dépassement)				
T = 1/(1-q)				
T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
10.0	0.9000	336.63	20.757	295.94 - 377,33
5.0	0.8000	294.05	17.854	259.05 - 329,05
2.0	0.5000	212.67	15.292	182.69 - 242,65
1.2500	0.2000	131.29	17.854	96.287 - 166,29

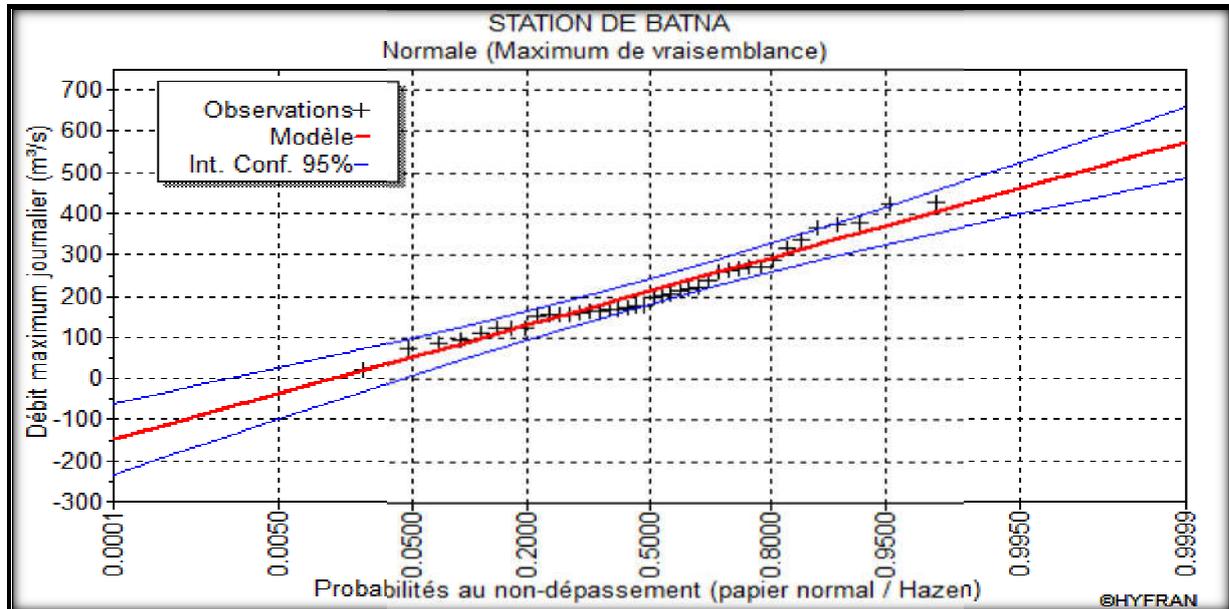


Figure III-2 : Ajustement des pluies annuelles à la loi Normal.

III.3.3.2. Ajustement à la loi log-normale (Galton) :

On dit qu'une Variable aléatoire X a une distribution log normal lorsque : $Y = \ln X$ est normal. La loi de Galton résulte de la loi normale mais rendue dissymétrique par un changement de variable. Sa fonction de répartition est donnée par :

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

Avec la valeur réduite u est donnée par : $u = \frac{\ln x - \overline{\ln x}}{\sigma_{\ln x}}$.

L'équation de la variable réduite présente sous forme de : $\ln x = \overline{\ln x} + u\sigma_{\ln x}$ est l'équation d'une droite sur un papier Gausso-logarithmique en abscisse l'échelle gaussienne et en ordonnée l'échelle logarithmique.

Procédé de l'ajustement :

- Classement des valeurs par ordre croissant.
- Calcul de la fréquence expérimentale.
- Calcul des caractéristiques empiriques de la série initiale : \bar{x} et σ
- Calcul des caractéristiques empiriques de la série transformée en logarithmique $\overline{\ln x}$ et $\sigma_{\ln x}$
- Report des valeurs sur papier Gausso-logarithmique
- Détermination de la droite de Galton $\ln xp\% = \overline{\ln x} + u\sigma_{\ln x}$.

Avec $xp\%$: précipitation probable à P%.

$\overline{\ln x}$: Moyenne arithmétique du log des précipitations observées.

$\sigma_{\ln x}$: La variance calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique sa formule s'écrit comme suit :

$$\delta \ln x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [\ln(X_i) - \overline{\ln(X)}]^2} \text{ Si } n < 30.$$

$$\delta \ln x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} [\ln(X_i) - \overline{\ln(X)}]^2} \text{ Si } n \geq 30.$$

Tableau III-9 : Résultat de l'ajustement (loi log-normal).

q = F(X) (probabilité au non-dépassement)				
T = 1/(1-q)				
T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
10.0	0.9000	383.62	45.741	293.95 - 473,29
5.0	0.8000	300.38	30.807	239.99 - 360,78
2.0	0.5000	188.21	16.533	155.80 - 220,63
1.2500	0.2000	117.93	12.095	94.221 - 141,64

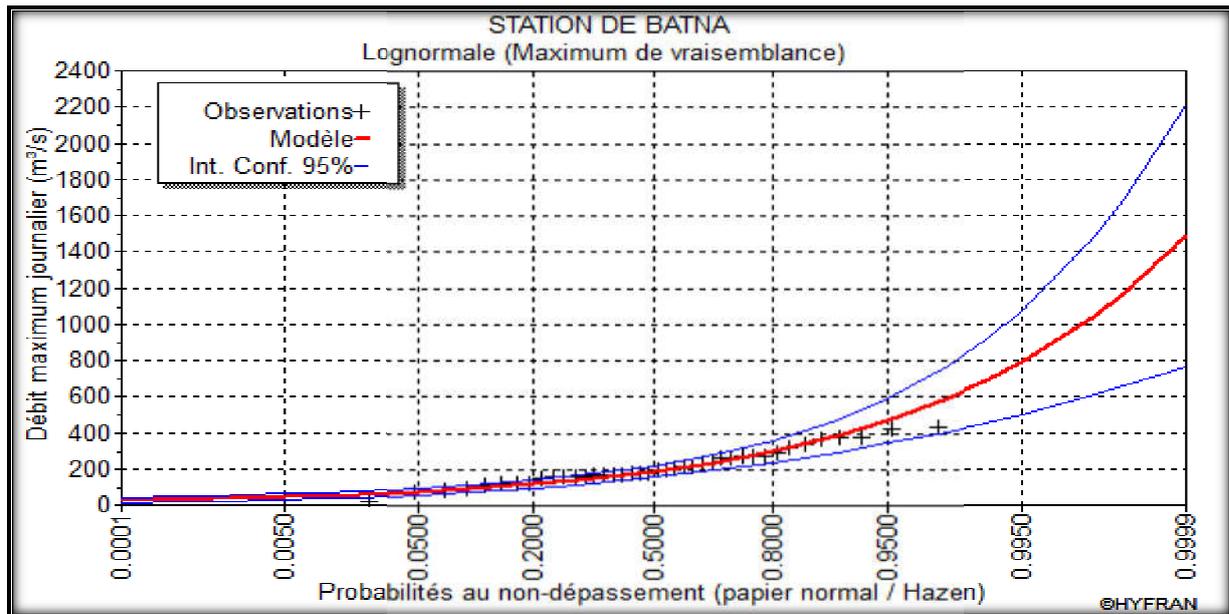


Figure III-3 : Ajustement des pluies annuelles à la loi Log-Normal.

III.3.4. Test de validité d'un ajustement

La loi choisie pour ajuster la distribution statistique de l'échantillon, ne représente qu'approximativement l'échantillon étudié, l'erreur commise en adoptant une loi donnée est une erreur d'adéquation. Il convient par conséquent de comparer l'adéquation de ces lois afin d'adopter le meilleur ajustement. L'un des tests le plus employé, est le test du Khi carré (χ^2) (Touaibia, 2004).

Soit un échantillon de N valeurs, classées par ordre croissant ou décroissant à étudier, et pour lequel une loi de répartition $F(X)$ a été déterminée :

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

$$v_i = N \int_{x_{i+1}}^x f(X)dX = N[F(X_i) - F(X_{i+1})].$$

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

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

$$\gamma : \gamma = k - 1 - m$$

Avec :

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

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

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

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

Pour les calculs nous avons utilisé le logiciel HYFRAN.

Tableau III-10 : Test de validité des deux ajustements.

Loi normale	Loi log normale
$\chi^2_{\text{calculé}} = 13.20$.	$\chi^2_{\text{calculé}} = 8.40$
Degré de liberté $\gamma = 5$.	Degré de liberté $\gamma = 5$.
$\chi^2_{\text{Théorique}} = 11.07$	

III.3.5 Détermination de l'année de calcul

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

Tableau III-11: Ajustement à la loi log normale.

q = F(X) (probabilité au non-dépassement)				
T = 1/(1-q)				
T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
10.0	0.9000	383.62	45.741	293.95 - 473,29
5.0	0.8000	300.38	30.807	239.99 - 360,78
2.0	0.5000	188.21	16.533	155.80 - 220,63
1.2500	0.2000	117.93	12.095	94.221 - 141,64

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

$P_{\text{moy } 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} \times \frac{P_{\text{théorique (80\%) annuelle}}}{P_{\text{théorique (5 \%) annuelle}}}$

$P_{\text{théorique de 50\%}} = 188.21 \text{ mm}$, et $P_{\text{théorique de 80\%}} = 117.93 \text{ mm}$.

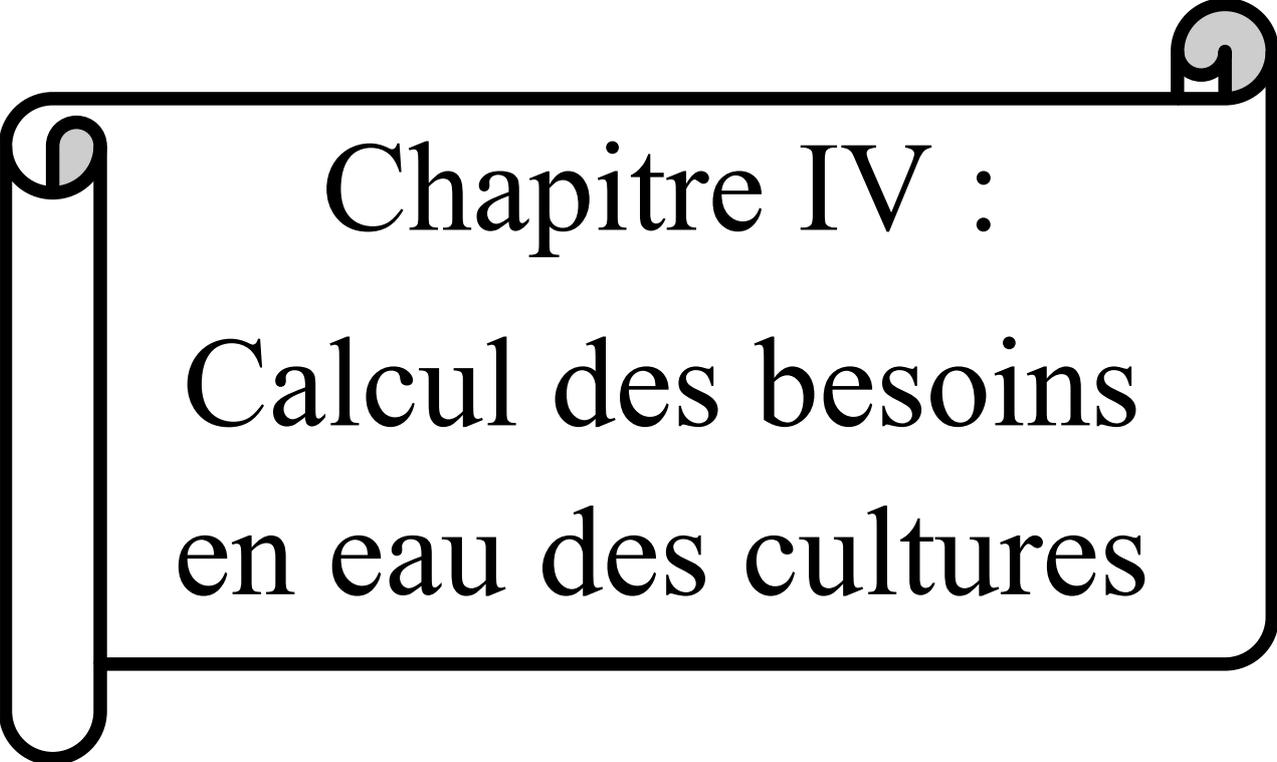
$P_{\text{moy } 80\%} = 0.63 \times P_{\text{moy-mensuelle}}$.

Tableau III-12: Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq= 80%)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai	Juin	Jull	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
P_{moy} (mm/mois)	24,44	18,39	22,55	22,11	25,28	11,78	3,08	9,35	21,32	17,82	16,38	20,14
P_{moy 80%} (mm/mois)	15,40	11,59	14,20	13,93	15,92	7,42	1,94	5,89	13,43	11,23	10,32	12,69

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les principales caractéristiques hydrologiques du périmètre d'étude et estimé les pluies mensuelles de l'année de calcul qui seront la base de dimensionnement de notre périmètre d'irrigation.



Chapitre IV :
Calcul des besoins
en eau des cultures

Introduction

La première étape de l'établissement d'un projet d'irrigation consiste à déterminer les besoins en eau des cultures. On peut obtenir les données nécessaires en mesurant les quantités d'eau utilisées par les cultures dans les conditions climatiques, les potentialités des sols, l'eau disponible, la fertilité des sols, les pratiques culturales et méthodes d'irrigation.

La détermination des besoins en eau est régie par le phénomène d'évapotranspiration.

IV.1. Les besoins en eau d'une culture

Les besoins en eau des cultures, peuvent être définis comme étant la dose apportée aux cultures dans des moments propices, afin de mettre celles-ci dans les meilleures conditions d'humidité requises, pour obtenir son rendement maximal (FAO, 1975).

L'évaluation des besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique. Pour cela on définit :

IV.1.1. Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence (ET₀)

C'est l'évapotranspiration d'une culture bien fournie en eau où le sol est à sa capacité de retentions, autrement dit c'est la limite maximale de l'évapotranspiration.

Donc pour mieux prédire l'évapotranspiration, on introduit une valeur de référence que l'on définit comme étant le taux d'évapotranspiration d'une surface du gazon vert, poussant activement dans les conditions hydriques optimales.

IV.1.2. Evapotranspiration maximale ou de culture (ET_M)

C'est la valeur maximale de l'évaporation d'une culture exempte de maladies poussant dans un champ jouissant de conditions agronomiques, pédologiques, et climatiques optimales, suivant un stade végétatif donné.

L'évapotranspiration maximale d'une culture est donnée par l'expression ci-dessous :

$$ETM = K_C \times ET_0$$

Avec :

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

Il existe plusieurs méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration de référence :

- ❖ Méthodes des lysimètres.
- ❖ Méthodes des stations expérimentales.
- ❖ Méthodes directes de l'évaporation.
- ❖ Méthodes empiriques.

En ce qui concerne les méthodes empiriques, il existe des formules de calcul dont les principales sont :

- ❖ Penman (1948).
- ❖ Turc.
- ❖ Blaney-Cridle.
- ❖ Panman et Monteith modifiée.

En ce qui concerne notre étude, Le calcul de l'évapotranspiration de référence est effectué à l'aide d'un logiciel appelé

CROPWAT 8.0, fondé sur la méthode de Mr Penman et Monteith modifiée et recommandée par la consultation des experts de la FAO tenue à Rome en Mai 1990.

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

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

IV.1.2.1. Méthode de Penman et Monteith modifiée

La formule la plus employée aujourd'hui est la formule de Penman-Monteith modifiée (Allen et al., 1998) :

$$ETO = \frac{0,408 \Delta (Rn - G) + \gamma \frac{Cste}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)}$$

Avec:

ETo : évapotranspiration de référence [mm jour-1]

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

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

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

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

es : pression de vapeur saturante [kPa]

ea : pression de vapeur réelle [kPa]

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

D : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C-1]

g : constante psychrométrique [kPa °C-1].

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ETo calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 sont récapitulés dans le tableau ci-après.

Les résultats trouvés sont récapitulés dans le tableau ci après.

Tableau IV.1 : Les résultats de ET₀ obtenir à laide du logiciel CROPWAT

Pays : Algérie							Station : Batna	
Altitude : 822m.			latitude : 35,45°N			Longitude : 6.19 °E		
Mois	Temps min °C	Temps max °C	Humidité %	Vent Km/jr	Insol Heures	Radiation MJ/m ² .jour	ET _o -penman mm/jr	ET _o -penman mm/mois
Janvier	0.1	12.3	73	259	5.7	9.6	1.66	51.46
Février	0.3	13.6	68	294	6.8	12.9	2.33	65.24
Mars	2.9	17.7	60	311	7.6	16.8	3.54	109.74
Avril	6.2	20.9	59	354	8.3	20.4	4.66	139.8
Mai	10.7	26.5	55	328	9.2	23.2	6.06	187.86
Juin	14.9	32.3	45	337	10.4	25.5	7.95	238.5
Juillet	17.5	36.0	38	337	11.3	26.5	9.08	281.48
Août	17.7	35.1	42	328	10.2	23.6	8.14	252.34
Septembre	14.1	29.0	57	294	8.4	18.8	5.38	161.4
Octobre	10.1	24.3	60	276	7.6	14.7	3.84	119.04
Novembre	4.6	16.7	67	302	6.1	10.5	2.37	71.1
Décembre	1.4	12.4	74	285	5.1	8.4	1.58	48.98
Moy	8.4	23.1	58	309	8.1	17.6	4.71	143.91

IV.1.3. La pluie efficace

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

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

Pluies efficaces (en mm/mois) = A × Pluies totales (mm/mois)

Avec : A : coefficient estimé à 0,8.

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

Tableau IV.2 : Calcul de la pluie efficace pour chaque mois en mm

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
P _{moy80%} (mm/mois)	15,40	11,59	14,20	13,93	15,92	7,42	1,94	5,89	13,43	11,23	10,32	12,69
P _{eff}	12,32	9,27	11,36	11,14	12,74	5,94	1,55	4,71	10,75	8,98	8,25	10,15

IV.3. Occupation des sols et choix des cultures

L'occupation future du périmètre est fonction du choix et de la répartition des cultures à y installer.

IV.3.1. 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 la disponibilité de l'eau d'irrigation.
- L'aptitude culturale des sols basée sur l'étude pédologique.

Pour l'établissement du calendrier cultural adaptable aux diverses conditions régnant dans notre périmètre d'irrigation, nous avons tenu compte :

- De la vocation agro-alimentaire de la région.
- Du choix des services agricoles de la wilaya qui tendent vers la diversification et l'intensification des cultures pratiquées dans la région.
- D'un aperçu sommaire sur les qualifications de la main d'œuvre actuelle dans la conduite des cultures envisagées.
- De la disponibilité des moyens de la production.
- De la demande commerciale traduisant les profils des agriculteurs.

Les cultures retenues doivent présenter une combinaison harmonieuse entre elles afin de bien conditionner la réussite technique et financière de notre système de culture.

D'après les résultats recueillis de l'étude pédologique ainsi que les caractéristiques climatiques de la zone d'étude, les cultures à mettre en place sont :

IV.3.2. Aptitude culturale

A- La céréaliculture

La superficie cultivée en céréales est la plus importante, elle occupe 45% de la surface totale enquêtée et cultivée. Les agriculteurs pratiquent le plus souvent la culture de blé, soit 70% de la surface emblavée. Le reste de la surface est cultivé en orge.

Les céréales sont cultivées en tête d'assolement, elles sont semées dès les premières pluies du mois d'octobre.

B- Cultures fourragères

Les cultures fourragères s'étendent sur une superficie de 248.54 Ha. Les fourragères vertes plus nutritives et plus énergétiques, telles que le bersetim, la luzerne, l'avoine, le sorgho, le maïs, ne sont pas pratiquées d'une part et d'autre part l'élevage bovin est quasiment absent dans les exploitations. Elles sont cultivées généralement au mois de Mars.

C- Arboriculture

L'occupation du sol par l'arboriculture de toutes espèces confondues est de 292.4 Ha. Parmi les espèces fruitières rencontrées nous citons le citronnier, l'oranger et le citronnier, ainsi que l'olivier pour les autres espèces. L'irrigation de l'arboriculture dans la zone d'étude est relativement faible.

D- Cultures maraîchères

Sur l'ensemble des exploitations enquêtées, 18% sont occupées par maraichère, soit une superficie totale de 245.96 Ha. Ces cultures sont pratiquées généralement en plein champs. Les cultures maraîchères de plain champ pratiquées sont la pomme de terre de saison, le melon, le petit pois, le chou-fleur, la carotte, le navet, la tomate, le piment, le poivron. L'importance de la culture de la pomme de terre est suivie par celle de la tomate qui très développée dans l'air d'étude utilisée à double fins la consommation et l'industrie.

IV.3.3. Assolement et rotation des cultures

L'assolement est la division des terres d'une exploitation agricole en parties distinctes, appelées soles consacrées chacune à une culture donnée pendant une saison culturale. Dans chaque sol, les cultures peuvent varier d'une année à l'autre.

La rotation est la succession culturale ou rotation, qui est une notion différente. Donc

L'assolement est la diversité géographique des cultures à un moment donné.

La rotation culturale est un élément important du maintien ou de l'amélioration de la fertilité des sols et donc un atout pour l'augmentation des rendements. On peut ainsi avoir des rotations biennales, triennales, quadriennale

IV.3.3.1. Avantages de la rotation des cultures

- ✓ Elle contribue à rompre le cycle vital des organismes nuisibles aux cultures, en particulier la succession de plantes de familles différentes permet de rompre avec le cycle de certains adventices
- ✓ Grâce aux systèmes racinaires différents, le profil du sol est mieux exploré, ce qui se traduit par une amélioration des caractéristiques physiques du sol et notamment de sa structure, et donc de la nutrition des plantes
- ✓ L'emploi de légumineuses permet l'ajout d'azote symbiotique dans le sol. D'une façon générale, la composition des différents résidus de cultures participe à la qualité de la matière organique du sol.

La rotation culturale a donc un effet important sur la vie du sol et la nutrition des plantes.

L'assolement proposé est détaillé comme suit :

Tableau IV-3: Assolement proposé pour le périmètre d'Ouled Fadhel.

Assolement 1	Assolement 2
Blé	Orge
Orge	Blé
Tomate	Oignon vert
Pomme de terre	Haricot
Carotte	Concombre
Petit pois	Choux
Melon	Pastèque
Orge en vert	Avoine
Avoine	Orge en vert
Arboriculture Olivier+Abricotier	Arboriculture Olivier+Abricotier

Tableau IV-4 : Cycle végétatif des cultures.

	Culture	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Céréales	Blé			←									
	Orge			←									
Cultures maraichères	Tomate							←					
	Pomme de terre		←										
	Carotte	←											
	Petit pois				←								
	Concombre									←			
	Haricot		→								←		
	Choux	←											
	Oignon vert		←										
	Melon/Pastèque	→								←			
Fourrages	Orge en vert			←									
	Avoine	←											
Arboriculture	Abricotier	←											
	Olivier	←											

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

C'est la quantité d'eau nécessaire à fournir à une culture pour satisfaire les besoins en eau durant tout son cycle végétatif. Cette quantité ne comprend ni les apports naturels, ni les diverses pertes subies pendant les stockages, les transports et la distribution, ni les besoins de lessivage.

$$B = ETM - (P_{eff} + K.RFU_{i-1})$$

Avec :

K : coefficient qui dépend des conditions climatologiques

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

ETM : évapotranspiration (mm/mois).

Peff : pluie efficace

RFU_{i-1} : c'est la réserve facilement utilisable par les cultures, dans cette approche elle exprime l'humidité du sol du mois précédent accessible aux cultures. Le calcul de la RFU se fait

comme suit : **[4]**

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

Y : degré de tarissement.

Da : densité apparente (1.35).

Z : profondeur d'enracinement mm.

H_{cc} : humidité à la capacité au champ, dans notre cas. On prend (27%)

H_{pf} : humidité au point de flétrissement, dans notre cas. On prend (16%)

Peff : pluie efficace.

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

Les différents besoins des cultures pour l'assolement proposé sont calculés comme suit :

IV.4.1. Estimation des besoins en eau des céréales

Tableau IV-5 : Calcul des besoins en eau du Blé/Orge.

blé /Orge												
MOIS	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Pluie (mm)	13,43	11,23	10,32	12,69	15,4	11,59	14,2	13,93	15,92	7,42	1,94	5,89
Pluie eff (mm)	10,75	8,98	8,25	10,15	12,32	9,27	11,36	11,14	12,74	5,94	1,55	4,71
ET0 (mm/mois)	161,4	119,04	71,1	48,98	51,46	65,24	109,74	139,8	187,86	238,5	281,48	252,34
Kc	-	-	0,40	0,70	0,85	0,95	1,00	1,05	1,03	0,50	-	-
ETM	-	-	28,44	34,29	43,74	61,98	109,74	146,79	193,50	119,25	-	-
Z(m)	-	-	0,30	0,50	0,50	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	-	-
RFU-théo	-	-	29,70	49,50	49,50	59,40	59,40	59,40	59,40	59,40	-	-
RFU-Réel	-	-	2,99	9,90	16,50	16,50	19,80	19,80	19,80	-	-	-
B_net (mm)	-	-	17,20	14,24	14,92	36,21	78,58	115,85	160,96	113,31	-	-
B_brute (mm)	-	-	22,93	18,98	19,89	48,28	104,77	154,47	214,61	151,08	-	-

IV.4.2. Estimation des besoins en eau des cultures maraichères

Tableau IV-6: Calcul des besoins en eau du Carotte.

carotte												
MOIS	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Pluie (mm)	13,43	11,23	10,32	12,69	15,4	11,59	14,2	13,93	15,92	7,42	1,94	5,89
Pluie eff (mm)	10,75	8,98	8,25	10,15	12,32	9,27	11,36	11,14	12,74	5,94	1,55	4,71
ET0 (mm/mois)	161,4	119,04	71,1	48,98	51,46	65,24	109,74	139,8	187,86	238,5	281,48	252,34
Kc	0,42	0,70	0,81	0,77	0,57	-	-	-	-	-	-	-
ETM	67,79	83,33	57,59	37,71	29,33	-	-	-	-	-	-	-
Z(m)	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	-	-	-	-	-	-	-
RFU-théo	29,70	39,60	49,50	59,40	69,30	-	-	-	-	-	-	-
RFU-Réel	-	9,90	13,20	16,50	29,70	-	-	-	-	-	-	-
B_net (mm)	57,04	64,45	36,14	11,06	-	-	-	-	-	-	-	-
B_brute (mm)	76,05	85,93	48,19	14,75	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau IV-7: Calcul des besoins en eau du Melon/Pastèque.

Melon/Pastèque												
MOIS	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Pluie (mm)	13,43	11,23	10,32	12,69	15,4	11,59	14,2	13,93	15,92	7,42	1,94	5,89
Pluie eff (mm)	10,75	8,98	8,25	10,15	12,32	9,27	11,36	11,14	12,74	5,94	1,55	4,71
ET0 (mm/mois)	161,4	119,04	71,1	48,98	51,46	65,24	109,74	139,8	187,86	238,5	281,48	252,34
Kc	0,90	-	-	-	-	-	-	0,70	0,75	0,75	1,05	1,05
ETM	145,26	-	-	-	-	-	-	97,86	140,90	178,88	295,55	264,96
Z(m)	0,20	-	-	-	-	-	-	0,05	0,07	0,09	0,10	0,15
RFU-théo	19,80	-	-	-	-	-	-	4,95	6,93	8,91	9,90	14,85
RFU-Réel	-	-	-	-	-	-	-	2,48	3,47	-	-	-
B_net (mm)	134,51	-	-	-	-	-	-	84,25	124,69	172,94	294,00	260,25
B_brute (mm)	179,35	-	-	-	-	-	-	112,33	166,25	230,58	392,01	347,00

Tableau IV-8 : Calcul des besoins en eau du Petit pois.

petit pois												
MOIS	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Pluie (mm)	13,43	11,23	10,32	12,69	15,4	11,59	14,2	13,93	15,92	7,42	1,94	5,89
Pluie eff (mm)	10,75	8,98	8,25	10,15	12,32	9,27	11,36	11,14	12,74	5,94	1,55	4,71
ET0 (mm/mois)	161,4	119,04	71,1	48,98	51,46	65,24	109,74	139,8	187,86	238,5	281,48	252,34
Kc	-	-	-	0,50	0,80	1,00	0,95	0,50	-	-	-	-
ETM	-	-	-	24,49	41,17	65,24	104,25	69,90	-	-	-	-
Z(m)	-	-	-	0,40	0,70	0,70	0,70	0,70	-	-	-	-
RFU-théo	-	-	-	39,60	69,30	69,30	69,30	69,30	-	-	-	-
RFU-Réel	-	-	-	2,75	19,80	34,65	23,10	23,10	-	-	-	-
B_net (mm)	-	-	-	11,59	9,05	21,32	69,79	35,66	-	-	-	-
B_brute (mm)	-	-	-	15,45	12,06	28,43	93,06	47,55	-	-	-	-

Tableau IV-9: Calcul des besoins en eau du Tomate.

Tomate												
MOIS	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Pluie (mm)	13,43	11,23	10,32	12,69	15,4	11,59	14,2	13,93	15,92	7,42	1,94	5,89
Pluie eff (mm)	10,75	8,98	8,25	10,15	12,32	9,27	11,36	11,14	12,74	5,94	1,55	4,71
ET0 (mm/mois)	161,4	119,04	71,1	48,98	51,46	65,24	109,74	139,8	187,86	238,5	281,48	252,34
Kc	-	-	-	-	-	-	0,50	0,85	1,15	0,90	-	-
ETM	-	-	-	-	-	-	54,87	118,83	216,04	214,65	-	-
Z(m)	-	-	-	-	-	-	0,70	0,90	1,20	1,20	-	-
RFU-théo	-	-	-	-	-	-	69,30	89,10	118,80	118,80	-	-
RFU-Réel	-	-	-	-	-	-	3,09	23,10	29,70	-	-	-
B_net (mm)	-	-	-	-	-	-	40,42	84,59	173,60	208,71	-	-
B_brute (mm)	-	-	-	-	-	-	53,89	112,79	231,47	278,28	-	-

Tableau IV-10 : Calcul des besoins en eau du concombre.

Concombre												
MOIS	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Pluie (mm)	13,43	11,23	10,32	12,69	15,4	11,59	14,2	13,93	15,92	7,42	1,94	5,89
Pluie eff (mm)	10,75	8,98	8,25	10,15	12,32	9,27	11,36	11,14	12,74	5,94	1,55	4,71
ET0 (mm/mois)	161,4	119,04	71,1	48,98	51,46	65,24	109,74	139,8	187,86	238,5	281,48	252,34
Kc								-	0,38	0,57	0,85	0,85
ETM	-	-	-	-	-	-	-	-	71,39	135,95	239,26	214,49
Z(m)								-	0,40	0,45	0,50	0,60
RFU-théo	-	-	-	-	-	-	-	-	39,60	44,55	49,50	59,40
RFU-Réel	-	-	-	-	-	-	-	-	3,71	-	-	-
B_net (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	54,93	130,01	237,71	209,78
B_brute (mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	73,24	173,34	316,94	279,71

Tableau IV-11: Calcul des besoins en eau du Choux.

Choux												
MOIS	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Pluie (mm)	13,43	11,23	10,32	12,69	15,4	11,59	14,2	13,93	15,92	7,42	1,94	5,89
Pluie eff (mm)	10,75	8,98	8,25	10,15	12,32	9,27	11,36	11,14	12,74	5,94	1,55	4,71
ET0 (mm/mois)	161,4	119,04	71,1	48,98	51,46	65,24	109,74	139,8	187,86	238,5	281,48	252,34
Kc	0,50	0,70	0,95	0,80	-	-	-	-	-	-	-	-
ETM	80,70	83,33	67,55	39,18	-	-	-	-	-	-	-	-
Z(m)	0,30	0,40	0,50	0,60	-	-	-	-	-	-	-	-
RFU-théo	29,70	39,60	49,50	59,40	-	-	-	-	-	-	-	-
RFU-Réel	-	9,90	13,20	16,50	-	-	-	-	-	-	-	-
B_net (mm)	69,95	64,45	46,10	12,53	-	-	-	-	-	-	-	-
B_brute (mm)	93,27	85,93	61,46	16,71	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau IV-12: Calcul des besoins en eau du l'Oignon vert.

Oignon vert												
MOIS	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Pluie (mm)	13,43	11,23	10,32	12,69	15,4	11,59	14,2	13,93	15,92	7,42	1,94	5,89
Pluie eff (mm)	10,75	8,98	8,25	10,15	12,32	9,27	11,36	11,14	12,74	5,94	1,55	4,71
ET0 (mm/mois)	161,4	119,04	71,1	48,98	51,46	65,24	109,74	139,8	187,86	238,5	281,48	252,34
Kc	-	0,50	0,75	0,95	0,95	0,75	-	-	-	-	-	-
ETM	-	59,52	53,33	46,53	48,89	48,93	-	-	-	-	-	-
Z(m)	-	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	-	-	-	-	-	-
RFU-théo	-	39,60	39,60	39,60	39,60	39,60	-	-	-	-	-	-
RFU-Réel	-	3,58	13,20	13,20	13,20	13,20	-	-	-	-	-	-
B_net (mm)	-	46,96	31,88	23,18	23,37	26,46	-	-	-	-	-	-
B_brute (mm)	-	62,61	42,50	30,91	31,16	35,28	-	-	-	-	-	-

Tableau IV-13: Calcul des besoins en eau du Haricot.

Haricot												
MOIS	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Pluie (mm)	13,43	11,23	10,32	12,69	15,4	11,59	14,2	13,93	15,92	7,42	1,94	5,89
Pluie eff (mm)	10,75	8,98	8,25	10,15	12,32	9,27	11,36	11,14	12,74	5,94	1,55	4,71
ET0 (mm/mois)	161,4	119,04	71,1	48,98	51,46	65,24	109,74	139,8	187,86	238,5	281,48	252,34
Kc	0,90	-	-	-	-	-	-	-	0,40	0,50	0,65	0,95
ETM	145,26	-	-	-	-	-	-	-	75,14	119,25	182,96	239,72
Z(m)	0,70	-	-	-	-	-	-	-	0,40	0,50	0,50	0,70
RFU-théo	69,30	-	-	-	-	-	-	-	39,60	49,50	49,50	69,30
RFU-Réel	-	-	-	-	-	-	-	-	3,71	13,20	-	-
B_net (mm)	134,51	-	-	-	-	-	-	-	58,69	100,11	181,41	235,01
B_brute (mm)	179,35	-	-	-	-	-	-	-	78,25	133,48	241,88	313,35

IV.4.3. Estimation des besoins en eau des cultures fourragères**Tableau IV-14:** Calcul des besoins en eau d'Orge en vert.

Orge en vert												
MOIS	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Pluie (mm)	13,43	11,23	10,32	12,69	15,4	11,59	14,2	13,93	15,92	7,42	1,94	5,89
Pluie eff (mm)	10,75	8,98	8,25	10,15	12,32	9,27	11,36	11,14	12,74	5,94	1,55	4,71
ET0 (mm/mois)	161,4	119,04	71,1	48,98	51,46	65,24	109,74	139,8	187,86	238,5	281,48	252,34
Kc	-	-	0,30	0,30	0,50	0,50	1,00	1,15	1,00	-	-	-
ETM	-	-	21,33	14,69	25,73	32,62	109,74	160,77	187,86	-	-	-
Z(m)	-	-	0,30	0,50	0,50	0,60	0,60	0,60	0,70	-	-	-
RFU-théo	-	-	29,70	49,50	49,50	59,40	59,40	59,40	69,30	-	-	-
RFU-Réel	-	-	2,99	29,70	49,50	49,50	19,80	19,80	19,80	-	-	-
B_net (mm)	-	-	10,09	-	-	-	78,58	129,83	155,32	-	-	-
B_brute (mm)	-	-	13,45	-	-	-	104,77	173,11	207,09	-	-	-

Tableau IV-15: Calcul des besoins en eau du Vesce avoine.

Vesce avoine												
MOIS	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Pluie (mm)	13,43	11,23	10,32	12,69	15,4	11,59	14,2	13,93	15,92	7,42	1,94	5,89
Pluie eff (mm)	10,75	8,98	8,25	10,15	12,32	9,27	11,36	11,14	12,74	5,94	1,55	4,71
ET0 (mm/mois)	161,4	119,04	71,1	48,98	51,46	65,24	109,74	139,8	187,86	238,5	281,48	252,34
Kc	0,60	0,90	1,00	1,10	1,10	1,20	1,00	-	-	-	-	-
ETM	96,84	107,14	71,10	53,88	56,61	78,29	109,74	-	-	-	-	-
Z(m)	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,10	-	-	-	-	-
RFU-théo	2,97	3,96	4,95	5,94	7,92	9,90	9,90	-	-	-	-	-
RFU-Réel	-	1,98	2,48	5,94	7,92	9,90	9,90	-	-	-	-	-
B_net (mm)	86,09	96,18	60,38	37,79	36,37	59,12	88,48	-	-	-	-	-
B_brute (mm)	114,79	128,23	80,50	50,38	48,49	78,82	117,97	-	-	-	-	-

IV.4.4. Estimation des besoins en eau des cultures arboricultures**Tableau IV-16 :** Calcul des besoins en eau d'Olivier.

Olivier												
MOIS	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Pluie (mm)	13,43	11,23	10,32	12,69	15,4	11,59	14,2	13,93	15,92	7,42	1,94	5,89
Pluie eff (mm)	10,75	8,98	8,25	10,15	12,32	9,27	11,36	11,14	12,74	5,94	1,55	4,71
ET0 (mm/mois)	161,4	119,04	71,1	48,98	51,46	65,24	109,74	139,8	187,86	238,5	281,48	252,34
Kc	0,85	0,85	0,75	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,80	0,85	0,85
ETM	137,19	101,18	53,33	31,84	33,45	42,41	71,33	90,87	122,11	190,80	239,26	214,49
Z(m)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
RFU-théo	148,50	148,50	148,50	148,50	148,50	148,50	148,50	148,50	148,50	148,50	148,50	148,50
RFU-Réel	-	-	49,50	49,50	148,50	148,50	49,50	49,50	49,50	49,50	-	-
B_net (mm)	126,44	92,20	-	-	-	-	10,47	30,23	59,87	135,36	237,71	209,78
B_brute (mm)	168,59	122,94	-	-	-	-	13,96	40,31	79,83	180,48	316,94	279,71

Tableau IV-18: Calcul des besoins en eau d'Abricotier.

Abricotier												
MOIS	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Pluie (mm)	13,43	11,23	10,32	12,69	15,4	11,59	14,2	13,93	15,92	7,42	1,94	5,89
Pluie eff (mm)	10,75	8,98	8,25	10,15	12,32	9,27	11,36	11,14	12,74	5,94	1,55	4,71
ET0 (mm/mois)	161,4	119,04	71,1	48,98	51,46	65,24	109,74	139,8	187,86	238,5	281,48	252,34
Kc	0,70	0,80	0,80	0,80	0,85	0,85	0,90	0,90	0,75	0,70	0,70	0,70
ETM	112,98	95,23	56,88	39,18	43,74	55,45	98,77	125,82	140,90	166,95	197,04	176,64
Z(m)	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
RFU-théo	148,50	148,50	148,50	148,50	148,50	148,50	148,50	148,50	148,50	148,50	148,50	148,50
RFU-Réel	-	49,50	49,50	74,25	74,25	74,25	49,50	49,50	49,50	49,50	-	-
B_net (mm)	102,23	36,75	-	-	-	-	37,91	65,18	78,66	111,51	195,49	171,93
B_brute (mm)	136,31	49,00	-	-	-	-	50,54	86,91	104,87	148,68	260,65	229,24

IV.5. Calcul des besoins en eau pour les Assolements1 et 2

Tableau IV-19: Récapitulatif des besoins pour l'assolement 1.

Culture	Besoins mensuel (mm) Assolement 1											
	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Blé	-	-	22,93	18,98	19,89	48,28	104,77	154,47	214,61	151,08	-	-
Orge	-	-	22,93	18,98	19,89	48,28	104,77	154,47	214,61	151,08	-	-
Tomate	-	-	-	-	-	-	53,89	112,79	231,47	278,28	-	-
Pomme de terre	-	67,39	37,76	25,37	8,63	-	-	-	-	-	-	-
Carotte	76,05	85,93	48,19	14,75	-	-	-	-	-	-	-	-
Petit pois	-	-	-	15,45	12,06	28,43	93,06	47,55	-	-	-	-
Melon	179,35	-	-	-	-	-	-	112,33	166,25	230,58	392,01	347,00
Orge en vert	-	-	13,45	-	-	-	104,77	173,11	207,09	-	-	-
Avoine	114,79	128,23	80,50	50,38	48,49	78,82	117,97	-	-	-	-	-
Abricotier	136,31	49,00	-	-	-	-	50,54	86,91	104,87	148,68	260,65	229,24
Olivier	168,59	122,94	-	-	-	-	13,96	40,31	79,83	180,48	316,94	279,71
Total	675,08	453,49	225,75	143,93	108,97	203,81	643,75	881,91	1 218,73	1 140,18	969,60	855,94

Tableau IV-20 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement 2.

Culture	Besoins mensuel (mm) Assolement 2											
	SEPT	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT
Blé	-	-	22,93	18,98	19,89	48,28	104,77	154,47	214,61	151,08	-	-
Orge	-	-	22,93	18,98	19,89	48,28	104,77	154,47	214,61	151,08	-	-
Oignon	-	62,61	42,50	30,91	31,16	35,28	-	-	-	-	-	-
Haricot	179,35	-	-	-	-	-	-	-	78,25	133,48	241,88	313,35
Concombre	-	-	-	-	-	-	-	-	73,24	173,34	316,94	279,71
Choux	93,27	85,93	61,46	16,71	-	-	-	-	-	-	-	-
Pastèque	179,35	-	-	-	-	-	-	112,33	166,25	230,58	392,01	347,00
Orge en vert	-	-	13,45	-	-	-	104,77	173,11	207,09	-	-	-
Avoine	114,79	128,23	80,50	50,38	48,49	78,82	117,97	-	-	-	-	-
Abricotier	136,31	49,00	-	-	-	-	50,54	86,91	104,87	148,68	260,65	229,24
Olivier	168,59	122,94	-	-	-	-	13,96	40,31	79,83	180,48	316,94	279,71
Total	871,64	448,72	243,77	135,97	119,43	210,66	496,80	721,58	1 138,76	1 168,72	1 528,42	1 448,99

IV.6. 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.

D'après les deux tableaux on prend le débit spécifique de l'Assolement 2 car il est le plus exigeant

$$q_s = \frac{B_{net} * 10 * 1000}{N_j * N_i * 3600 * E_i} \text{ l/s/ha}$$

B_{net} : besoin net du mois de pointe en mm/mois.

N_i : nombre des heures d'irrigation=24h

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

E_i : Efficience d'irrigation

D'où les besoins de pointe correspondent au mois de juillet (Assolement 2), soient donc 1528.42 mm/mois.

Le débit spécifique calculé est très important, il est de 7.86/s/ha, ce débit dépasse les normes (1.5 l/s/ha), ce qui risque d'aboutir à un surdimensionnement.

Pour y remédier, nous avons trois méthodes pour estimer le débit spécifique

- ✓ Prendre la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures
- ✓ Prendre en considération le débit spécifique de la culture la plus exigeante
- ✓ Prendre en considération la moyenne des débits spécifiques des cultures les plus exigeantes

Pour notre cas, étant donné la surface importante du périmètre, la prise en compte du débit de la culture la plus exigeante risque d'aboutir à un surdimensionnement inutile.

Pour y remédier, on prend le débit spécifique moyen des cultures les plus exigeantes :

Le débit spécifique moyen est de : 1.12 l/s/ha

Ce débit est largement inférieur à 1,5 l/s/ha donc le choix de ce débit reste valable.

Donc le débit spécifique est de **1.12** l/s/ha.

IV.7. Evaluation du débit caractéristique

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

$$Q_{car} = q_s \cdot S$$

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

S : la superficie nette à irriguer = 1366.46 ha

$$Q_{car} = q_s \cdot S = 1.12 * 1366.46 = 1530.43 \text{ l/s.} = 1.53 \text{ m}^3/\text{s.}$$

IV.8. Estimation des besoins en eau totaux du secteur

La connaissance des volumes totaux d'irrigation est indispensable, elle permet de prévoir les volumes d'eau stockés dans la retenue et d'effectuer un meilleur calendrier d'arrosage.

Tableau IV-21: Besoin en eau d'irrigation des cultures.

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)
Céréales	614,91				
Blé	430,43	735,01	7 350,10	9 800,13	4 218 271,39
Orge	184,47	735,01	7 350,10	9 800,13	1 807 830,60
Maraichères	245,96				
Oignon vert	61,49	202,45	2 024,50	2 699,33	165 982,01
Haricot	61,49	946,31	9 463,10	12 617,47	775 848,03
Concombre	24,60	843,23	8 432,30	11 243,07	276 579,44
Choux	49,19	257,37	2 573,70	3 431,60	168 800,40
Pastèque	49,19	1 427,51	14 275,10	19 033,47	936 256,23
Fourrages	232,30				
Orge vert	151	498,42	4 984,20	6 645,60	1 003 485,60
Avoine	81,3	619,19	6 191,90	8 255,87	671 201,96
Arboriculture	273,29				
Abricotier	136,65	1 066,20	10 662,00	14 216,00	1 942 616,40
Olivier	136,65	1 202,75	12 027,50	16 036,67	2 191 410,50
Besoin total					14 158 282,55

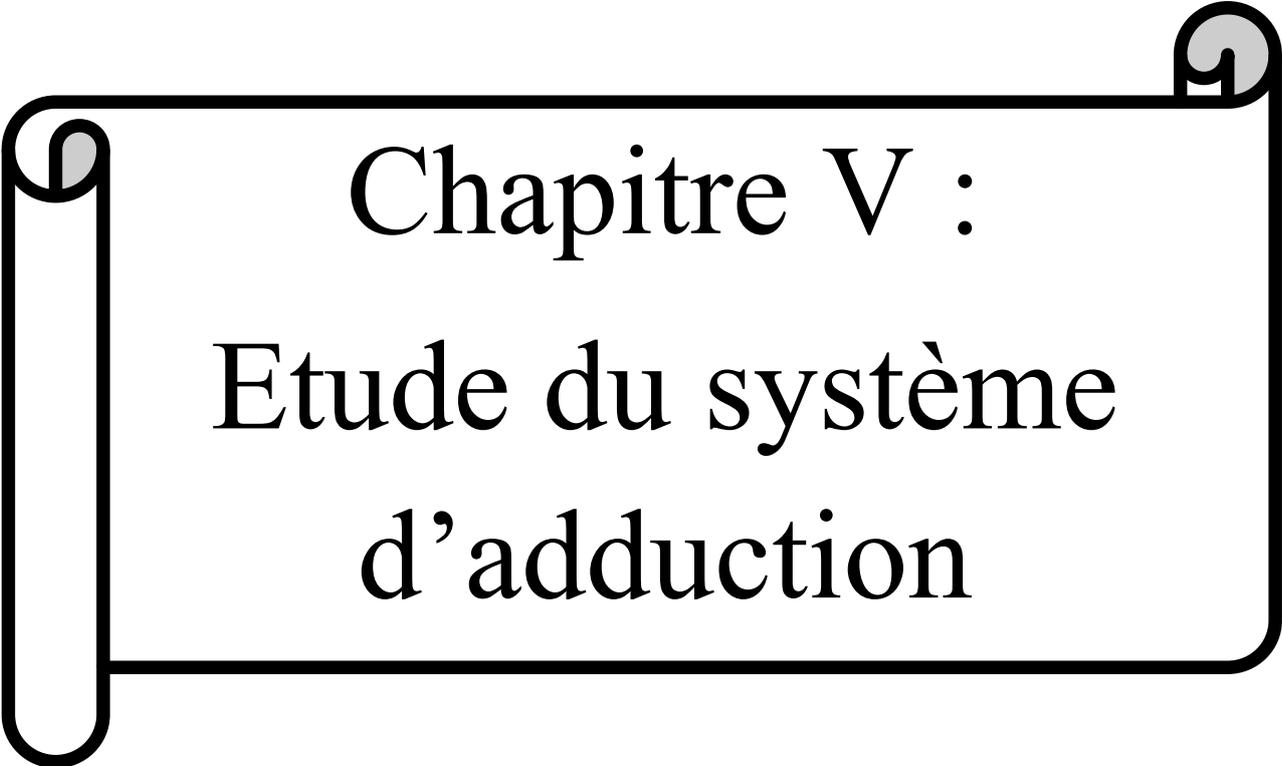
On remarque que le volume total des besoins en eau de notre périmètre est de 14 Hm³. Ce volume peut être déduit du barrage KOUDIAT MEDOUAR puisque le volume régularisé est de 20Hm³.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exposé les besoins en eau de notre périmètre. Le choix des cultures s'est fait sur une base tenant compte de plusieurs facteurs : pédologiques et climatologiques.

Après le choix de l'assolement des cultures, l'estimation des besoins en eau de chaque culture s'est fait sur la base de l'évapotranspiration par la méthode de Penman.

Enfin, nous avons estimé les volumes d'eau à apporter par l'irrigation au cours de la période de la croissance pour assurer aux plantes un approvisionnement hydrique adéquat et continu.



Chapitre V :
Etude du système
d'adduction

Introduction

Dans le cadre de l'aménagement complexe de la zone de Remila - Ouled Fadhel, la détermination d'un schéma optimum d'adduction et de distribution est l'une des tâches les plus importantes.

V.1. Présentation du périmètre

Le périmètre d'irrigation Remila-Ouled Fadhel qui occupe une superficie de 10 849,54 ha est divisé en deux parties, une partie appartient à la wilaya de Batna, tandis que l'autre partie à la wilaya de Khenchela. Dans notre thèse, nous nous intéressons à l'aménagement hydro agricole de la partie de Batna qui à une superficie de 1366.46 ha.

V.2. Alimentation en eau du périmètre

La principale ressource en eau d'irrigation pour les zones irrigables est des eaux de surface emmagasinées dans le barrage de Koudiat Medaour, déjà construit. Le niveau maximum dans cette retenue se situe à la cote 997 m le niveau minimum étant à la cote 965m.

Le périmètre étudié se situe à l'est de la retenue de Koudiat Medaouar. Le territoire compris entre le périmètre concerné et la retenue est dominée par un haut plateau de telle sorte qu'il est impossible d'amener les eaux par gravité jusqu'au périmètre.

V.3. Organisation du périmètre : Ilots d'irrigation

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

On admet généralement que l'implantation des bornes répond aux critères suivants :

- Pour les zones de petites et moyennes exploitations :
 - ✓ Une borne par îlot d'exploitations
 - ✓ Quatre (04) prises maximum sur une même borne soit huit parcelles au maximum
 - ✓ Bornes implantées en limites d'îlots ou des parcelles
 - ✓ Dénivelée maximum de 5 m entre les points les plus hauts et les plus bas du bloc d'îlots.
- Pour les zones à grande exploitation :
 - ✓ La borne se situe au centre de l'îlot
 - ✓ 4 prises sur les mêmes bornes.

V.4. Rôle et fonction de la borne d'irrigation

Chaque îlot sera équipé d'un ouvrage de desserte appelée borne d'irrigation. La borne comporte une ou plusieurs sorties ou prises suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément. L'emplacement des bornes d'irrigation est le premier problème auquel doit s'attaquer le projecteur. En effet une forte densité améliore les conditions de travail des agriculteurs en diminuant les longueurs de canalisation mobile de surface, mais il en résulte une augmentation importante des frais d'installation du réseau fixe. Une trop faible densité accroît le travail de montage et de transport de canalisation mobiles.

Chaque borne, et même chaque sortie, doit assurer toutes les fonctions d'une prise c'est-à-dire :

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

V.4.1. Tracé du réseau

Une fois qu'on a établi le plan de bornage, il est exigé de relier le plus économiquement possible les différentes bornes. La méthode classiquement mise en œuvre comprend trois phases successives :

1ere phase : tracé par proximité

Nous recherchons tout d'abord le tracé de longueur minimum ayant pour sommets les seules bornes du réseau.

2ème phase : Tracé à 120°

Le tracé à 120 degrés améliore le tracé précédent En créant de nouveaux sommets distincts des bornes.

3ème phase : le tracé économique

Le tracé économique est voisin du tracé à 120° mais avec des angles aux points de jonction modifiés en fonction des positions des points.

Dans le cas du tracé économique, on a intérêt à raccourcir la longueur des conduites de diamètre important, quitte à augmenter de celles de petit diamètre. Les angles aux points de jonction seront quelque peu modifiés

V.4.2. Modalités de desserte de l'eau

Dans un réseau d'irrigation, la desserte de l'eau représente le mode de régularisation ou de distribution de l'eau aux agriculteurs. La distribution de l'eau d'irrigation est dans certains cas problématique en particulier dans les mois de pointe, car la demande ne peut dépasser la main d'eau. On distingue :

V.4.2.1. Distribution d'eau a la demande

Dans ce mode d'irrigation, chaque irrigant étant libre d'utiliser le débit qu'il a souscrit. Dans certains cas, le débit affecté à une prise sera supérieur au débit fictif continu (le débit qui serait nécessaire si l'irrigation s'effectuait 24h sur 24 pendant la période de pointe)

V.4.2.2. Distribution au tour d'arrosage

C'est un mode de desserte spécifique et très rigide, à module fixe et uniforme sur tout le réseau, chaque irrigant pourra irriguer au cours d'un tour d'eau, pendant une durée proportionnelle à la surface irriguée. On distingue :

- a) **Tour d'arrosage à la borne :** Chacune des bornes du réseau reçoit un débit correspondant au débit fictif continu des superficies irriguées qu'elles desservent, chaque borne est équipée d'un limiteur de débit commun aux différentes prises.
- b) **Tour d'arrosage à l'antenne :** Dans le cas des petites propriétés, les modules disponibles lors de l'application des modalités précédentes, pourront être trop faibles, d'où l'option de regrouper plusieurs bornes sur une seule antenne donnée.

V.5. Calcul du débit aux bornes

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

$$Q_b = q_s \cdot S$$

Q_b = Débit de chaque ilot (l/s)

q_s = Débit spécifique (l/s/ha)

S = Superficie de l'ilot (ha)

V.5.1. Choix du diamètre de la borne

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

Tableau V.1: Type de bornes en fonction du débit des ilots

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

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

Tableau V.2: Calcul des débits des prises et des bornes

Ilot	Superficie (Ha)	Parcelles	Superficie (Ha)	Débit spécifique (l/s/ha)	Débit (l/s)	Débit de la borne (l/s)	Diamètre de la borne
1	34,29	174	1,70	1,12	1,90	38,40	200
		176	1,78	1,12	1,99		
		177	1,14	1,12	1,28		
		178	2,71	1,12	3,04		
		179	2,24	1,12	2,51		
		180	2,11	1,12	2,37		
		181	2,70	1,12	3,03		
		182	2,90	1,12	3,25		
		183	1,35	1,12	1,52		

		184	1,17	1,12	1,31		
		185	1,69	1,12	1,89		
		186	2,29	1,12	2,57		
		187	2,43	1,12	2,73		
		188	0,76	1,12	0,86		
		189	2,07	1,12	2,31		
		190	5,24	1,12	5,86		
2	22,55	166	0,82	1,12	0,92	25,26	200
		167	0,36	1,12	0,40		
		168	1,92	1,12	2,15		
		169	0,99	1,12	1,11		
		170	1,74	1,12	1,95		
		171	4,13	1,12	4,63		
		172	3,68	1,12	4,12		
		173	1,18	1,12	1,32		
		175	7,73	1,12	8,66		
3	31,21	152	3,15	1,12	3,53	34,96	200
		154	0,95	1,12	1,07		
		155	8,10	1,12	9,08		
		156	9,97	1,12	11,17		
		159	3,87	1,12	4,34		
		160	1,47	1,12	1,64		
		161	3,69	1,12	4,13		
4	31,70	143	23,75	1,12	26,60	35,50	200
		153	1,95	1,12	2,18		
		162	1,73	1,12	1,94		
		163	1,03	1,12	1,15		
		164	1,68	1,12	1,88		
		165	1,56	1,12	1,74		
5	33,64	105	9,28	1,12	10,39	37,68	200
		144	1,92	1,12	2,15		
		145	1,91	1,12	2,14		
		146	3,29	1,12	3,69		
		147	1,36	1,12	1,53		
		148	2,91	1,12	3,26		
		149	2,91	1,12	3,26		
		150	1,41	1,12	1,58		
		151	6,00	1,12	6,72		
		157	1,69	1,12	1,90		
		158	0,96	1,12	1,08		
6	21,13	115a	2,12	1,12	2,37	23,67	150
		125	3,46	1,12	3,88		
		127	0,37	1,12	0,41		

		128	0,37	1,12	0,42		
		129	1,13	1,12	1,27		
		130	2,72	1,12	3,05		
		131	8,35	1,12	9,35		
		133	1,18	1,12	1,32		
		135	0,46	1,12	0,52		
		136	0,96	1,12	1,08		
7	29,25	100	0,86	1,12	0,96	32,76	200
		101	6,33	1,12	7,09		
		102	0,79	1,12	0,88		
		103	1,21	1,12	1,36		
		104	2,21	1,12	2,48		
		106	1,40	1,12	1,57		
		106a	3,66	1,12	4,10		
		107	1,62	1,12	1,81		
		108	1,39	1,12	1,56		
		109	2,64	1,12	2,96		
		110	2,01	1,12	2,25		
		94	1,90	1,12	2,12		
		95	1,85	1,12	2,07		
		99	1,39	1,12	1,55		
8	25,88	114	2,35	1,12	2,63	28,99	200
		115	8,68	1,12	9,72		
		117	1,08	1,12	1,21		
		118	2,32	1,12	2,59		
		119	1,25	1,12	1,40		
		120	0,55	1,12	0,61		
		121	0,95	1,12	1,06		
		122	7,14	1,12	8,00		
		123	0,86	1,12	0,96		
		124	0,73	1,12	0,81		
9	28,12	111	2,06	1,12	2,31	31,50	200
		112	2,36	1,12	2,65		
		86	0,31	1,12	0,34		
		87	5,37	1,12	6,01		
		88	2,16	1,12	2,42		
		89	2,04	1,12	2,28		
		90	1,19	1,12	1,33		
		91	1,45	1,12	1,62		
		92	1,06	1,12	1,18		
		93	2,41	1,12	2,70		
		94	3,70	1,12	4,14		
		96	2,34	1,12	2,62		

		97	0,84	1,12	0,94		
		98	0,84	1,12	0,94		
10	11,29	113	3,10	1,12	3,47	12,64	100
		75	1,38	1,12	1,55		
		76	1,16	1,12	1,29		
		77	0,44	1,12	0,49		
		78	1,54	1,12	1,72		
		79	0,61	1,12	0,68		
		81	0,91	1,12	1,02		
		81b	2,16	1,12	2,41		
		11	17,98	66	1,71		
71	4,16			1,12	4,66		
74	2,34			1,12	2,62		
80	1,28			1,12	1,43		
82	2,54			1,12	2,84		
83	1,00			1,12	1,11		
85	4,96			1,12	5,56		
12	31,93	47	0,76	1,12	0,85	35,76	200
		48	1,84	1,12	2,06		
		53	2,59	1,12	2,90		
		54	1,73	1,12	1,94		
		55	1,83	1,12	2,05		
		56	1,34	1,12	1,50		
		57	1,28	1,12	1,43		
		61	1,65	1,12	1,85		
		62	4,70	1,12	5,26		
		63	1,75	1,12	1,96		
		64	1,19	1,12	1,33		
		65	4,58	1,12	5,13		
		67	0,81	1,12	0,91		
		68	0,66	1,12	0,73		
		69	1,17	1,12	1,31		
70	2,80	1,12	3,14				
73	1,27	1,12	1,42				
13	28,11	33	1,66	1,12	1,86	31,48	200
		38	2,01	1,12	2,25		
		39	2,23	1,12	2,50		
		40	3,56	1,12	3,99		
		45	3,03	1,12	3,40		
		46	1,57	1,12	1,76		
		49	2,85	1,12	3,19		
		50	4,91	1,12	5,50		
		51	4,43	1,12	4,96		

		52	1,85	1,12	2,07		
14	29,05	24	1,98	1,12	2,22	32,53	200
		25	2,13	1,12	2,39		
		26	0,67	1,12	0,75		
		27	0,25	1,12	0,28		
		28	0,63	1,12	0,70		
		29	0,79	1,12	0,88		
		30	2,52	1,12	2,82		
		31	1,02	1,12	1,14		
		32	2,20	1,12	2,47		
		34	1,82	1,12	2,04		
		35	1,93	1,12	2,16		
		36	1,49	1,12	1,67		
		37	1,24	1,12	1,39		
		41	0,73	1,12	0,82		
		42	1,20	1,12	1,34		
		43	0,82	1,12	0,92		
		44	2,85	1,12	3,20		
				58	2,51		
		59	1,08	1,12	1,20		
		60	1,19	1,12	1,33		
15	35,00	10	7,68	1,12	8,60	39,20	200
		17a	1,01	1,12	1,13		
		18	1,84	1,12	2,06		
		19	2,44	1,12	2,73		
		20	0,60	1,12	0,67		
		21	7,63	1,12	8,55		
		22	4,99	1,12	5,59		
		23	8,82	1,12	9,88		
16	15,34	13	14,43	1,12	16,17	17,19	100
		17	0,91	1,12	1,02		
17	17,95	12	11,80	1,12	13,22	20,10	150
		2	1,54	1,12	1,72		
		4	2,83	1,12	3,16		
		9	1,79	1,12	2,00		
18	29,51	398	0,34	1,12	0,39	33,05	200
		399	7,96	1,12	8,91		
		401	19,66	1,12	22,02		
		402	1,55	1,12	1,74		
19	14,75	14	1,39	1,12	1,55	16,52	100
		15	4,73	1,12	5,30		
		16	0,93	1,12	1,04		
		5	1,83	1,12	2,05		

		6	2,91	1,12	3,26		
		72	1,16	1,12	1,30		
		72A	1,01	1,12	1,13		
		8	0,78	1,12	0,87		
20	27,96		27,96	1,12	31,32	31,32	200
21	29,28	400	3,63	1,12	4,07	32,79	200
		403	1,39	1,12	1,56		
		405	1,07	1,12	1,19		
		408	2,43	1,12	2,72		
		409	1,85	1,12	2,07		
		410	0,22	1,12	0,25		
		423	3,13	1,12	3,51		
		424	1,77	1,12	1,98		
		425	0,46	1,12	0,51		
		426	0,93	1,12	1,04		
		427	1,10	1,12	1,23		
		428	0,14	1,12	0,16		
		429	0,47	1,12	0,52		
		430	3,38	1,12	3,78		
		431	0,11	1,12	0,13		
		432	2,77	1,12	3,11		
		22	32,64	433	0,43		
434	2,07			1,12	2,32		
435	1,62			1,12	1,81		
437	0,30			1,12	0,34		
404	6,70			1,12	7,51		
406	5,25			1,12	5,88		
407	4,23			1,12	4,73		
411	3,39			1,12	3,80		
412	2,02			1,12	2,26		
23	28,23	413a	4,32	1,12	4,83	31,62	200
		439	2,38	1,12	2,66		
		440	3,01	1,12	3,37		
		441	1,35	1,12	1,51		
		72C	7,13	1,12	7,99		
		72D	1,36	1,12	1,52		
		72E	1,54	1,12	1,73		
		72F	1,85	1,12	2,07		
		72G	5,88	1,12	6,58		
72H	1,43	1,12	1,60				
72I	1,84	1,12	2,06				
72J	3,65	1,12	4,09				
72K	3,55	1,12	3,97				

24	21,96		21,96	1,12	24,60	24,60	200
25	35,19		35,19	1,12	39,41	39,41	200
26	22,81		22,81	1,12	25,55	25,55	200
27	35,4		35,4	1,12	39,65	39,65	200
28	24,98	229	1,71	1,12	1,92	27,98	200
		230	1,80	1,12	2,02		
		231	6,82	1,12	7,63		
		232	4,82	1,12	5,39		
		233	2,37	1,12	2,66		
		234	2,90	1,12	3,25		
		235	4,56	1,12	5,11		
29	33,36		33,36	1,12	37,36	37,36	200
30	15,35	219	1,75	1,12	1,96	17,19	100
		220	3,84	1,12	4,30		
		224	1,14	1,12	1,28		
		225	1,07	1,12	1,20		
		226	2,97	1,12	3,32		
		227	3,31	1,12	3,71		
		228	1,27	1,12	1,43		
31	31,94	216	7,16	1,12	8,02	35,77	200
		218	0,69	1,12	0,77		
		237	1,81	1,12	2,03		
		238	1,99	1,12	2,23		
		238a	0,79	1,12	0,88		
		239	2,50	1,12	2,80		
		240	2,12	1,12	2,38		
		241	5,82	1,12	6,52		
		242	0,83	1,12	0,93		
		243	2,21	1,12	2,48		
		244	1,08	1,12	1,21		
		245	2,57	1,12	2,88		
		246	1,02	1,12	1,14		
		452	1,32	1,12	1,48		
32	21,63	207	3,85	1,12	4,32	24,22	150
		208	1,15	1,12	1,29		
		209	1,47	1,12	1,65		
		210	0,45	1,12	0,51		
		211	4,72	1,12	5,29		
		212	1,41	1,12	1,58		
		221	4,38	1,12	4,90		
		222	1,91	1,12	2,14		
		223	2,28	1,12	2,56		
33	30,47	191	0,19	1,12	0,21	34,13	200

		192	1,56	1,12	1,75		
		193	1,53	1,12	1,72		
		194	1,66	1,12	1,86		
		197b	0,92	1,12	1,03		
		198	1,33	1,12	1,49		
		199	2,13	1,12	2,39		
		200	2,23	1,12	2,49		
		201	0,75	1,12	0,84		
		202	1,96	1,12	2,19		
		203	1,39	1,12	1,56		
		204	2,45	1,12	2,74		
		205	2,32	1,12	2,60		
		206	3,18	1,12	3,56		
		213	0,98	1,12	1,10		
		214	1,78	1,12	1,99		
		215	2,98	1,12	3,34		
		217	1,13	1,12	1,26		
34	8,21	258	3,39	1,12	3,79	9,19	100
		259	4,82	1,12	5,40		
35	31,68	255	27,91	1,12	31,26	35,48	200
		256	3,77	1,12	4,22		
36	24,63	250	2,69	1,12	3,02	27,58	200
		253	2,08	1,12	2,33		
		253a	2,68	1,12	3,00		
		253b	0,39	1,12	0,43		
		254	3,27	1,12	3,66		
		255a	4,00	1,12	4,48		
		257	0,76	1,12	0,85		
		260	1,14	1,12	1,27		
		261	4,12	1,12	4,62		
		262	3,50	1,12	3,92		
37	28,91	197a	6,13	1,12	6,87	32,37	200
		247	3,38	1,12	3,79		
		248	5,38	1,12	6,03		
		251	1,15	1,12	1,29		
		252	7,50	1,12	8,40		
		263	3,81	1,12	4,27		
		264	1,55	1,12	1,73		
38	20,95	282	6,70	1,12	7,50	23,46	150
		282a	3,23	1,12	3,62		
		284	1,18	1,12	1,32		
		285	5,15	1,12	5,77		
		286	1,59	1,12	1,78		

		287	1,40	1,12	1,57		
		288a	1,70	1,12	1,90		
39	17,05	265	4,69	1,12	5,25	19,10	100
		266	2,71	1,12	3,04		
		267	1,85	1,12	2,07		
		268	3,30	1,12	3,69		
		274	4,50	1,12	5,04		
40	19,39	443	7,58	1,12	8,50	21,72	150
		444	2,64	1,12	2,96		
		445	4,82	1,12	5,39		
		446	1,98	1,12	2,22		
		447	2,36	1,12	2,65		
41	32,62	269	1,07	1,12	1,20	36,53	200
		270	1,94	1,12	2,17		
		271	4,10	1,12	4,59		
		272	1,55	1,12	1,73		
		275	1,23	1,12	1,37		
		276	1,11	1,12	1,24		
		277	3,78	1,12	4,24		
		277a	0,68	1,12	0,76		
		277b	1,18	1,12	1,32		
		279	1,04	1,12	1,16		
		280	4,24	1,12	4,75		
		281	1,06	1,12	1,19		
		283	2,26	1,12	2,54		
		284	0,42	1,12	0,47		
		288	2,94	1,12	3,29		
		289a	1,93	1,12	2,16		
		290	0,64	1,12	0,72		
451	1,46	1,12	1,64				
42	29,22	413	5,77	1,12	6,46	32,73	200
		414	4,45	1,12	4,99		
		415	1,85	1,12	2,07		
		416	4,84	1,12	5,42		
		417	2,22	1,12	2,48		
		418	1,31	1,12	1,47		
		419	2,90	1,12	3,24		
		420	2,53	1,12	2,83		
		421	1,65	1,12	1,84		
		422	1,72	1,12	1,93		
43	23,14	289	0,67	1,12	0,75	25,92	200
		289b	1,09	1,12	1,22		
		291	2,47	1,12	2,77		

		292	1,65	1,12	1,85		
		293	1,69	1,12	1,89		
		294	3,78	1,12	4,23		
		295	1,72	1,12	1,92		
		295a	2,45	1,12	2,74		
		296	1,47	1,12	1,64		
		297	1,00	1,12	1,12		
		298	0,65	1,12	0,73		
		299	0,45	1,12	0,51		
		300	0,93	1,12	1,04		
		301	0,67	1,12	0,75		
		311	0,72	1,12	0,80		
		312	1,74	1,12	1,95		
44	21,05	302	0,98	1,12	1,10	23,58	150
		303	1,55	1,12	1,74		
		304	1,23	1,12	1,38		
		305	1,21	1,12	1,36		
		306	1,96	1,12	2,19		
		307	1,24	1,12	1,39		
		308	8,52	1,12	9,54		
		309	1,63	1,12	1,83		
		310	2,73	1,12	3,06		
45	34,17		34,17	1,12	38,27	38,27	200
46	23,70	345a	1,99	1,12	2,23	26,54	200
		350	3,23	1,12	3,62		
		351	6,23	1,12	6,98		
		352	7,23	1,12	8,10		
		353	5,02	1,12	5,62		
47	33,79	335	7,16	1,12	8,02	37,85	200
		337	0,87	1,12	0,97		
		338	8,55	1,12	9,57		
		340	2,28	1,12	2,55		
		341	3,21	1,12	3,60		
		345	5,67	1,12	6,35		
		346	6,05	1,12	6,77		
48	28,81	325	0,81	1,12	0,91	32,27	200
		326	3,55	1,12	3,98		
		328	1,30	1,12	1,46		
		329	12,32	1,12	13,80		
		330	2,60	1,12	2,91		
		333	3,75	1,12	4,20		
		334	4,47	1,12	5,01		
49	9,41	323	8,84	1,12	9,90	10,54	100

		324	0,57	1,12	0,64		
50	28,23	323a	3,72	1,12	4,16	31,62	200
		331	7,95	1,12	8,90		
		332	5,04	1,12	5,65		
		367	1,33	1,12	1,49		
		371	10,19	1,12	11,41		
51	31,07	313	1,36	1,12	1,52	34,80	200
		314	2,71	1,12	3,04		
		315	2,96	1,12	3,31		
		316	0,94	1,12	1,06		
		317	4,59	1,12	5,15		
		318	2,42	1,12	2,71		
		319	5,88	1,12	6,58		
		320	3,20	1,12	3,59		
		321	3,10	1,12	3,47		
		322	1,96	1,12	2,20		
		369	1,95	1,12	2,18		
52	17,85		17,85	1,12	19,99	19,99	150
53	22,68	369a	1,41	1,12	1,58	25,41	200
		370	21,27	1,12	23,82		

Au total, le périmètre exige 54 bornes pour permettre l'alimentation de l'ensemble des parcelles sur une surface de 1366.46 ha.

V.6. Schéma d'aménagement hydro-agricole Variantes d'aménagement

Etant donné la présence du périmètre en amont du barrage Koudiat Medaour. On présente la variante retenue qui nous semble la plus plausible, et cela vu la situation topographique et foncière du périmètre :

A) Schéma d'adduction

Conformément au schéma de notre aménagement, une station de pompage implantée au niveau du barrage de Koudiat Medaour destinée à refouler l'eau vers un réservoir de distribution qui sera réalisé à la cote 1050 m permettant ainsi d'assurer une pression suffisante au niveau de la borne la plus défavorisée. Cette pression permettra l'utilisation des équipements d'irrigation. La conduite de refoulement d'une longueur de 3627 m est prévue en fonte.

B) Schéma de distribution

Le principe de distribution de la variante retenue consiste à projeter un réservoir de stockage, qui aura pour rôle de stocker l'eau et de la distribuer gravitaire aux différentes parcelles du périmètre, durant les périodes de sécheresse.

V.7. Dimensionnement du réseau de distribution

V.7.1. Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire

Après avoir calculé les débits de chaque ilot, nous procédons à la deuxième étape de calcul celle du réseau de distribution, c'est-à-dire de l'ouvrage vers les bornes.

V.7.2. Vitesses admissibles

A partir d'une expérience acquise au fil des années dans les études et l'exploitation des systèmes d'irrigation dans des régions similaires, les vitesses admissibles ci-après sont conseillées :

- vitesse minimale de 0.5 m/s afin d'éviter une sédimentation éventuelle du débit solide
- vitesse maximale de 2,0 m/s exceptionnellement jusqu'à 4.5 m/s.

V.7.3. Choix du matériau des conduites

Le choix du matériau utilisé est en fonction de la pression supportée, de l'agressivité du sol et de l'ordre économique (coût et disponibilité sur le marché local et leur production en Algérie) ainsi que la bonne jonction de la conduite avec les équipements auxiliaires (joints, coudes, vannes...etc.).

Parmi les matériaux utilisés on peut citer : l'acier, la fonte, le PVC et Béton précontraint

V.7.3.1. Caractéristiques des canalisations

a) Conduites en fonte

Présentent plusieurs avantages :

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

Leur inconvénient est

- coût relativement important.

b) Conduite en acier

- Les conduites en acier sont plus légères que les conduites en fonte, d'où l'économie sur le transport et la pose
- Bonne résistance aux contraintes (choc et écrasement).

Leur inconvénient est

- la corrosion.

c) Conduite en PEHD

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

Leur inconvénient est

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

Dans notre cas, les conduites seront en fonte si leur diamètre est supérieur ou égal à 400mm et en PEHD dans le cas contraire.

V.7.4. Calcul des diamètres

Le calcul des diamètres est réalisé sur la base des débits véhiculés par le tronçon de conduite, et les vitesses.

La formule de " LABYE " nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 1000$$

Avec :

Q : débit, exprimé en m³/s ;

D: diamètre exprimé en mm.

V : vitesse qui donne le diamètre économique est de 1.25 m/s

V.7.5. Estimation des pertes de charge

Lorsque l'on est en présence de frottements, le théorème de Bernoulli ne s'applique plus et la charge n'est plus constante. On parle alors de perte de charge.

On utilise dans ce cas le théorème de Bernoulli généralisé, qui s'écrit :

$$\frac{v_1^2}{2g} + z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + \frac{p_2}{\rho g} - \Delta h$$

■ **Ligne piézométrique** : $H_{statique} = \frac{p}{\rho g} + z$

■ **Ligne de charge** : $H = H_{statique} + H_{cinétique} = \frac{p}{\rho g} + z + \alpha \frac{U^2}{2g}$

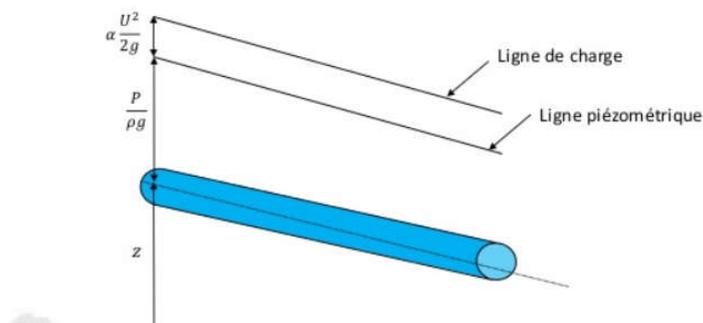


Figure V.1 : le principe de Bernoulli.

Où le terme Δh représente la dissipation d'énergie (exprimée en mètres) entre le point 1 (en amont) et 2 (en aval de l'écoulement).

Dans le cas d'un fluide incompressible, si la section du tuyau est constante, alors la vitesse est également constante. L'altitude z étant imposée par l'installation de la canalisation, on voit que la perte de charge se traduit par une diminution de pression.

Une relation plus générale s'écrira :

$$\frac{v_1^2}{2g} + z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\Delta P}{\rho g}$$

Où

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot \Delta h$$

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 mm/ml

Q: Débit en m³/s

D : Diamètre de la conduite considérée

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

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

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

Tableau V.3 : 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

Pour une conduite en fonte/PEHD, on a les caractéristiques suivantes :

La rugosité équivalente K=0.1 mm, donc

L=1.15 M=1.89 N=5.01

Les pertes de charge singulières sont estimées de **10% à 15%** des pertes de charge linéaires. Les calculs hydrauliques sont détaillés dans le tableau suivant :

Tableau V.4: Résultats de calcul (vitesse, perte de charge et pressions)

Conduite	Tronçon		Longueur		Surface (Ha)	Débit		Diamètre (mm)		Vréel (m/s)	Perte de charge (m)	Perte de charge ΔH_t (m)	Cote terrain aval Z (m)	cote piézométrique (m)	Pression au point P(m)
	De	à	(m)	(km)		(l/s)	(m ² /s)	Calculé	Normalisé						
	Rés	1	11026	11,026	1366,46	1 557,76	1,56	1 259,65	1400	1,01	5,43	5,97	1012	1044,32	32,32
T1	1	B1	128	0,128	195,55	222,93	0,22	476,52	500	1,14	0,28	0,31	1005,90	1044,01	38,11
	B1	N1	17	0,017	164,48	187,51	0,19	437,03	500	0,95	0,03	0,03	1005,80	1043,98	38,18
	N1	B2	144	0,144	22,68	25,86	0,03	162,28	200	0,82	0,53	0,58	1004,80	1043,40	38,60
	N1	N2	1289	1,289	141,8	161,65	0,16	405,78	400	1,29	4,66	5,13	994,00	1038,27	44,27
	N2	B4	95	0,095	55,49	63,26	0,06	253,84	315	0,81	0,19	0,21	993,50	1038,06	44,56
	B4	B5+B6	302	0,302	46,08	52,53	0,05	231,32	315	0,67	0,43	0,48	993,50	1037,58	44,08
	N2	B3	20	0,02	86,3	98,38	0,10	316,56	315	1,26	0,09	0,10	994,00	1037,48	43,48
	B3	B7	994	0,994	57,49	65,54	0,07	258,37	315	0,84	2,16	2,38	988,30	1035,10	46,80
	B7	B8	1272	1,272	23,7	27,02	0,03	165,89	200	0,86	5,04	5,55	973,80	1029,55	55,75
	1	2	7328	7,328	1170,91	1 334,84	1,33	1 166,04	1200	1,18	5,84	6,42	945,5	1023,14	77,64
T2	2	B9	788	0,788	291,01	331,75	0,33	581,31	630	1,06	1,14	1,25	938	1021,88	83,88
	B9	N3	487	0,487	271,62	309,65	0,31	561,61	630	0,99	0,62	0,68	939	1021,20	82,20
	N3	B10	42	0,042	49,73	56,69	0,06	240,30	250	1,15	0,22	0,24	940	1020,96	80,96
	B10	B11	253	0,253	20,502	23,37	0,02	154,29	160	1,16	2,33	2,57	941	1018,39	77,39
	N3	B12	593	0,593	221,898	252,96	0,25	507,61	500	1,29	1,64	1,80	940	1016,59	76,59
	B12	N4	171	0,171	189,278	215,78	0,22	468,82	500	1,10	0,35	0,38	937	1016,21	79,21
	N4	B13	114	0,114	57,86	65,96	0,07	259,20	315	0,85	0,25	0,28	938	1015,93	77,93
	B13	B14	52	0,052	34,72	39,58	0,04	200,79	200	1,26	0,42	0,47	940	1015,46	75,46
	B14	B15	556	0,556	21,05	24,00	0,02	156,34	160	1,19	5,39	5,93	946	1009,54	63,54
	N4	B16	561	0,561	131,41	149,81	0,15	390,63	400	1,19	1,76	1,93	935	1007,60	72,60
	B16	N5	10	0,01	110,46	125,92	0,13	358,14	400	1,00	0,02	0,02	934	1007,58	73,58
	N5	B17	47	0,047	70,58	80,46	0,08	286,28	315	1,03	0,15	0,17	934	1007,41	73,41
	B17	B18+B19	621	0,621	45,95	52,38	0,05	230,99	315	0,67	0,88	0,97	934	1006,44	72,44

	N5	B20	42	0,042	39,88	45,46	0,05	215,19	200	1,45	0,45	0,49	934	1005,95	71,95
	B20	B21	501	0,501	8,21	9,36	0,01	97,64	125	0,76	2,82	3,11	931	1002,84	71,84
	2	3	4548	4,548	879,91	1 003,10	1,00	1 010,81	1000	1,28	5,26	5,79	908,8	997,06	88,26
T3	3	N6	251	0,251	879,91	1 003,10	1,00	1 010,81	1000	1,28	0,29	0,32	906	996,74	90,74
	N6	B22	50	0,05	238,77	272,20	0,27	526,55	630	0,87	0,05	0,05	906	996,68	90,68
	B22	B23	357	0,357	210,81	240,32	0,24	494,76	500	1,22	0,89	0,98	909	995,70	86,70
	B23	B24	831	0,831	182,58	208,14	0,21	460,45	500	1,06	1,59	1,74	914	993,95	79,95
	B24	B25	233	0,233	147,18	167,79	0,17	413,41	400	1,34	0,90	1,00	916	992,96	76,96
	B25	B26	260	0,26	124,37	141,78	0,14	380,02	400	1,13	0,73	0,81	918	992,15	74,15
	B26	B27+B 28	394	0,394	99,39	113,30	0,11	339,72	400	0,90	0,73	0,80	924	991,35	67,35
	B27+B 28	B29+B 30	512	0,512	52,1	59,39	0,06	245,96	250	1,21	2,94	3,24	928	988,11	60,11
	N6	B31+B 32	86	0,086	641,14	730,90	0,73	862,84	1000	0,93	0,05	0,06	906	988,05	82,05
	B31+B 32	N7	618	0,618	608,44	693,62	0,69	840,55	1000	0,88	0,36	0,39	907	987,66	80,66
	N7	B33	51	0,051	181,94	207,41	0,21	459,64	500	1,06	0,10	0,11	908	987,56	79,56
	B33	B34	594	0,594	152,43	173,77	0,17	420,71	500	0,89	0,81	0,89	910	986,67	76,67
	B34	B35	277	0,277	123,15	140,39	0,14	378,15	400	1,12	0,77	0,84	912	985,83	73,83
	B35	B36	435	0,435	90,51	103,18	0,10	324,19	400	0,82	0,67	0,74	916	985,08	69,08
	B36	B37+B 38	374	0,374	55,32	63,06	0,06	253,45	250	1,28	2,41	2,65	919	982,44	63,44
	N7	B39	44	0,044	50,35	57,40	0,06	241,80	250	1,17	0,24	0,26	907	982,18	75,18
	B39	B40	477	0,477	35	39,90	0,04	201,60	200	1,27	3,95	4,35	904	977,83	73,83
	N7	N8	1191	1,191	271,47	309,48	0,31	561,45	630	0,99	1,51	1,66	891,3	976,17	84,87
	N8	B41	139	0,139	89,08	101,55	0,10	321,62	315	1,30	0,69	0,76	892	975,40	83,40
	B41	B42	150	0,15	60,89	69,41	0,07	265,90	315	0,89	0,36	0,40	892	975,00	83,00
B42	B43	191	0,191	31,63	36,06	0,04	191,65	200	1,15	1,31	1,44	891	973,57	82,57	
N8	N9	1150	1,15	182,39	207,92	0,21	460,21	500	1,06	2,19	2,41	888	971,16	83,16	

N9	B44	31	0,031	57,41	65,45	0,07	258,19	315	0,84	0,07	0,07	888	971,08	83,08
B44	B46+B 45	161	0,161	46,12	52,58	0,05	231,42	250	1,07	0,73	0,81	885	970,28	85,28
N9	B47	671	0,671	124,98	142,48	0,14	380,95	400	1,13	1,91	2,10	885	968,17	83,17
B47	B48	665	0,665	99,1	112,97	0,11	339,23	400	0,90	1,22	1,34	879,4	966,83	87,43
B48	B49	293	0,293	77,97	88,89	0,09	300,90	315	1,14	1,13	1,25	879	965,58	86,58
B49	B50	284	0,284	48,72	55,54	0,06	237,85	250	1,13	1,44	1,58	879,8	964,00	84,20
B50	N10	804	0,804	15,08	17,19	0,02	132,33	160	0,86	4,15	4,56	877	959,43	82,43
N10	B51	143	0,143	31,21	35,58	0,04	190,37	200	1,13	0,95	1,05	877	958,38	81,38
N10	B52	482	0,482	88,54	100,94	0,10	320,64	315	1,30	2,37	2,61	878	955,78	77,78
B52	B53+B 54	363	0,363	56,84	64,80	0,06	256,91	250	1,32	2,46	2,70	878	953,07	75,07

D'après les calculs exposés dans le tableau ci-dessus on voit que la variante choisie avec station de pompage- réservoir permet d'obtenir des pressions aux bornes très satisfaisantes, et sont généralement supérieures à trois bars, (pour les pressions très importantes on installe des brise charge), ce qui est très satisfaisant et permet l'implantation de plusieurs systèmes d'irrigation.

V.8. Pièces spéciales

V.8.1. Brise charge

Un brise charge n'est autre qu'un réservoir intermédiaire dans lequel une partie de l'énergie du jet d'eau, à son entrée, est brisée par une vanne pointeau donnant lieu ainsi une perte de charge singulière. La partie restante étant transformée en énergie potentielle avec un niveau aval

V.8.2. Vannes de sectionnement

Elles sont nécessaires pour l'exploitation des réseaux et permettent d'en isoler une partie pour l'intervention sans arrêter totalement l'irrigation.

Il est prévu d'installer des vannes de sectionnement au départ de toutes les branches et des sous branches importantes.

V.8.3. Ventouses

Elles sont destinées à évacuer les poches d'air et sont placées aux points hauts des adductions et systématiquement entre deux vannes.

Le choix de la ventouse est fait directement en fonction du diamètre de la conduite. Elle est portée sur le profil en long et désignée par le diamètre de l'orifice assurant l'évacuation de l'air.

La mise en place de ventouses à chaque point haut, espacées de 500 mètres au maximum, est également indispensable.

Le tableau ci-après précise le choix de la ventouse en fonction du diamètre de la conduite.

Tableau V.5 : Choix de la ventouse

DIAMETRE DE LA CONDUITE	TYPE DE VENTOUSE
$D < 500 \text{ mm}$	D 80 mm
$600 < D < 900 \text{ mm}$	D 100 mm
$900 < D < 1200 \text{ mm}$	D 150 mm
$D > 1200 \text{ mm}$	D 200 mm

V.8.4. Vidange

Les vidanges sont placées en des points bas pour permettre l'évacuation gravitaire de l'eau. Pour les branches extrêmes de petit diamètre la vidange sera faite par pompage vu les faibles volumes à évacuer ou par des bornes placées à des points bas.

Le tableau ci-après précise le choix de la vidange en fonction du diamètre de la conduite.

Tableau V.6 : Choix de la vidange

Diamètre de la conduite	Type de vidange
$100 < D < 500 \text{ mm}$	D 100 mm
$600 < D < 800 \text{ mm}$	D 150 mm

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié le système d'adduction du périmètre Rmila-Ouled Fadhel situé dans la wilaya de Batna.

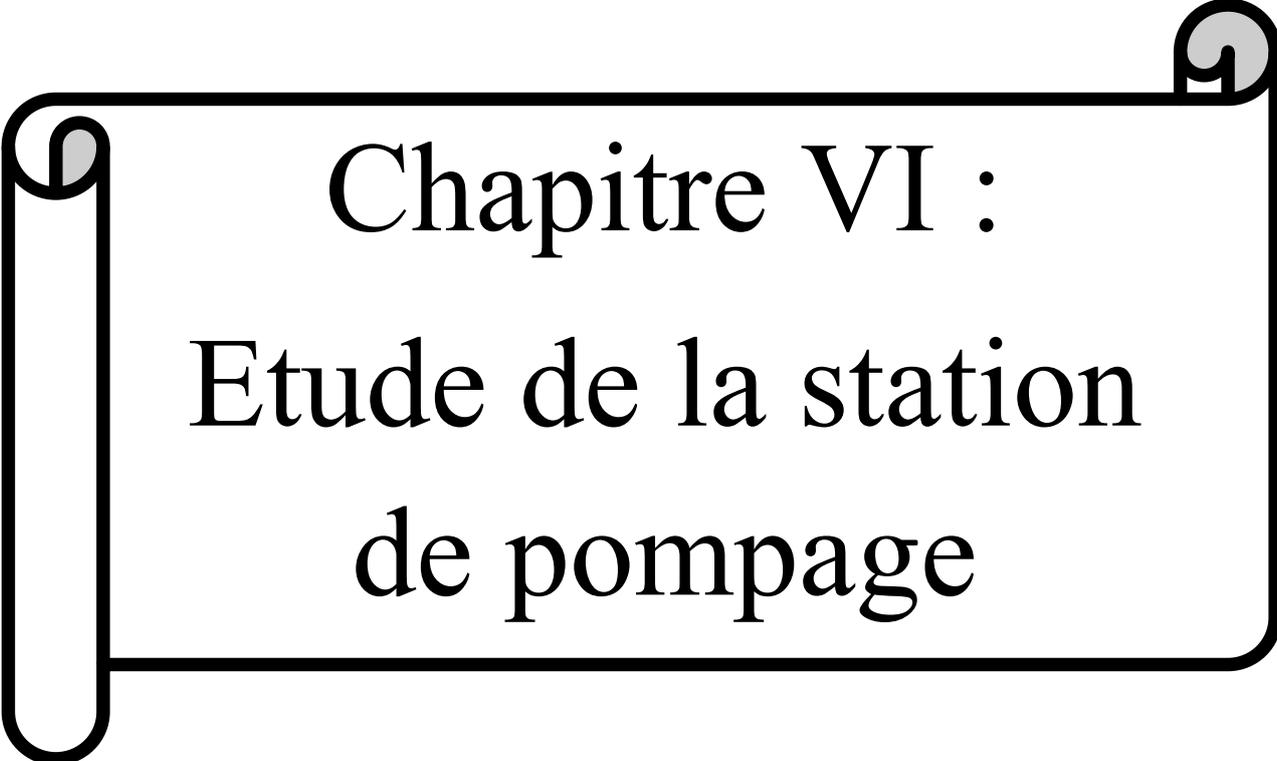
Le périmètre est découpé en 53 ilots, et comporte 54 bornes

Le réseau d'adduction projeté est mixte avec un refoulement par pompage et une desserte gravitaire.

Cette phase de calcul nous a permis :

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

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



Chapitre VI :
Etude de la station
de pompage

Introduction

On appelle une pompe toute machine qui permet d'élever un fluide d'un point bas vers un point haut, ce chapitre a pour but, l'étude et le choix de la pompe adaptée à l'usage de notre projet et qui permet d'assurer le débit et la hauteur manométrique totale demandés.

VI.1. Choix de l'emplacement de la station de pompage

Le choix de l'emplacement de la station de pompage se base sur plusieurs critères à savoir :

- ✓ Il est préférable de situer la prise d'eau la plus proche possible de la station de pompage
- ✓ Il faut éviter les zones sismiques et les zones non stables dans la mesure de possible
- ✓ Il faut respecter les normes : distance minimale entre la station de pompage un aéroport et une prise d'eau doit être 30 km
- ✓ Les différents ouvrages des stations de pompage ne doivent pas se trouver dans les lieux libres du tracé en cas de crue.
- ✓ Pour les terrassements et pour l'implantation de la station de pompage il est nécessaire de :
 - ✓ Prévoir l'accès à tous les ouvrages
 - ✓ Prévoir une plate-forme avec un revêtement routier
 - ✓ Utiliser les moyens de dérivation des eaux pluviales (drainage)
 - ✓ Prévoir une cote du planché de rez-de-chaussée de telle manière à dépasser celle de plate-forme de 0,15 à 0,5m
 - ✓ Prévoir la verdure autour de la station de pompage pour l'environnement.

VI.2. Choix du type de pompe

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

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

VI.3. Choix de type et de nombre de pompe pour la station de pompage (SP)

VI.3.1. Calcul de la hauteur manométrique totale (HMT)

La hauteur d'élévation totale ou hauteur manométrique totale HMT se calcule comme suit :

$$HMT = H_g + \sum \Delta h \text{ totale}$$

Avec :

HMT : hauteur manométrique

H_g : hauteur géométrique

ΔH : les pertes de charge totale

VI.3.1.1. La hauteur géométrique Hg

La hauteur géométrique Hg est la différence d'altitude entre la cote d'arrivée (Réservoir) et celle de départ (niveau de pompage).

$$H_g = C_R - C_{SP} = 1050 - 965$$

$$H_g = 85\text{m.}$$

VI.3.1.2. La longueur de refoulement

$$L_{\text{ref}} = 3627\text{m.}$$

Nous avons $Q = 1.14 * 1366.46$

$$Q = 1557.76 \text{ l/s}$$

$$Q = 1.56 \text{ m}^3/\text{s.}$$

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

$$D = \sqrt[3]{Q}$$

Avec: D : Diamètre intérieur de la conduite en m

Q : Débit véhiculé par la conduite en m³/s

Donc nous avons : $D = (1,56)^{0,5}$

$$D = 1,249\text{m}$$

On prend **D = 1200mm.**

VI.3.1.3. Calcul des pertes de charge totale

On distingue les pertes de charge linéaires et singulières

- **Pertes de charges linéaires H_L**

Les pertes de charge sont calculées comme suit :

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

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:

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

ξ : Rugosité absolue ; 0,046 mm. (Conduite en fonte)

- **Pertes de charges 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 ou conduite longue.

$$\Delta H_s = 0,1 * \Delta H_l$$

VI.3.2. Calcul du diamètre économique

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

VI.3.2.1. Calcul de la HMT pour différent diamètre**Tableau VI-1** : Calcul de la HMT pour divers diamètres de la conduite.

D (mm)	L(m)	Q (m ³ /s)	V (m/s)	Re	λ	ΔH_f (m)	ΔH_s (m)	Hg(m)	Hmt(m)
900	3627	1,56	2,453	1698513,80	0,0108	13,31	14,64	85	99,64
1000	3627	1,56	1,987	1528662,42	0,0106	7,71	8,48	85	93,48
1100	3627	1,56	1,642	1389693,11	0,0104	4,71	5,18	85	90,18
1200	3627	1,56	1,380	1273885,35	0,0102	3,00	3,30	85	88,30
1400	3627	1,56	1,014	1091901,73	0,0100	1,35	1,49	85	86,49
1500	3627	1,56	0,883	1019108,28	0,0098	0,95	1,04	85	86,04

VI.3.2.2. Puissance absorbée par la pompe

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

$$P_{abs} = \frac{g * Q * HMT}{\eta}$$

η : Rendement de la pompe en (%) ($\eta=79\%$)

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

VI.3.2.3. Energie consommée par la pompe

$$E = P * T * 365 [KWh]$$

P : Puissance de la pompe en(KW).

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

VI.3.2.4. Frais d'exploitation

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

$$F_{ex} = E * e [DA]$$

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

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

Tableau VI-2 : Calcul Des frais d'exploitation.

D (mm)	Q (m3/s)	HMT(m)	P (KWatt)	E (KWh)	Prix du KWh (DA)	F _{EX}
900	1,56	99,64	1 930,20	15 499 509,83	4,69	72 692 701,08
1000	1,56	93,48	1 810,95	14 541 961,56		68 201 799,70
1100	1,56	90,18	1 746,95	14 027 999,78		65 791 318,95
1200	1,56	88,30	1 710,57	13 735 840,05		64 421 089,82
1400	1,56	86,49	1 675,41	13 453 549,30		63 097 146,22
1500	1,56	86,04	1 666,76	13 384 103,34		62 771 444,67

VI.3.2.5. Frais d'amortissement

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

$$F_{am} = Prc * A[DA]$$

Prc : Prix de la conduite en (DA)

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

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

i : Taux d'annuité annuel. i= 8%.

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

Tableau VI-3 : Variation des frais d'investissement en fonction du diamètre.

D (mm)	Prix du ML (DA)	L(m)	Prix Totale (DA)	A	Frais d'amortisse (DA)
900	47070,72	3 627	170 725 501,44	0,0888	15 165 108,11
1000	53618,62	3 627	194 474 734,74	0,0888	17 274 691,55
1100	65 417,28	3 627	237 268 474,56	0,0888	21 075 949,62
1200	79812,21	3 627	289 478 885,67	0,0888	25 713 666,43
1400	97 374,71	3 627	353 178 073,17	0,0888	31 371 901,77
1500	115 452,87	3 627	418 747 559,49	0,0888	37 196 270,95

VI.3.2.6. Choix du diamètre**Tableau VI-4** : Bilan technico-économique des diamètres choisis.

Diamètre en (mm)	INVES	EXPLOI	BILAN
900	15 165 108,11	72 692 701,08	87857809,19
1000	17 274 691,55	68 201 799,70	85476491,25
1100	21 075 949,62	65 791 318,95	86867268,57
1200	25 713 666,43	64 421 089,82	90134756,25
1400	31 371 901,77	63 097 146,22	94469047,99
1500	37 196 270,95	62 771 444,67	99967715,62

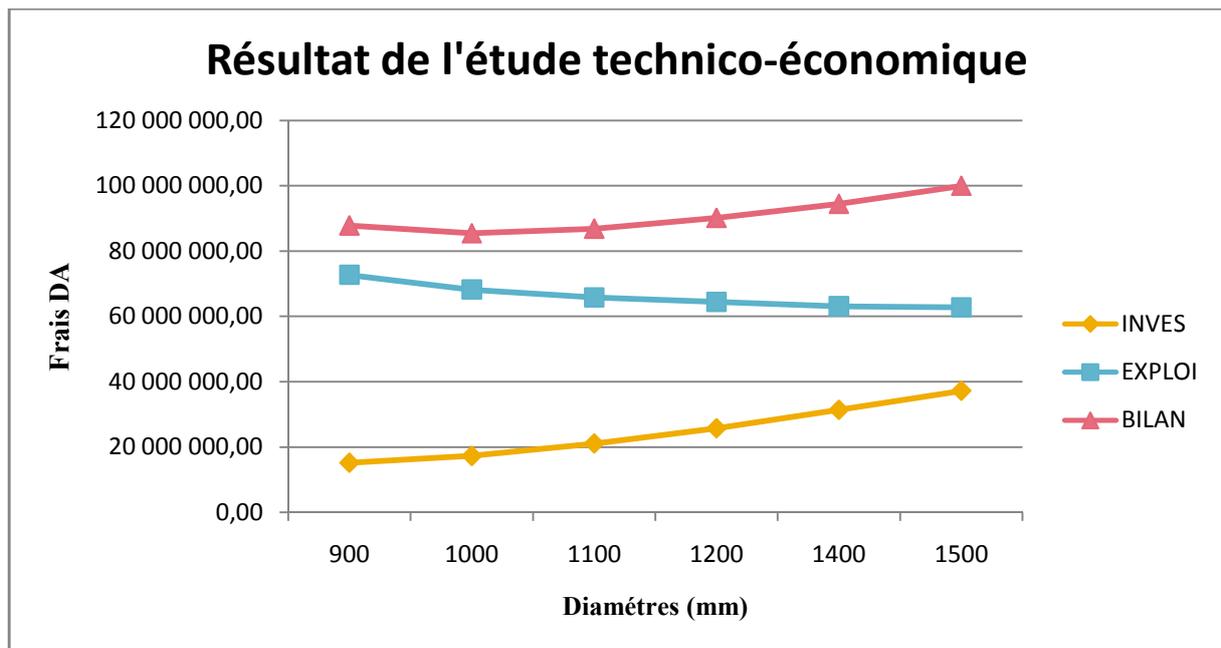


Figure VI.1. Résultat de l'étude technico-économique.

D'après le graphe président, on s'aperçoit que le diamètre optimal est de $D=1000\text{mm}$. On prend donc ce diamètre pour la conduite de refoulement du barrage. La HMT est de 93.48m .

VI.3.3. Nombre et choix des pompes

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

- ✓ Nombre de pompes minimal
- ✓ Meilleur rendement
- ✓ Charge nette d'aspiration requise (NPSH) r minimale
- ✓ Nombre d'étage minimal
- ✓ Puissance absorbée minimale

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

Tableau VI-5 : Caractéristiques des pompes disponibles

N	Q (l/s)	HMT (m)	Type de Pompe	η %	Vitesse (tr/min)	P_{abs} (Kw)	(NPSH)r (m)	ϕ
3	520	93.48	RDLO/350-575B	86.89	1489	517.51	5.63	350

Donc on prend une installation de 3 pompes identiques en parallèles avec une (1) pompe de secours. Le point de fonctionnement et les caractéristiques de la pompe sont présentés graphiquement ci-dessous :

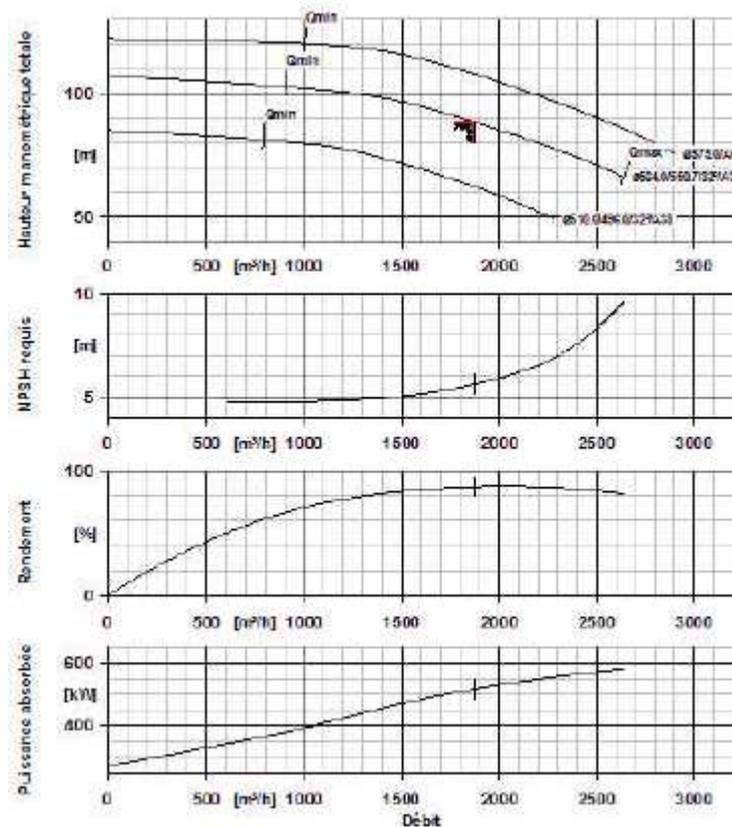


Figure VI.2 : Courbes caractéristiques de la pompe

VI.3.4. Vérification du risque de la cavitation

Le seul moyen d’empêcher les effets indésirables de la cavitation c’est de s’assurer que le NPSH disponible dans le système est plus élevé que le NPSH requis par la pompe.

(NPSH) r : Charge nette d’aspiration requise, elle est fournie par le constructeur.

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

$$(NPSH)_d = (NPSH)_r + r$$

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

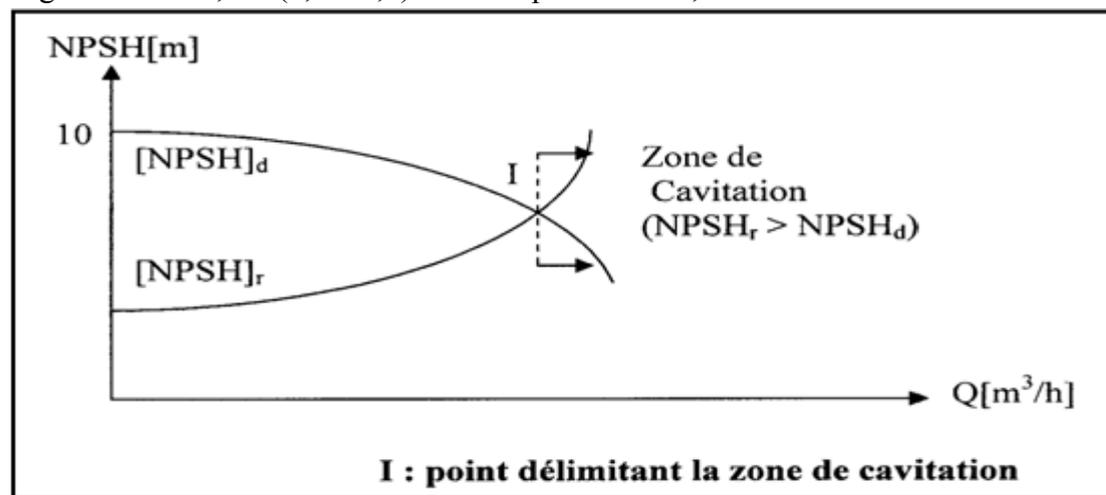


Figure VI.3. : Graphe des courbes de la zone de cavitation.

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

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

V (m/s): vitesse d'écoulement dans la conduite d'aspiration;

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

$\frac{p_{at}}{\bar{w}}$: Dépend de l'altitude d'implantation de la station de pompage (voir tableau)

$\frac{p_v}{\bar{w}}$: dépend de la température du liquide pompé (voir tableau)

Tableau VI.6 : Pression atmosphérique en fonction de la côte.

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

Tableau VI.7 : Pression de vapeur en fonction de la température.

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

On a :

$(NPSH)_r$: Déterminé graphiquement égal à 5.63 m

La côte de la station de pompage est de 965 m NGA, par l'interpolation linéaire on trouve :

$$\frac{p_{at}}{\bar{w}} = 9.19 \text{ m.}$$

La température ambiante est considérée égale à 20°C donc = 0.24 m.

$$V_{asp} = \frac{4.Q}{\pi.D_a^2} = \frac{4.0.520}{3,14.0,3^2} = 7.36 \text{ m / s}$$

$$\sum h_{pasp} = 1.15 * \Delta h_{lin} = 1.15 * (4.10^{-3} * L_{asp}) = 0.046 \text{ m.}$$

$$h_{adm}^{asp} = 9.19 - 0.24 - 0.046 - 2.76 - 5.63 - 0.5 = 0.014 \text{ m.}$$

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

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

Donc :

$$(NPSH)_d = 9.19 - 0.24 - 0.046 - 2.76 - 1.204 = 6.13 \text{ m}$$

$$(NPSH)_d = 6.13 \text{ m} > 5.63 = (NPSH)_r$$

Alors notre pompe est protégée contre le risque de cavitation

VI.3.3. Choix du moteur électrique

VI.3.3.1. Critères de choix du moteur électrique

Les critères de choix du moteur électrique sont :

- Puissance absorbée minimale
- Position de l'arbre de transmission horizontale ou verticale
- Tension d'alimentation en fonction de la puissance du moteur et de l'investissement.

VI.3.3.2. Vitesse de rotation du moteur

La vitesse de rotation du moteur est donnée comme suit :

$$N_m = N_p \pm 200 \text{ tr/mn}$$

Où:

N_m : vitesse de rotation du moteur (tr/mn)

N_p : vitesse de rotation de la pompe (tr/mn),

$$N_m = 1489 + 200 = 1650 \text{ tr/min} \quad \Rightarrow \quad N_m = \mathbf{1689 \text{ tr/min}}$$

VI.3.3.3. Puissance fournie par le moteur

La puissance qui devra être fournie par le moteur est calculée par la formule suivante :

$$P_m = \frac{\varpi \cdot Q_{\max} \cdot HMT \cdot K}{\eta_p \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_m}$$

Avec : P_m : puissance du moteur (watt)

ϖ : Poids volumique de l'eau, $\varpi = 9810 \text{ N/m}^3$

Q_{app} : débit refoulé par une pompe (m^3/h)

HMT : hauteur manométrique totale minimum (m)

$\eta = 1$ rendement de l'accouplement

η_m : Rendement du moteur (92%-95%)

η_p : Rendement de la pompe

K : Coefficient de correction, il est déterminé en fonction de la puissance du moteur, les valeurs du coefficient K sont données dans le tableau suivant :

Tableau VI.8 : Coefficient de correction en fonction de la puissance du moteur.

P (KW)	1÷2	2÷10	10÷50	50÷100	100÷200	>200
K	2	2÷1,3	1,3÷1,2	1,2÷1,1	1,1÷1,05	1,05

$$P_{\text{abs}} = \frac{9810 \times 0,5 \times 20 \times 93,48 \times 1,05}{0,93 \times 1 \times 0,87} = 618839,6796 \text{ W} \quad \Rightarrow \quad P_{\text{abs}} = \mathbf{619,84 \text{ Kw}}$$

VI.4. Bâtiment de la station de pompage**VI.4.1. Types des bâtiments des stations de pompage**

Il existe plusieurs types de bâtiments des stations de pompes, parmi lesquelles :

- Bâtiment type surface.
- Bâtiment type bloc.
- Bâtiment type bache mouillé avec une pompe noyée
- Bâtiment type bache mouillé avec une pompe dénoyée
- Bâtiment type puits bloc.

VI.4.2. Construction du bâtiment

La construction de bâtiment dépend de plusieurs facteurs :

- de la façon du raccordement bâtiment prise d'eau (type séparé ou bien assemblé)
- Type de pompes et du moteur électrique.
- Variation du plan d'eau dans l'oued.
- Type de matériaux de construction et sa disponibilité sur le marché.

VI.4.3. Choix du type de bâtiment

Pour le choix de type de bâtiment on a se repère au tableau suivant :

Tableau VI-9: Choix du type de bâtiment

Paramètres	Type de bâtiment.			
	type bloc	bâche sèche	bâche mouillée	de surface/semi enterre.
Q (m ³ /s).	> 2	< 2	< 6	< 1,5
Type de pompe.	Axiale : Horizontale Verticale	Pompes centrifuges	Axiale : Verticale	Pompes centrifuges.
h _a ^{ad} (m).	< 0	< 0 ; > 0	< 0 ; > 0	> 0
Variation de plan D'eau (m).	1 ÷ 2	1 ÷ 3	1	Importante.

Nous avons les données suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} -Q=0,520 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ débit refoulé par chaque pompe.} \\ -h_a^{\text{ad}}=0.014\text{m} \quad \Rightarrow \text{Type sèche} \\ -\text{Pompes centrifuges} \end{array} \right.$$

VI.4.4. Dimensionnement de bâtiment de station pompage**VI.4.4.1. Hauteur du bâtiment**

Elle est calculée comme suit :

$$H_b = H_1 + H_2 + H_3$$

Où:

$$H_1 = H_p + H_s + H_r$$

H_p : hauteur de la pompe, H_p = 1.5 m

H_s : hauteur du socle h_{socle} = (0,3-0,5) m en prend h_{socle} = 0,4m.

H_r : hauteur de réserve H_r = 0,5m ;

$$\text{A.N : } H_1 = 2.4\text{m}$$

H₂ : hauteur du chariot, H₂ = 1.0 m

H₃ : hauteur de sécurité, H₃ = 0,5m

$$\text{A.N : } H_b = 3.9 \text{ m} \quad \mathbf{H_b = 4m}$$

VI.4.4.2. Longueur du bâtiment

Elle est donnée en fonction des paramètres suivants :

$$L_b = n \times L + L_{int}(n-2) + L_{pf} + L_{pm}$$

n: nombre de pompes, n = 4 (tenant compte de deux pompes de secours).

L : longueur de la pompe et celle du moteur, A.N: $L = 1690+145=1835$ mm

$$L = n \cdot L_b = 4 \cdot 1.835 \quad L = 7.34 \text{ m.}$$

L_{int} : distance entre deux pompes voisines, $L_{int} = 1$ m

$$L_{int} = 1 \cdot 2 = 2 \text{ m}$$

L_{pf} : longueur de la plate-forme de montage, **$L_{pf} = 1.5$ m.**

L_{pm} : distance entre mur et premier organe de la pompe,

$$l_1 = 1 \text{ m ; Où : } L_{pm} = 2 \cdot 0.5 = 1 \text{ m}$$

$$\text{A.N : } L_b = 7.34 + 2 + 1.5 + 1 = 11.84 \text{ m}$$

Conclusion : La station de pompage aura une longueur de **12m.**

VI.4.4.3. Largeur du bâtiment

Elle est donnée par la relation : $l_b = l_1 + l_2 + L_b + L_r + L_p$

l_1 : distance entre mur et première pompe, **$l_1 = 1.5$ m**

l_2 = distance entre mur et dernière pompe, **$l_2 = 1.5$ m.**

L_b : longueur du bureau du personnel, On prend : **$L_p = 3.0$ m**

L_r : longueur de l'armoire électrique, $L_r = (2-3)$ m ;

On prend : **$L_r = 2$ m.**

L_p : longueur de la pompe et le moteur

On prend : $L_p = 1.8$ m ;

$$\text{A.N: } l_b = 1.5 + 1.5 + 3 + 2 + 1.8 = 9.8 \text{ m}$$

Conclusion : La station de pompage aura une largeur de **10m.**

VI.5. Le réservoir

L'emplacement d'un réservoir pose souvent un problème, à cet effet on doit toujours tenir compte des conditions suivantes :

- L'alimentation du réseau de distribution doit se faire par gravité, le réservoir doit être construit à un niveau supérieur à celui de périmètre.
- Lorsque plusieurs réservoirs sont nécessaires, on doit les implanter de préférence soit en extrémité du réseau, soit à proximité du centre à alimenter.
- La cote du radier doit être supérieure à la plus haute cote piézométrique exigée dans le réseau.
- L'emplacement du réservoir doit être aussi choisi de telle façon à assurer la pression nécessaire.

VI.5.1. Rôles des réservoirs

Les réservoirs ont plusieurs rôles dans un système d'irrigation, on peut citer :

- Assurer la réserve d'incendie.
- Jouer le rôle de brise charge dans le cas d'une distribution étagée.

- Jouer le rôle d'un relais.
- Régulariser le débit entrant et le débit sortant.

VI.5.2. Dimensionnement du réservoir

Le réservoir est dimensionné selon les besoins en eau des cultures au mois de pointe. Le nombre des heures de pompage par jour = 16 heures ce qui nous permet de déterminer la valeur d'apport de = 6.25% chaque heure.

Le nombre des heures d'irrigation par jour = 20 heures ce qui nous permet de déterminer la valeur de consommation = 5% chaque heure.

Le bilan de consommation et l'apport journalier d'eau dans le tableau suivant :

Tableau VI.10 : Le bilan de consommations et l'apport journalier d'eau.

Heure (h)	Apport(%)	Consommation (%)	Stockage (%)	Déstockage (%)	Vol restant (%)
1	0	0	0	0	5,00
2	0	0	0	0	5,00
3	0	0	0	0	5,00
4	0	0	0	0	5,00
5	0	5	0	-5	0
6	6,25	5	1,25	0	1,25
7	6,25	5	1,25	0	2,50
8	6,25	5	1,25	0	3,75
9	6,25	5	1,25	0	5,00
10	6,25	5	1,25	0	6,25
11	6,25	5	1,25	0	7,50
12	6,25	5	1,25	0	8,75
13	6,25	5	1,25	0	10,00
14	6,25	5	1,25	0	11,25
15	6,25	5	1,25	0	12,50
16	6,25	5	1,25	0	13,75
17	6,25	5	1,25	0	15,00
18	6,25	5	1,25	0	16,25
19	6,25	5	1,25	0	17,50
20	6,25	5	1,25	0	18,75
21	6,25	5	1,25	0	20,00
22	0	5	0	-5	15,00
23	0	5	0	-5	10,00
24	0	5	0	-5	5,00

Le volume du réservoir sera égal :

$$V_u = \frac{C_{\%max} + C_{\%min}}{100} \times Q_s = \frac{20 + 0}{100} \times 5607.95 = 1121.59 \text{ m}^3$$

Le volume d'incendie 120m^3

On prend un volume total de **V= 1242m³**

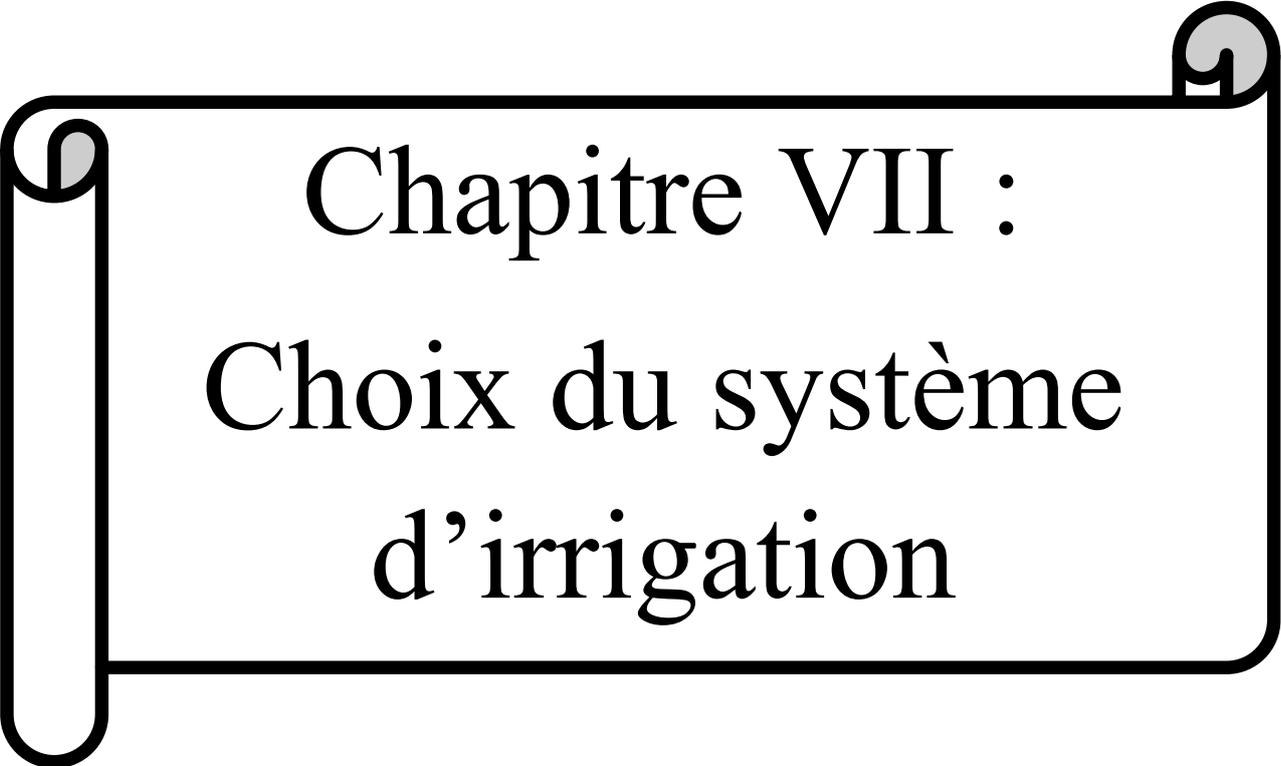
La forme géométrique de notre réservoir est rectangulaire

Conclusion

Le système de pompage d'un réseau d'irrigation exige des calculs précis pour le choix du nombre des pompes et ses caractéristiques.

Les calculs effectués ont mis en évidence le choix de 3 pompes en plus une pompes de secours, la protection contre la cavitation a été vérifiée, la station comprend :

- Une salle des pompes de dimensions (Longueur 12m x Largeurs 10m).
- Un réservoir circulaire pour 1242m^3



Chapitre VII :
Choix du système
d'irrigation

Introduction

Quelle que soit l'origine de l'eau et son mode de transport (canaux ou conduite), le problème le plus délicat est le choix de la méthode pour la répartition de cette eau sur le sol de façon que les plantes en tirent le maximum de profit.

Dans ce chapitre, nous étudierons ces différentes techniques puis nous choisirons celle qui correspond avec les caractéristiques de notre périmètre.

VII.1. Différentes techniques d'arrosages

Les techniques d'arrosages peuvent être rangées en trois classes :

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

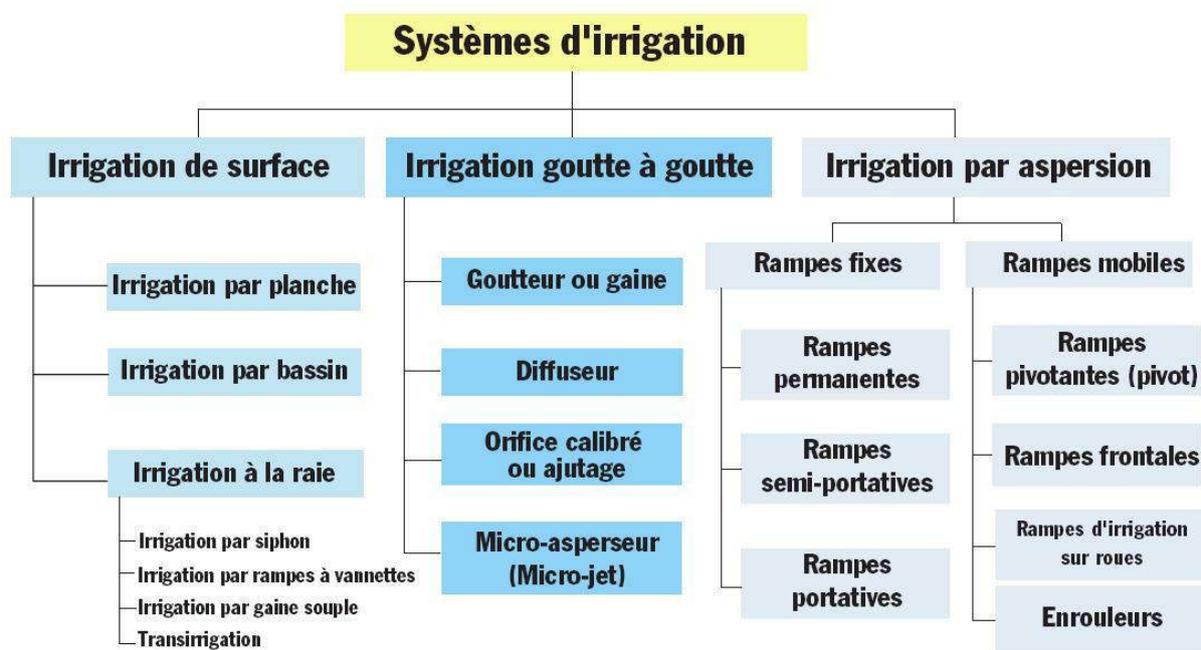


Figure VII.1 : Systèmes d'irrigation

VII.1.1. 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 (Robert Tiercelin et Vidal, 2006).

VII.1.1.1. L'irrigation par ruissellement

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

VII.1.1.2.. 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.1.1.3.. 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 en réserve l'eau indispensable au développement des cultures.

VII.1.1.4. 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 importantes d'eau.
- Temps d'irrigation important.
- Nécessité de nivellement du terrain.
- Main d'œuvre importante.

VII.1.2. L'irrigation par aspersion

L'irrigation qui projette l'eau en l'air pour tombé 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. (FAO 2008)



Figure VII.2 : Irrigation par aspersion

VII.1.2.1 Avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion

a) Avantages

- Ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer
- Provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie
- Economie d'eau
- Elle met à la distribution des exploitations des conditions d'arrosage très souples.
- Possibilité d'automatisation.
- Bonne adaptation à tous les types de sol.

b) Inconvénients

- Coût très élevé (prix d'achat du matériel très important).
- Elle favorise l'évaporation qui est d'autant plus intense que les gouttelettes sont plus fines et l'aire plus sec.
- Dépense énergétique élevée.
- Favorise le développement des mauvaises herbes
- Le déplacement des conduites après arrosage peut être difficile
- L'homogénéité de l'arrosage est dégradée si la vitesse de vent est importante
- Ne convient pas aux eaux salées sur beaucoup de cultures (risque de brûlure du feuillage ou de dépôts inesthétiques sur les fruits)

VII.1.3.L'irrigation localisée (Le Goute à Goute)

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.



Figure VII.3. : Irrigation en goutte à goutte

VII.1.3.1. Avantages et les inconvénients de l'irrigation localisée

a) Avantages

- Excellent rendement des cultures.
- Excellente efficacité d'arrosage à la parcelle.
- Très faible besoin de main d'œuvre.
- Insensibilité au vent.
- L'eau est mise exactement au pied de la plante et n'est pas gaspillée sur les mauvaises herbes
- Il y a moins d'incidence des champignons sur les plantes et / ou les fruits étant donné que les feuilles ne sont pas mouillées.
- L'irrigation goutte à goutte peut se faire partout (concessions, champs...) et pas seulement dans les zones d'irrigation.
- Economie d'engrais
- Facile à automatiser

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'œuvre spécialisée
- Apte seulement pour les cultures par rangée

VII.2. Choix de la technique d'arrosage

Plusieurs facteurs entrent en considération pour le choix des techniques d'irrigation et en particulier :

- Le type du sol.
- La pente de la parcelle.
- La vitesse d'écoulement de l'eau.
- Les travaux du sol.

- Les cultures.
- Les ressources en eau.
- Le climat.
- Quantité de l'eau (salée ou non) (FAO, 2001)

Pour pouvoir choisir la technique d'irrigation convenable, il est nécessaire de connaître toutes les contraintes de chaque type d'arrosage.

Une analyse multicritères des techniques d'arrosage basée sur différentes contraintes est nécessaire pour aboutir au choix de la technique d'irrigation la plus adéquate pour la zone considérée, notre analyse est détaillée comme suit :

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

Contraintes	Irrigation de surface par rigole	Irrigation par Aspersion	Irrigation Localisée
c) Contraintes naturelle			
- Evaporation	+	+ +	+ + +
- Vent (1.9 m/s)	+ + +	+	+ + +
- Texture (argileux- limoneuse)	+ +	+ +	+ + +
- Perméabilité (bonne)	+ +	+ + +	+ + +
- Pente	+	+ +	+ + +
- Qualité d'eau (moyenne)	+ +	+ +	+
• Cultures			
- Maraîchage	+ + +	+ + +	+ + +
- céréales	x	+ + +	x
- arbres	+ + +	x	+ + +
• Contraintes économique			
- économie d'eau	x	+ +	+ + +

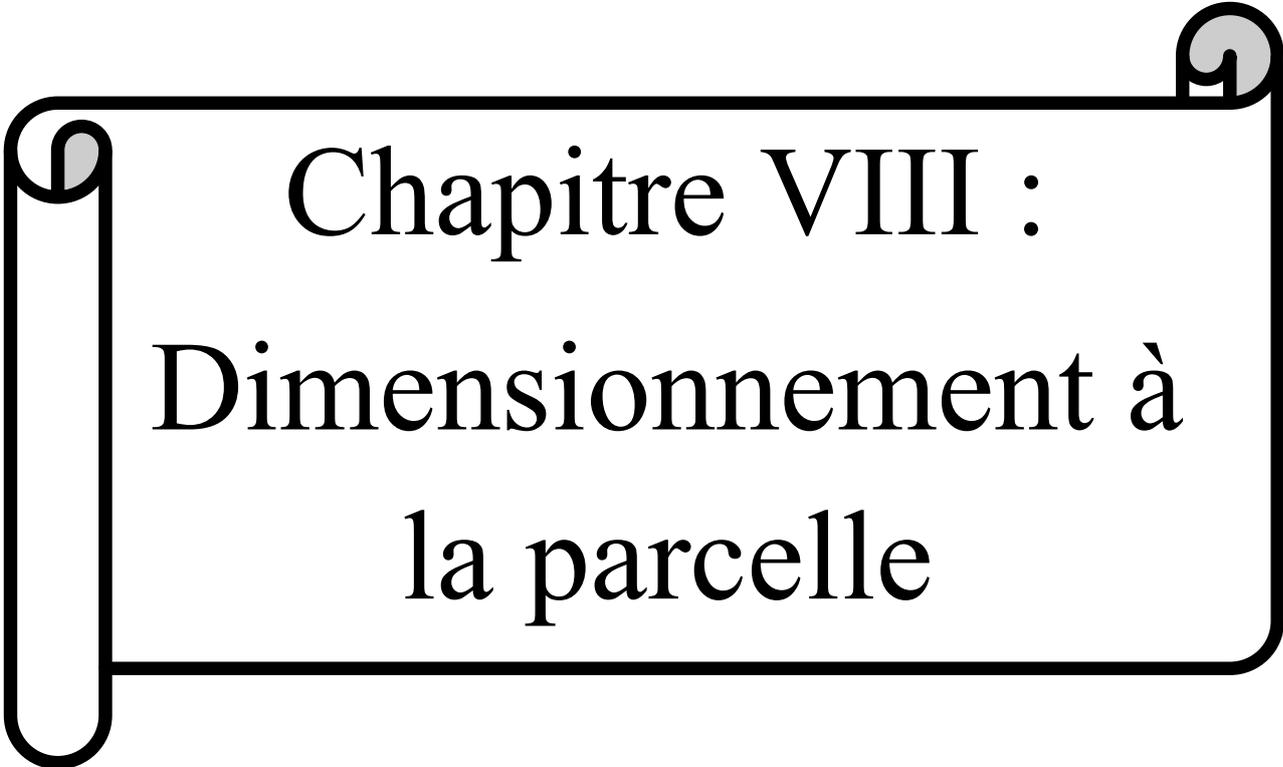
Remarque :

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

+ + : Adapté ; + + + : Très Adapté

Conclusion

On tenant compte des conditions climatique de la région d'étude, de la nature du sol, de l'aptitude culturale et du volume d'eau disponible, on peut choisir la technique d'irrigation par goutte à goutte, cette technique présente beaucoup d'avenage par rapport à la technique d'irrigation de surface, qui exigent des volumes d'eau importants, et aboutissent à des rendements agricoles faibles.



Chapitre VIII :
Dimensionnement à
la parcelle

Introduction

L'irrigation est l'application de l'eau au sol dans le but de combler le déficit en eau, et de créer des conditions les plus favorables pour la croissance des plantes. Mais quelque soit l'origine de l'eau (cours d'eau naturel, nappe souterraine, eau de barrage) et son mode de transport (canaux, conduite sous pression), le problème de répartir cette eau sur le sol de façon, à ce que les plantes en tirent le maximum de profit.

Dans notre périmètre, l'irrigation localisée représente la technique qui trouve un engouement dans la région, vu leur avantage sur les rendements des cultures, et les investissements engagés pour l'intensification des cultures céréalières et fourragères. Par contre l'irrigation gravitaire reste encore trop consommatrice en volume d'eau, en particulier pour l'arboriculture, et reste inappropriée pour la céréaliculture.

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

L'irrigation localisée, concerne les cultures en ligne, nous l'appliquons dans notre cas à la parcelle contenant d'olivier.

Données générales

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

Le réseau d'irrigation sera installé sur l'ilot N°49 alimentée par la borne N° 4 et dont les pressions calculées sont de l'ordre de **4.46 bars**, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est de **1.5 ha** et présente une forme relativement rectangulaire.

Culture : Olivier

- Espacement entre arbres : 4 m
- Espacements entre rangs : 4 m
- Besoin de pointe : 316.94 mm (Juillet).

Caractéristique du goutteur

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

VIII.1.1. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée

1) Influence du taux de couverture du sol

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

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

K_r dépend du taux de couverture du sol ($C_s = 60\%$) par les plantes adultes et peut être calculé par diverses formules proposées ci-après [Ollier et Poirre, 1983]:

- KELLER et KARMELI (1974) :

$$K_r = \frac{C_s}{0.85}$$

- La formule de Freeman et Garzoli :

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

- La formule de Decroix (CTGREF) :

$$Kr = 0.1 + Cs$$

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

$Kr = 0.71$ selon Keller et Karmeli

$Kr = 0.80$ selon Freeman et Garzoli

$Kr = 0.70$ selon Decroix (CTGREF)

On prendra un coefficient : $Kr = 0.80$

$$B_{ji} = B_j * K_r$$

$$B_{ji} = 10.22 * 0.8 = 8.18 \text{ mm/j.}$$

2) Dose nette pratique

La deuxième étape en micro-irrigation, est la détermination d'une fraction ou pourcentage d'humidification du bulbe humide dans la zone racinaire. La différence par rapport aux autres systèmes (gravitaire ou par aspersion) est qu'il ne s'agit plus d'humidifier uniformément la totalité du sol sur une même profondeur h (Ollier & Poirée, 1981).

La dose (RFU) étant définie comme suit :

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot Z \cdot P\% = \text{RFU} \cdot P\%$$

Tel que : H_{cc} : humidité à la capacité au champ (27%)

H_{pf} : humidité au point de flétrissement (16%)

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

Z : profondeur d'enracinement en (1500 mm)

P : Pourcentage du sol humidifié.

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

P : Volume du sol humidifié

N : Nombre de point de distribution par arbre : 2 goutteurs.

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

S_h : Largeur de la bande humidifiée d'après le catalogue elle est de 1m.

S_r : Ecartement entre rangs d'arbre 4m

S_a : espacement des arbres sur les rangs 4m

$$P = 25\%$$

Donc :

$$\text{RFU} = (0.27 - 0.16) \cdot 1500 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,35 = 148.5 \text{ mm}$$

$$D_p = \text{RFU} \cdot P\% = \mathbf{37.125 \text{ mm.}}$$

3) Calcul de la dose brute

$$D_{\text{brute}} = \frac{D_p}{C_u * e_{ff}} = \frac{37.125}{0.9 * 0.9} = 45.83 \text{ mm /mois}$$

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

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

4) Fréquence des arrosages

La fréquence d'arrosage est donnée par la formule suivante :

$$Fr = \frac{Dose\ nette}{Bjl} = \frac{37.125}{8.18} = 4.54\ jours$$

Donc on prend : **Fr = 5 jours.**

On recalcule la nouvelle dose réelle :

$$Dr = 5 * 8.18 = \mathbf{40.9\ mm}$$

Et la dose brute :

$$Dbrute = \frac{Dr}{Cu * eff} = \frac{40.9}{0.9 * 0.9} = \mathbf{50.49\ mm}$$

5) Durée d'arrosage par mois

$$\theta = \frac{Dn * Sr * Sd}{n * qg}$$

S_r et S_d représentent respectivement l'espacement entre rang et distributeurs, n et Qg nombre et débit du goutteur (2 goutteurs et 4l/h).

$$\theta = \frac{50.49 * 4 * 2}{2 * 4} = \mathbf{50.49\ heures/mois}$$

On prend **51 heures.**

6) Durée d'arrosage journalier

$$Dj = \frac{durée\ d'arrosage}{Fr} = \frac{51}{5} = \mathbf{10.20\ heures/jour}$$

7) Nombre de poste

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{Temps\ de\ travail}{Durée\ d'arrosage\ journalier} = \frac{22}{10.2} = 2.1\ postes$$

On prend **2 postes**

8) Surface du poste

$$Sp = \frac{Surface\ totale}{Nombre\ de\ poste} = \frac{1.5}{2} = 0.75\ ha$$

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

VIII.1.2. Calculs hydrauliques**1) Conditions hydrauliques de base**

La variation maximale du débit entre goutteur ne doit pas dépasser 10% selon la règle de Christiansen : **[8]**

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

La variation maximale de la pression :

$$q = K.H^x \quad \text{avec : } x=0.5 \text{ (caractéristique du gutteur)}$$

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

Telle que : $q(g)$: débit nominal du goutteur

$H(n)$ pression nominal

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

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

La valeur de perte de charge singulière est estimée à 10% de la variation maximale de pression alors :

$$P_{dcs} = 2 * 0.1 = 0.2 \text{ mce}$$

$$P_{dcl} = 2 - 0.2 = 1.8 \text{ mce}$$

La répartition de la perte de charge est :

$$1/3 \text{ sur les porte- rampes } P_{dc}(\text{pr}) = 1.8 * 1/3 = 0.6 \text{ m c e}$$

$$2/3 \text{ sur les rampes } P_{dc}(r) = 1.8 * 2/3 = 1.2 \text{ m c e}$$

1) Le débit

$$Q_r = Q_g \cdot N_{g/r}$$

$$Q_{pr} = Q_r \cdot N_r$$

Avec :

- Q_r : Débit de rampe
- Q_g : Débit de goutteur
- $N_{g/r}$: Nombre des goutteurs par rampe
- N_r : Nombre des rampes
- Q_{pr} : Débit de porte rampe

- ✓ La longueur de la rampe : 64m.
- ✓ La longueur de la porte rampe : 120m.
- ✓ La longueur de la conduite secondaire : 64m.

2) Le nombre d'arbres par rampe

$$N_{\text{arbres}} = \frac{L_r}{E_r} = \frac{64}{4} = 16 \text{ arbres}$$

$$N_{\text{arbres}} = 16 \text{ arbres}$$

3) Nombre des goutteurs par rampe

$$N_g = N_{\text{arbres}} * n = 16 * 2 = 32 \text{ goutteurs}$$

$$N_g = 32 \text{ goutteurs}$$

4) Le nombre des rampes

$$N_{\text{rampe}} = \frac{L_{pr}}{E_r} = \frac{120}{4} = 30 \text{ rampes}$$

$$N_{\text{rampe}} = 30 \text{ rampes}$$

5) Débit de la rampe

$$Q_r = N_g * Q_g$$

$$Q_r = 32 * 4 = 128 \text{ l/h}$$

$$Q_r = 128 \text{ l/h}$$

6) Débit de la porte rampe

$$Q_{pr} = Q_r * N_r = 128 * 30 = 3840 \text{ l/h}$$

$$Q_{pr} = 3840 \text{ l/h}$$

7) Nombre de porte Rampe

Nombre de porte rampe = 1 (1 seul porte rampe).

8) Débit de la conduite secondaire

$$Q_{Cs1} = Q_{Pr} * N_{Pr} = 4800 * 1 = 3840 \text{ l/h}$$

$$Q_{Cs1} = 3840 \text{ l/h}$$

VIII.2. Dimensionnement des canalisations du réseau

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

1) La conduite tertiaire (conduite d'approche)

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

2) Porte-rampes

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

3) Les rampes

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

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

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

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

Avec :

- $P_{dc}(r)$: 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

$D_{rampe} = 9.55 \text{ mm}$, on prend un diamètre normalisé : **DN = 16 mm**

$D_{porte-rampe} = 44.16 \text{ mm}$, on prend un diamètre normalisé : **DN = 75 mm**

VIII.2.1. Vérification des pertes de charges

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

Perte de charge selon Hazen-williams :

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_w} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.852}$$

Où : L : la longueur de la conduite.

Q : débit (l/h).

D : diamètre intérieur de la canalisation.

$C_w = 140$ PEHD, $L = 64 \text{ m}$, $D = 0.016 \text{ m}$, $Q = 3.56 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$.

$\Delta H_{Rampe} = 0.23 \text{ m}$

VIII.2.2. Calcul du diamètre de la rampe**Tableau VIII-1:** Diamètre de la rampe

Culture	Surface (m ²)	Lr (m)	Ng	Qr (l/h)	hr(m) P. charge	Dcal (mm)	Dn (mm)	ΔHcal (m)
Olivier	10000	64	32	128	1.2	9.55	16	0.23

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

VIII.2.3. Calcul de Diamètre de la porte rampe

On applique le même procédé que les rampes, et on trouve :

Tableau VIII-2: Diamètre porte rampe

Culture	Surface m ²	Lpr(m)	Nr	Qpr (l/h)	hpr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	hcal(m)
Olivier	10000	120	30	3840	0.6	44.2	75	0.114

La valeur de la perte de charges calculée est inférieure à 0.6 mce (hpr max).

D'après les deux tableaux précédents, on constate que les pertes de charges totales (**0.344m**) n'ont pas dépassé la limite imposée par la règle de Christiansen.

VIII.2.4. Calcul des diamètres des conduites tertiaire

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

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

Avec : Q : débit de la conduite considérée (m³/s);
V : vitesse d'écoulement (m/s).

Tableau VIII-3 : Diamètre des conduites tertiaires

Culture	Surface m ²	L(m)	Q (m ³ /s)	V supposée (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
Olivier	10000	64	0,001	1.05	34.82	50	0.5	0.44

VIII.3. La pression d'eau à la borne de distribution

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

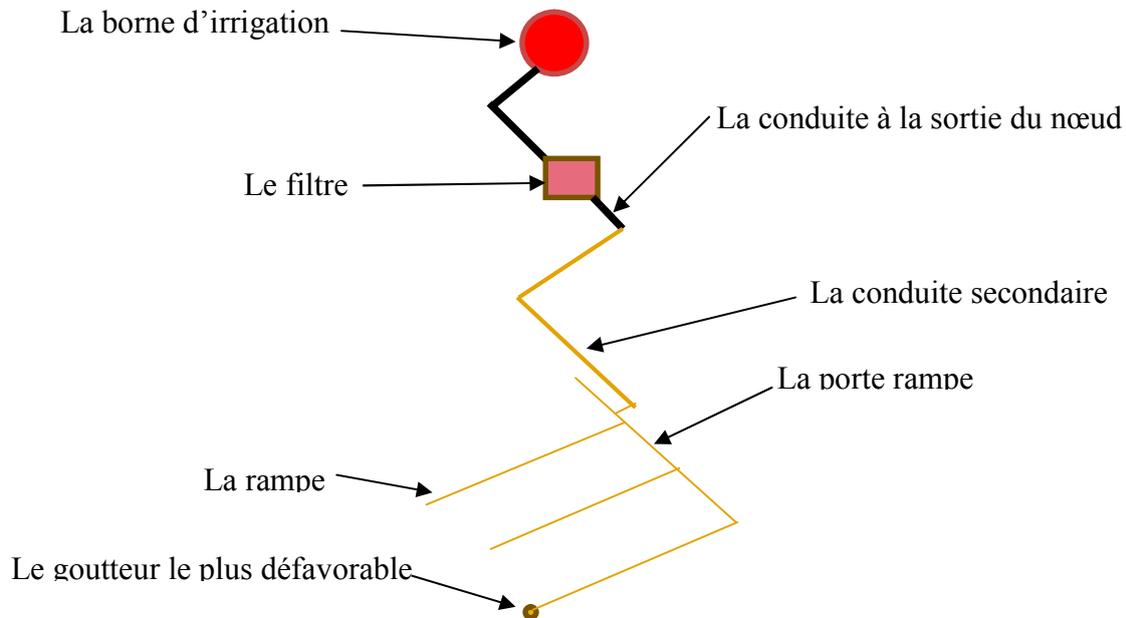


Figure VIII.1 : Schéma explicatif du dispositif des goutteurs

Tableau VIII-4: Les pertes de charge de la borne jusqu'au le goutteur le plus défavorable

Conduites	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
Longueur(m)	64	120	64
Diamètre(m)	16	75	50
Débit (m ³ /s)	$3.56 \cdot 10^{-5}$	0.0012	0.0012
Pertes de charge(m)	0.23	0.114	0.44

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

$$P(m) = 10 + 0.23 + 0.114 + 0.44 = \mathbf{10.784 \text{ m.}}$$

Les pertes de charges ainsi que la pression calculée est de l'ordre de 1.1 bars ce qui est largement suffisant pour effectuer le système goutte à goutte dans cette parcelle.

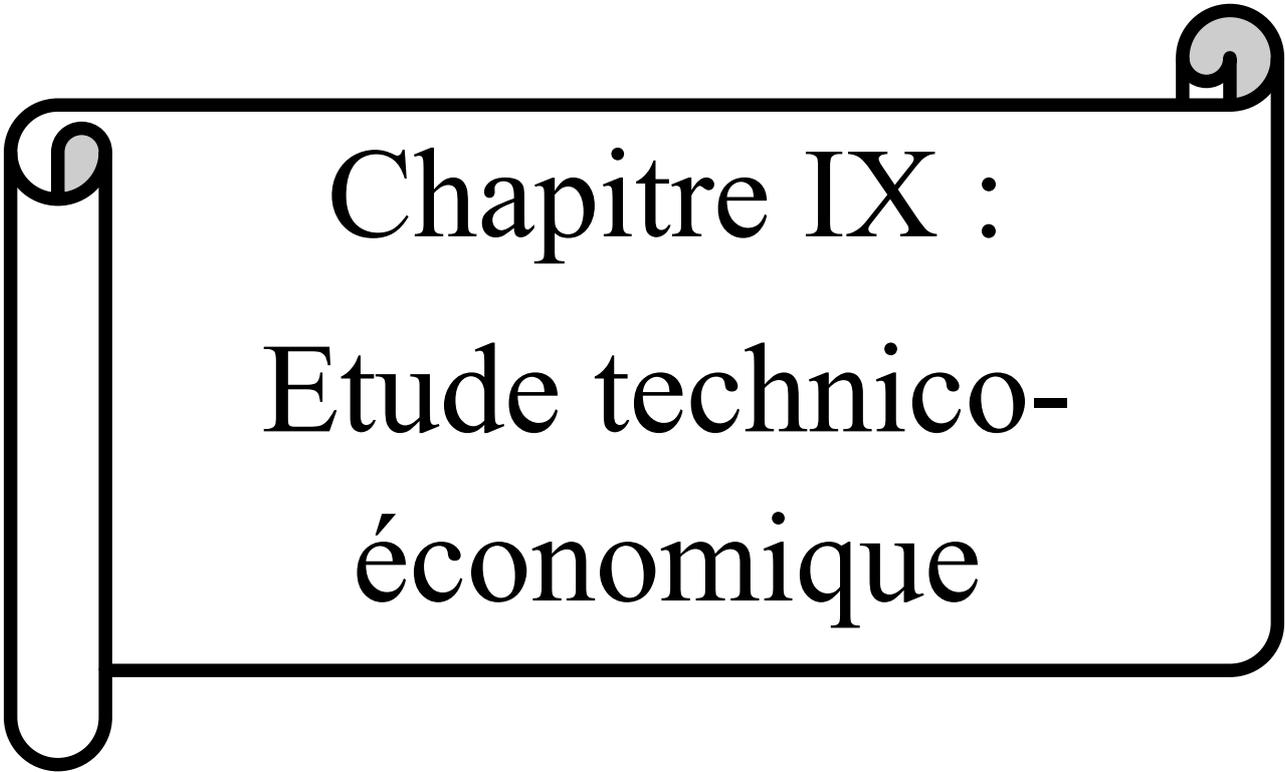
Conclusion

Dans ce chapitre, nous nous sommes consacrés au dimensionnement à la parcelle. Notre travail consiste à projeter un système d'irrigation par goutte à goutte.

Nous disposons donc d'une pression suffisante au niveau de chaque borne permettant ainsi d'utiliser ce système, qui est fortement adaptés aux conditions naturelles du terrain surtout avec une perméabilité faible.

En effet, l'irrigation de surface est à proscrire car la conductivité hydraulique du sol est faible ce qui engendre de grosses pertes en eau. De plus la main d'eau nécessaire est le choix de l'irrigation localisée c'est porté sur les cultures en lignes, nous avons donc fait la projection sur une parcelle portant l'olivier.

Finalement, il importe de souligner l'aspect économique, vis à vis de la ressource en eau ou le gain peut dépasser les 30% par rapport à une irrigation de surface trop consommatrice en eau d'où l'intérêt d'un tel projet.



Chapitre IX :
Etude technico-
économique

Introduction

Le but de ce chapitre est l'estimation économique du coût d'aménagement des moyens nécessaires pour la réalisation et l'exécution des travaux dans les meilleures conditions, pour notre projet d'irrigation on a les travaux de la conduite d'adduction, le réseau de distribution et la station de pompage.

IX .1. Devis pour la conduite d'adduction et le réseau d'irrigation**IX .1.1. Calcul du volume de déblai et remblai**➤ **Largeur du fond de la tranchée**

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

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

D : diamètre de la conduite(m)

➤ **Profondeur de la tranchée**

La profondeur de la conduite doit permettre la réalisation correcte des branchements particuliers, et d'empêcher toute intercommunication avec les autres conduites.

$$H = D + 0.8 + e$$

e : hauteur du lit de pose(m)

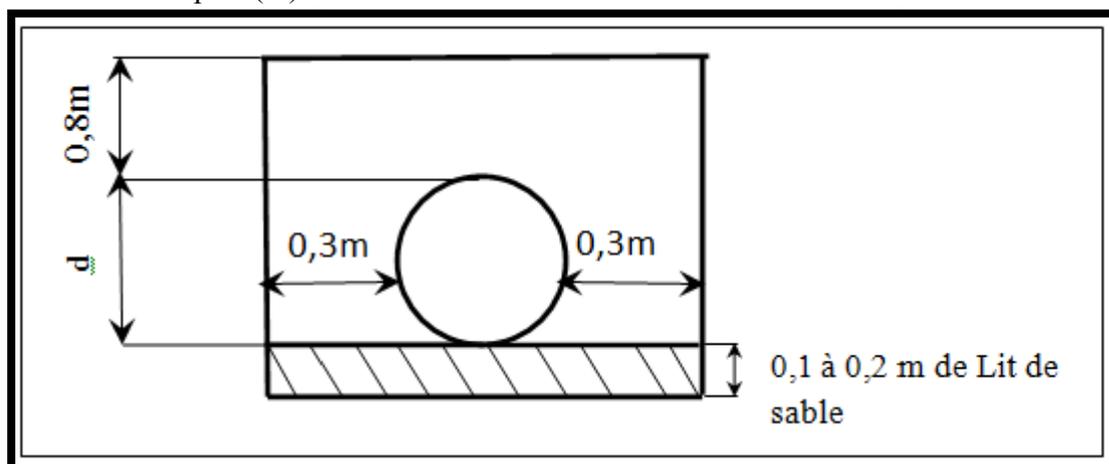


Figure IX .1 : Schéma d'une tranchée

➤ **Volume de déblai**

La surface à calculer est la surface rectangulaire : $S = B \times H$

$$V \text{ déblai} = B \times H \times L$$

➤ **Volume de remblai**

Ce volume est déduit à partir du volume du déblai, c'est le volume qui occupe la conduite et le volume occupé par le lit de sable

$$V \text{ remblai} = Vd - Vc - Vs$$

Vd : Volume de déblai (m^3)

Vs : Volume du sable (m^3)

Vc: Volume occupé par la conduite (m^3) ; $Vc = L * (\frac{\pi D^2}{4})$

➤ **Volume de lait du sable**

Ce lit correspond à une couche de sable de 12cm sur le fond de la tranchée, donc c'est une surface constante le long de la tranchée, on calcule cette surface en utilisant la formule suivante :

$$V_s = e \times B \times L$$

Tableau IX.1: Calcul des différents volumes.

Pièces	Langueur (m)	Largeur(m)	Hauteur (m)	V déblai (m ³)	V sable (m ³)	V conduite (m ³)	V remblai (m ³)
Conduite de refoulement							
TubeØ1000 (fonte)	3627	1,6	1,9	11026,08	580,32	2306,23	8139,53
réseau de distribution							
TubeØ1400 (fonte)	11026	2,00	2,3	50719,60	2205,20	16964,60	4341,52
TubeØ1200 (fonte)	7328	1,80	2,1	27699,84	1319,04	8283,57	1477,83
TubeØ1000 (fonte)	5503	1,60	1,9	16729,12	880,48	4319,86	766,14
TubeØ630 (fonte)	2516	1,23	1,53	4734,86	309,47	783,90	1887,80
TubeØ500 (fonte)	3892	1,10	1,4	5993,68	428,12	763,81	955,60
TubeØ400 (PEHD)	4795	1,00	1,3	6233,50	479,50	602,25	2632,88
TubeØ315(PEHD)	3288	0,92	1,215	3655,35	300,85	256,11	2529,65
TubeØ250 (PEHD)	1780	0,85	1,15	1739,95	151,30	87,33	3463,14
TubeØ200 (PEHD)	2321	0,80	1,1	2042,48	185,68	72,88	2538,55
TubeØ160 (PEHD)	1613	0,76	1,06	1299,43	122,59	32,41	1077,48
TubeØ125 (PEHD)	501	0,73	1,025	372,31	36,32	6,15	1077,48
La somme				132246,20	6998,87	34479,09	30887,60

Tableau IX.2 : Frais des travaux sur réseau d'irrigation (adduction – refoulement)

	Unité de mesure	Quantité(m)	Prix unitaire	Montant(DA)
Volume de déblai	(m ³)	132246,20	300	39673860,19
Volume de sable	(m ³)	6998,87	800	5599096,4
Volume remblai	(m ³)	30887,60	200	6177519,483
TubeØ1400 (fonte)	ml	11026	97 374,71	1073653552
TubeØ1200 (fonte)	ml	7328	79812,21	584863874,9
TubeØ1000 (fonte)	ml	9130	53618,62	489538000,6
TubeØ600 (fonte)	ml	2516	26 893,15	67663165,4
TubeØ500 (fonte)	ml	3892	19 617,63	76351815,96
TubeØ400 (PEHD)	ml	4795	9 538,00	45734710
TubeØ315(PEHD)	ml	3288	5 918,50	19460028
TubeØ250 (PEHD)	ml	1780	3 724,00	6628720
TubeØ200 (PEHD)	ml	2321	2 394,00	5556474
TubeØ160 (PEHD)	ml	1613	1 529,50	2467083,5
TubeØ125 (PEHD)	ml	501	940,50	471190,5
le cout total des travaux publics Pt(1)				423367900,87
TVA 17%(DA)				71972543.15
TTC (DA)				495340444

Tableau IX.3 : le Coût de l'équipement de distribution

	Unités de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire (DA/m)	Montant (DA)
les bornes d'irrigation	U	54	50000	2700000
vanne Ø315	U	8	14000	112000
vanne Ø160	U	9	12000	108000
vanne Ø110	U	1	10000	10000
ventousesØ150	U	3	4000	12000
ventousesØ100	U	8	3800	30400
vidange	U	3	2500	7500
Matériel d'irrigation localisé				
Gouteur	U	32	31	992
rampe Ø16	ml	64	30,64	1960,96
porte rampeØ50	ml	120	404,81	48577,2
Conduite tertiaire Ø50	ml	10	200	2000
vanne Ø160	U	1	14000	14000
Total (DA)				3047430,16
TVA (17%)				518063,1272
TTC (3)				3565493,287

IX .2. Devis pour le réservoir de distribution**IX .2.1. Calcul le volume de béton armé**

Le volume de béton armé est calculé par la formule suivante :

$$V_{BA} = \left(\frac{\pi \times D_{ext}^2}{4} - \frac{\pi \times D_{int}^2}{4} \right) H$$

- D_{ext} : Diamètre extérieur de réservoir = 15 m
- D_{int} : Diamètre intérieur de réservoir = (15-0.3) m
- H : Hauteur de réservoir = 7 m

$$V_{BA} = 48.99 = 49 \text{ m}^3$$

IX .2.2. Calcul le volume d'excavation

$$V = \frac{\pi \times D_{exc}^2}{4} \cdot H \rightarrow V = 1188.02 \text{ m}^3$$

Tableau IX.4 : Devis pour le réservoir de distribution

Réservoir				
Désignation des travaux	Unité	quantité	le prix unitaire	Montant (DA)
Excavation	m ³	1188.02	400	475208
béton armé	m ³	49	25000	1225000
Total (DA)(3)				1700208

IX .3. Devis pour la station de pompage

- La hauteur $H = 4 \text{ m}$
- La longueur $L = 12 \text{ m}$
- La largeur $l = 10 \text{ m}$
- H : hauteur de poteau = 4 m
- Poteaux : $b \times b = 30 \times 30 \text{ cm}$
- Poutres : $b \times b = [(40 \text{ à } 50) \times 30] \text{ cm}$
- Brique $30 \times 20 \times 15 \text{ cm}$

$$(L = 3.6 \text{ m} ; l = 4.55 \text{ m} ; n_p = 12)$$

Schéma explicatif :

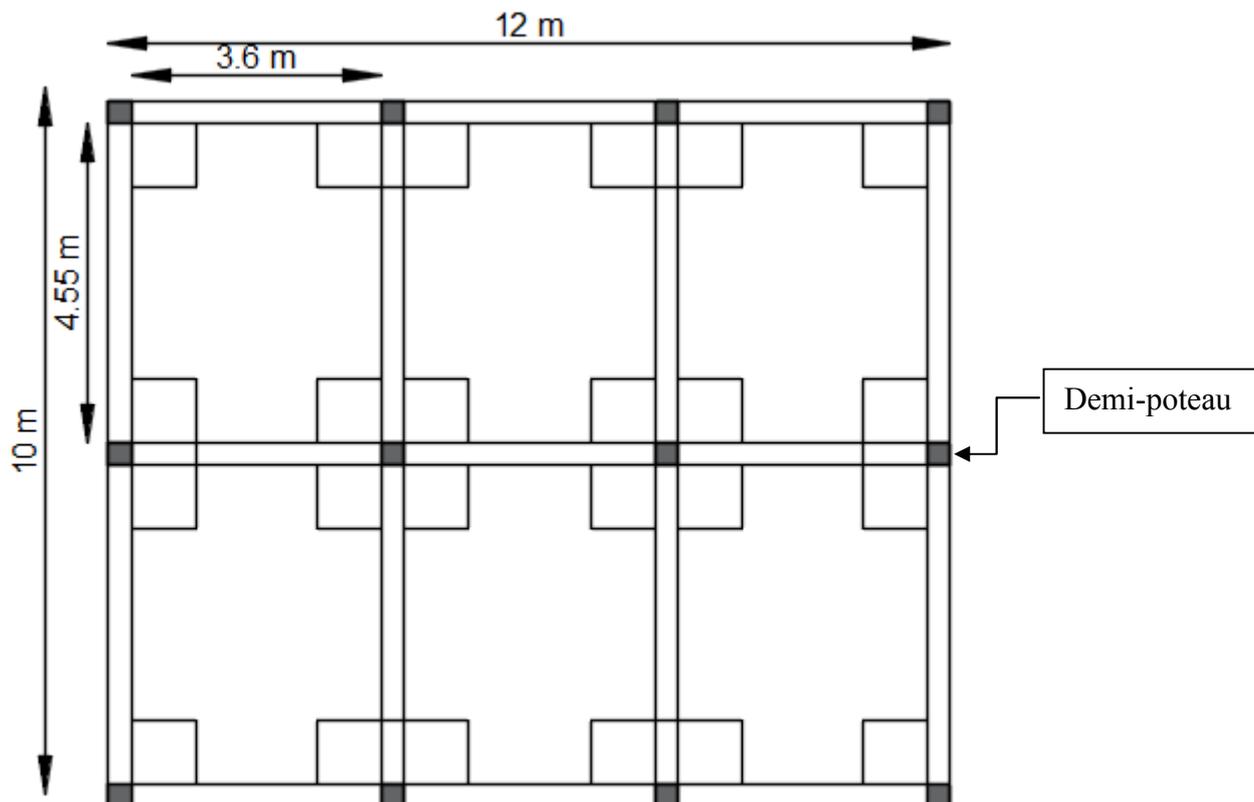


Figure IX.2 : schéma explicatif de la station de pompage

IX .3.1. Volume des travaux

- **Décapage :** $V_d = L \times l \times e_d$
 $V_d = 12 \times 10 \times 0,1 = 12 \text{ m}^3$
- **Excavation :** $V_{ex} = 1 \times 1 \times 0,9 \times n_p$
 $V_{ex} = 0,9 \times 12 = 10,8 \text{ m}^3$
- **Déblai :** $V_D = 12 + 10,8 = 22,8 \text{ m}^3$
- **Béton de propreté :** $V_{b,p} = 10 \text{ cm} \times 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times n_p$
 $V_{b,p} = 0,1 \times 1 \times 1 \times 12 = 1,2 \text{ m}^3$
- **Béton ordinaire (Béton armé 350 kg /m³) semelle**
 $V_{B.A.S} = 1 \times 1 \times 0,3 \times n_p$
 $V_{B.A.S} = 1 \times 1 \times 0,3 \times 12 = 3,6 \text{ m}^3$
- **Demi-Poteaux :** $V_{D.P} = (0,6 \times 0,3 \times 0,3) \times n_p = 0,648 \text{ m}^3$
- **Remblai fouilles**

$$V_R = n_p [V_{\text{deblai/excav}} - V_{b,p} - V_{B.A.S} - [(V_{D.P} (0,3 \times 0,3 \times 0,1))]]$$

$$V_R = 12 (22,8 - 1,2 - 3,6 - (0,648 (0,3 \times 0,3 \times 0,1))) = 215,93 \text{ m}^3$$

- **Volume béton de propreté au dessous de la ceinture**

$$V_{B.P.C} = ((16 \times L) + (15 \times l)) \times 0,1 \times 0,3$$

$$V_{B.P.C} = ((16 \times 3.6) + (15 \times 4.55)) \times 0,1 \times 0,3 = \mathbf{3.78 \text{ m}^3}$$

- **Béton armé Longrines**

$$V_{B.A.Longrine} = ((16 \times L) + (15 \times l) + (n_p \times 0,3)) \times e \times 0,3 \quad e = \mathbf{50 \text{ cm}}$$

$$V_{B.A.Longrine} = ((16 \times 3.6) + (15 \times 4.55) + (12 \times 0.3)) \times 0.5 \times 0.3 = \mathbf{19.42 \text{ m}^3}$$

- **Le volume occupé par le Brique**

$$V_{brique} = 12 \times 3 \times [2 \times L + 2(1 - 2 \times 0,15)] \times 0,2 \times 0,15 \text{ avec : Brique } \mathbf{(30.20.15) \text{ cm}}$$

$$V_{brique} = 12 \times 3 \times [2 \times 3.6 + 2(4.55 - 2 \times 0,15)] \times 0,2 \times 0,15 = \mathbf{16.96 \text{ m}^3}$$

- **Nombre de Brique**

$$V_{brique} = 0,3 \times 0,2 \times 0,15 = \mathbf{0,009 \text{ m}^3} \quad (1 \text{ Pièce})$$

$$N_{brique} = \frac{10}{0,009} = \mathbf{1112 \text{ pièces (Briques sous la ceinture)}}$$

- **Chape (Plate forme)**

➤ **Graviers** (épaisseur = **3 cm**)

$$V_{graviers} = 12 \times (L \times l) \times 0,3 = 12 \times (3.6 \times 4.55) \times 0.3 = \mathbf{58.97 \text{ m}^3}$$

➤ **Chape de béton armé = 7 cm**

$$V_{B.A.chape} = 12 \times (L \times l) \times 0,7 = 12 \times (3.6 \times 4.55) \times 0.7 = \mathbf{137.59 \text{ m}^3}$$

- **Poteaux (Béton armé)**

$$V_p = n_p \times (0,3 \times 0,3 \times H)$$

tq : (H= 3 à 4) On prend **H= 4 m**

$$V_p = 12 \times (0,3 \times 0,3 \times 4) = \mathbf{4.32 \text{ m}^3}$$

- **Dalle** $V_{dalle} = V_{B.A.chape} = \mathbf{58.97 \text{ m}^3}$

- **Poutre** $V_p = 0.2 V_{dalle} = \mathbf{11.79 \text{ m}^3}$

- **Maçonnerie extérieur**

$$S_{Brique} = 0,2 \times 0,3 = \mathbf{0,06 \text{ m}^2} \quad (1 \text{ pièce})$$

$$N_{Brique} = [2 \times (8 \times L + 6 \times l) \times H] / S_{Brique} = \mathbf{7480 \text{ pièces (brique sur la ceinture)}}$$

$$N_{TOTAL.Brique} (\text{Brique } 30-20-15) = 7480 + 1112 = \mathbf{8592 \text{ pièces}}$$

Tableau IX.5: Estimation de cout de deux stations de pompage.

Désignation des travaux	unités	Quantité	Prix unitaire	Montant (Da)
Décapage	m ³	12	250	3000
Excavation	m ³	10,8	400	4320
Béton de propreté	m ³	1,2	12000	14400
Béton armé				
Semelles	m ³	3,6	25000	90000
Demi-poteaux	m ³	0,648	25000	16200
Poutre	m ³	11,79	25000	294750
Chape	m ³	137,59	25000	3439750
Poteaux	m ³	4,32	25000	108000
longrine	m ³	19,42	25000	485500
Ceinture	m ³	3,78	25000	94500
gravier	m ³	58,97	25000	1474250
Remblai				
Fouille	m ³	215,93	450	97168,5
la dalle	m ³	58,97	450	26536,5
Maçonnerie				
Briques	U	8592	29	249168
Total (4)			6397543	

IX .4. Devis estimatif de projet

Le devis des différentes opérations sont comme suit :

- Devis des travaux (réseau de distribution-adduction –refoulement) **495340444 DA**
- Devis de l'équipement de distribution **3565493,287DA**
- Devis du réservoir **1700208 DA**
- Devis du système de pompage **6397542 DA**

Donc le devis total du projet est estimé à : **507003687.3 DA**

Conclusion

L'étude estimative des travaux, nous permet d'établir une estimation du coût total du projet.

La plantation des travaux est nécessaire pour une bonne exécution des travaux de réalisation du projet. Alors d'après l'étude de se projet on est arrivé à déterminer le coût total de notre (périmètre Remila-Ouled fadhel). Il est estimé à **507003687 DA (Cinq cent sept millions trois mille six cent quatre-vingt sept dinars)**. On peut considérer qu'il est rentable à condition que le périmètre fonctionne correctement et que chaque fellah exploitera le réseau dans le bon sens.

Conclusion générale

L'étude de l'aménagement hydro-agricole du périmètre d'irrigation de REMILA-OULED FADHEL, est accès par les étapes suivants :

L'étude du climat (précipitation-température), montre que notre région à un climat semi-aride.

L'analyse de l'eau d'irrigation indique que l'eau utilisée à une salinité moyenne, Et L'étude hydrologique nous a permis de choisir la série pluviométrique annuelle qu'on doit prendre pour le calcul, cette étude a permis de reconstituer l'année de pluie mensuelle de probabilité 80% pratiquement.

Suivant les résultats caractérisant la région, Nous avons choisi les cultures adaptées avec les données climatiques et agro-pédologiques.

La détermination des besoins en eau d'irrigation se fait à partir de la détermination de l'évapotranspiration calculé a l'aide de logiciel **CROPWAT** selon la loi de **PANMAN et MONTHIEL** modifier.

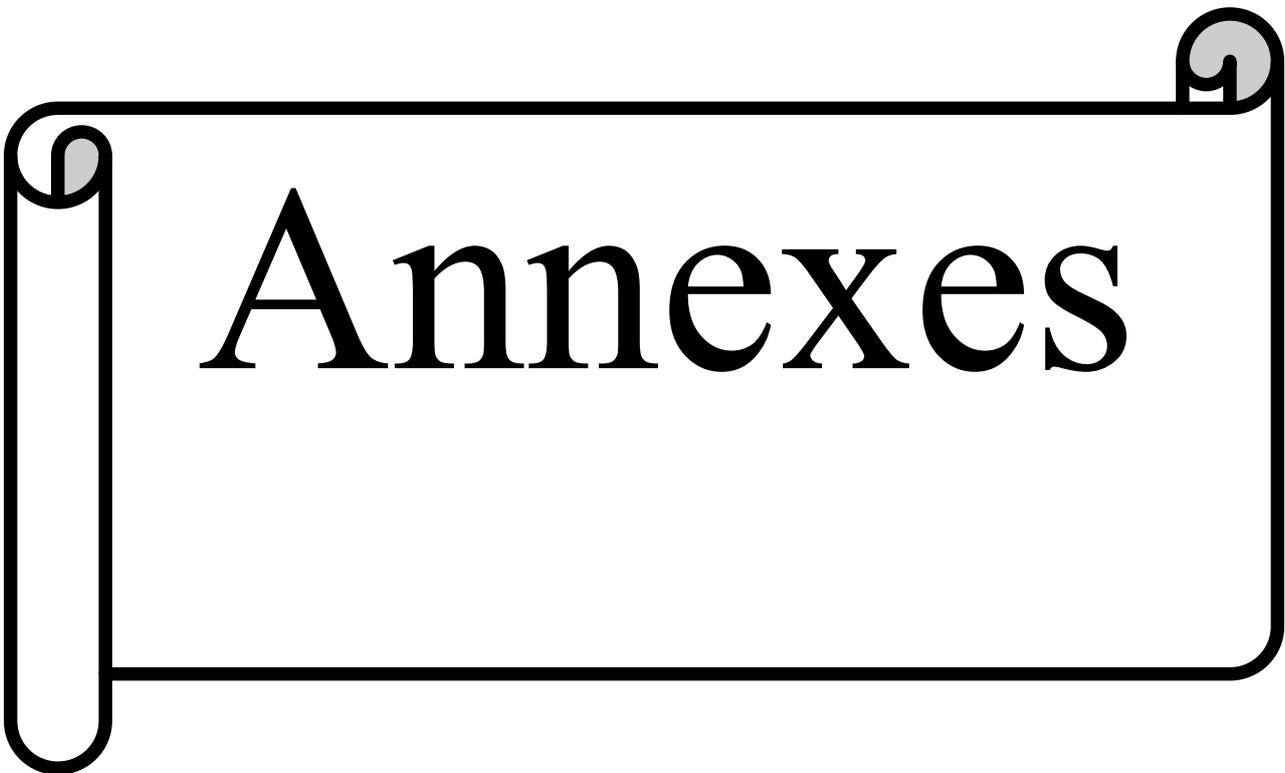
A la fin de ce travail on à arrivé à :

- ❖ Dimensionnement de la station de pompage contenant **3 pompes** avec **1 pompe de secours** avec une **HMT = 93.48m** et un débit de **$Q_{eq} = 1.53 \text{ m}^3/\text{s}$** .
- ❖ Projeter une conduite de refoulement de diamètre **DN 1000** avec une longueur **3627m**.
- ❖ Dimensionner d'un réservoir de distribution d'eau d'irrigation de volume **1242m³**.
- ❖ Nous avons abordé le dimensionnement à la parcelle en tenu compte que les techniques d'irrigation les plus approprié dans notre cas est l'irrigation localisé (goute à goutte)

En fin, on a fait une estimation du cout de la projection, elle se monte à **507003687 DA**.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Mémoire de fin d'étude intitulé : Mise en valeur du périmètre irriguée de Tazoult à partir du barrage de Koudiat El Medouar W.de Batna ,153 P.
- [2] **Touaibia.B** , (Cours d'Hydrologie 3ème Année et Régularisation des débits 4ème année) 2004.
- [3] **Allen R. G., Pereira L. S., Raes D. & Smith M., 1998.** Crop Evapotranspiration. Guide lines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, Rome, 300 p.
- [4] **Bulletin DE FAO N° 24 (1975)** Les besoins en eau des cultures, 1975(A C* E F) p45
- [5] **Tiercelin.** 2006. Traité d'irrigation, Lavoisier tec & doc, paris .1011p.
- [6] **Ollier ch.et Poirée m.** (1981). Irrigation : les réseaux d'irrigation, théorie, technique et économie des arrosages. Ed. Eyrolles. paris.455p.
- [7] **Perrier A (1975)** Étude physique de l'évapotranspiration dans les conditions naturelles. I. Evaporation et bilan d'énergie de surfaces naturelle 26 (1). 1-18.
- [8] **L.Rieul:** 1992, Guide pratique d'irrigation, édition, CEMAGRF Paris, pp : 219-223.

A decorative scroll graphic with a black outline and a grey shadow. The scroll is unrolled, and the word "Annexes" is written inside in a black serif font. The scroll has a small grey circle at the top right corner, suggesting a binding or a roll of paper.

Annexes

ANNEXES

Annexe 1

Coefficients culturaux (Kc)

2. COEFFICIENTS CULTURAUX (Kc)

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Arrière 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
Mais doux	0.3-0.5	0.7-0.9	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Mais 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
Canne à sucre	0.4-0.5	0.7-1.0	1.0-1.3	0.75-0.8	0.5-0.6	0.85-1.05
Tournesol	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.7-0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
Tabac	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.2	0.9-1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomate	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.95	0.6-0.65	0.75-0.9
Pastèque	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.05	0.8-0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Blé	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.2-0.25	0.8-0.9
Luzerne	0.3-0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Agrumes sarclés sans sarclage						0.65-0.75 0.85-0.9
Olivier						0.4-0.6

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

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

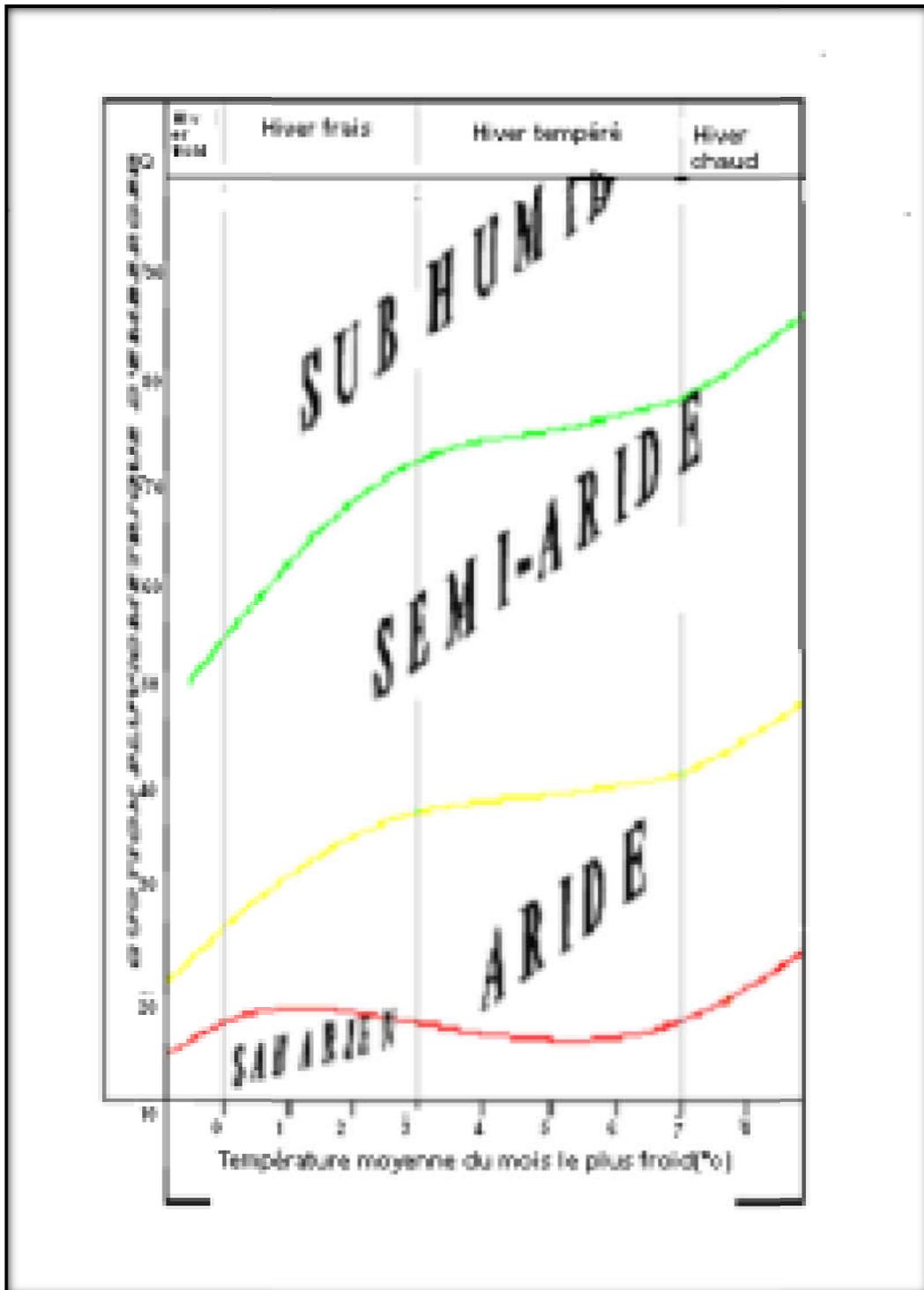
Annexe 2

Caractéristiques hydriques de quelques sols

Texture	Humidités pondérales en % du poids sec			Réserve utile volumétrique en mm/m
	à la rétention HCC	du flétrissement HPF	disponible HCC-HPF	
Sableuse	9 (6 à 12)*	4 (2 à 6)*	5 (4 à 6)*	85 (70 à 100)*
Sablo-limoneuse	14 (10 à 18)	6 (4 à 8)	8 (6 à 10)	120 (90 à 150)
Limoneuse	22 (18 à 26)	10 (8 à 12)	12 (10 à 14)	170 (140 à 190)
Limono-argileuse	27 (25 à 31)	13 (11 à 15)	14 (12 à 16)	190 (170 à 220)
Argilo-limoneuse	31 (27 à 35)	15 (13 à 17)	16 (14 à 18)	210 (180 à 230)
Argileuse	35 (31 à 39)	17 (15 à 19)	18 (16 à 20)	230 (220 à 250)

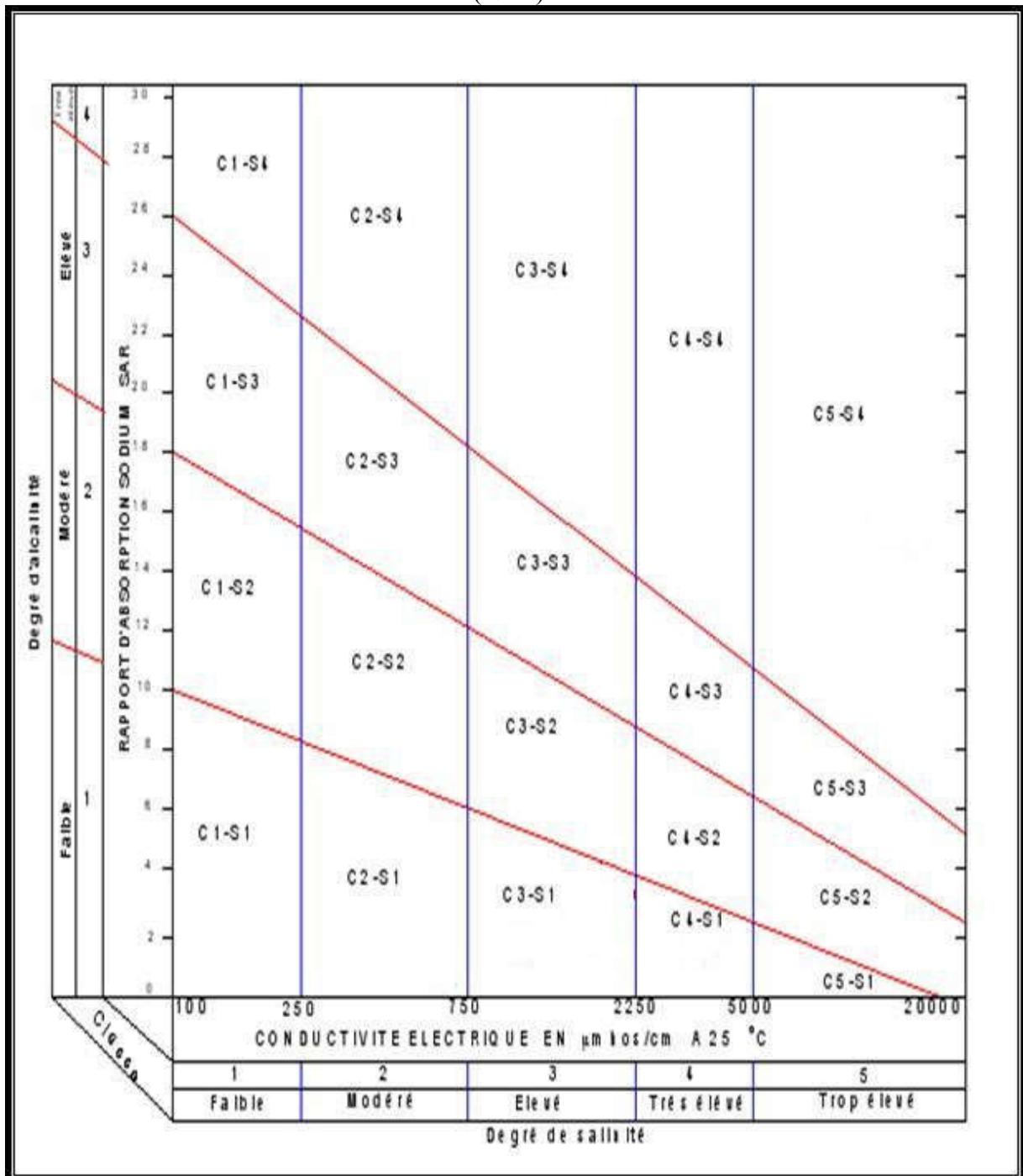
Annexe 3

Diagramme bioclimatique d'EMBERGER



Annexe 4

Diagramme de classification des eaux d'irrigation d'après l'US Salinity Laboratory Staff (1954).



Annexe 5

Table de χ^2

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