

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 :

**ETUDE DE REHABILITAION DU PERIMETRE
D'IRRIGATION LES ARRIBS (W .BOUIRA)**

**PRESENTE PAR :
FERRADJI Safia**

Devant les membres du jury

Noms et Prénoms	Grade	Qualité
M ^f MESSAHEL Mekki	Professeur	Président
M ^f BENKACI ALI Tarek	M.C.B	Examineur
M ^{me} MAZOUZI Sabra	M.C.B	Examinatrice
M ^{me} BOUCHAMA Hassina	M.A.A	Examinatrice
M ^f KHETTAL Tahar	M.C.A	Promoteur

Septembre- 2014

Remerciement

Au terme de ce projet, fruit de mes cinq années d'études, je remercie Dieu, de m'avoir donné les facultés mentales à concrétiser ce travail de longue haleine et les personnes qui m'ont aidé à faire valoir ce mémoire.

Je tiens aussi à exprimer mes vifs remerciements à

Aux membres de jury qui me font l'honneur d'apprécier et de juger ce travail.

Je les remercie vivement.

Mon promoteur Mr khettal .Tahar (ENSH) pour m'avoir orienté.

Monsieur MESSAHEL.Mekki (ENSH) mon enseignant qui m'a permis le long de ma formation de concevoir les sciences de l'irrigation et du drainage .

Je Remercie mes Enseignants et tout le personnel de l'ENSH pour leurs contributions à ma formation d'Ingénieur d'état en hydraulique.

DEDICACE

Je dédie ce mémoire :

A mes très chers parents

A ma chère maman qui n'a jamais cessé de ménager autant d'efforts et de sacrifices pour que

Je réussisse à atteindre ce niveau.

A mon cher père Rachid qui a été trop patient à me prendre en charge, à m'encourager et à m'entourer quotidiennement de la chaleur paternelle.

Et en fin de compte mes remerciements à mes chères sœurs, Soumia, Meriem et Roukaya.

Je dédie également ce travail à tous mes amis avec qui j'ai partagé beaucoup de souvenirs inoubliables.

لقد عرفت بلادنا خلال العشرية الأخيرة نقصا في الموارد المائية بفعل الجفاف من جهة و الاستغلال اللاعقلاني للتبذير من جهة أخرى.

لذا ارتأينا من خلال مشروع التخرج ضرورة التطرق إلى تشخيص كل تجهيزات السقي المتواجدة بمحيط العريب ولاية البويرة وتحديد كلفة المتر المكعب المضخ من السد الى غاية المخرج المائي و اقتراح نظام السقي بالتقطير لأجل ضمان الاستغلال الأمثل لهذا المورد الحيوي و النفيس.

Résumé

Durant la dernière décennie, l'Algérie a connu une pénurie d'eau en cause de la sécheresse chronique qui sévit dans le pays, suivie d'une exploitation abusive des ressources en eau sans étude préalable ayant répandu un gaspillage énorme.

Devant cette situation et à travers notre projet de fin d'études, nous concluons qu'il est nécessaire en priorité de procéder à un diagnostic des infrastructures du périmètre les ARRIBS de la wilaya de bouira, complété par la conduite du calcul d'une nouvelle tarification du coût de revient du M3 d'eau pompé et de proposer la mise en place d'un système d'irrigation localisé « Goutte à Goutte » dans le but d'une gestion rationnelle de cet élément vital et précieux.

Abstract

During the last decennia, Algeria has had a penury of water because of the effect of a chronicle dryness which came down in the country, followed by an excessive exploitation of the water without preliminary study and widespread an enormous waste.

In front of this situation and through my project of end studies, I conclude that is necessary to draw up a diagnosis of the infrastructure in the irrigate périmeter, completed by a calculation of a new tariff

SOMMAIRE

Introduction générale

Chapitre I : Analyse des ressources naturelles

I.1. Présentation de la zone d'étude.....	1
I.1.1 Présentation de l'O.P.I de Bouira	1
I.1.2 Présentation de la région.....	1
I.1.3 Situation géographique et administratif	1
I.2. L'étude climatologique.....	3
Introduction	3
I.2.1 Pluviométrie.....	3
I.2.2 La température de l'air.....	3
I.2.3 L'Humidité relative.....	5
I.2.4 Le vent.....	5
I.2.5 Le Siroco	5
I.2.6 L'insolation.....	5
I.2.7 Les indices climatiques:.....	6
a)- L'indice d'aridité de MARTONE	6
b) Quotient pluviométrique d'EMBERGE.....	7
c) Climogramme pluviométrique de BAGNOULS ET GAUSSEN :	8
Conclusion.....	9
I.3. étude Hydrologique.....	10
Introduction.....	10
I.3.1 Homogénéité de la série pluviométrique	12
I.3.3 Etude statistique des précipitations	14
a)Ajustement à la loi log-normale (Galton)	14
b) Ajustement par la loi de GUMMBEL	17
c) Ajustement par la loi normal	19
I.3.4 Test de validité d'un ajustement	20
a)Test de validité de l'ajustement à la loi Normale	21
b) Test d'adéquation : GUMBEL(Maximum de vraisemblance).....	21
c)Test d'adéquation : Log normal.....	21
I.3.5 Détermination de l'année de calcul	21
Conclusion.....	22
I.4 Ressource en sol.....	23
Introduction.....	23
I.4.1 Les différentes classes des sols.....	23
a) Classification des sols.....	23
Conclusion.....	30
I.5 Ressource en eau.....	31
Introduction.....	31
I.5.1 Alimentation en eau de la zone d'étude	31
I.5.1.1 Ressources en eaux superficielles.....	31
1) Barrage Lakhel	31
a) Caractéristique du barrage.....	31
b) Qualité des eaux du barrage	31
2) Bassin de régulation	33

a)caractéristiques du bassin.....	33
I.5.1.2 Ressources en eau souterraine	33
Conclusion.....	33

Chapitre II Diagnostic des infrastructures et analyse des résultats

Introduction	34
II.1 Objectif de la réhabilitation	34
II.2 Les résultats du diagnostic	34
II.2 .1 Faiblesse de la ressource :	34
II.2 .2 Vétusté avancé des infrastructures.....	37
II.2 .3 Acte de vandalisme	37
II.2 .4 Corrosion de la conduite en acier	37
II.2.5 Ouvrage en béton endommagé.....	37
II.2 .6 Absence de dispositif de pompage.....	38
II.2.7 Facturation forfaitaire	38
II.2.8 Diminution de l'efficacité.....	38
II.2.9 Manque de pièces de rechanges	38
II.2 .10 Absence de collaboration (travail associatif).....	38
II.3 Programme de réhabilitation.....	38
II.3.1 Réduction des pertes	38
II.3.2 Remise des ouvrages de protection	38
II.3.3 Changement conduite en acier	39
II.3.4 Réhabilitation station de pompage	39
II.3.5 Assurer un bon entretien des ouvrages :.....	39
II.3.6 Amélioration de l'efficacité	39
II.3.7 Remise en état des pistes.....	39
II.3.8 Remise en état du fossé de drainage	39
II.3.9 Encourager le travail associatif :.....	39
II.3 .10 Recours à l'utilisation des systèmes d'irrigation (Economisateur d'eau).....	39
II.3 .11 Respect de l'itinéraire technique	40
II.3.12 Mise en place de système de comptage	40
II.3.13 Mise en place d'une conduite autonome secteur Cp1/Bassin.....	40
Conclusion	40

Chapitre III : besoin en eau

Introduction.....	41
III.1. Calcul de L'évapotranspiration	41
III.1.1 L'évapotranspiration Réelle.....	41
III.1.2 L'évapotranspiration potentielle de référence (ETo).....	41
III.2. Les Coefficients culturaux (K c)	43
III.3. Les profondeurs d'enracinement.....	44
III.4. La réserve facilement utilisable(RFU)	44
III.5 Cycle végétatif des cultures.....	45
III.6 Le bilan hydrique	45
III.7 La pluie efficace.....	45
III.8 Efficacité de l'irrigation.....	46
III.9 Comparaison entre les besoins du périmètre et la capacité du barrage.....	52
Conclusion.....	53

Chapitre IV : choix des techniques d'arrosage

Introduction.....	54
IV.1) Les techniques d'arrosage des cultures	54
IV.1.1) L'irrigation gravitaire.....	54
IV.1.1.1) L'irrigation par ruissellement.....	54
a) Les avantages de l'irrigation par ruissellement.....	54
b) les inconvénients.....	54
IV.1.1.2) l'irrigation par submersion.....	54
a) Les avantages de la submersion.....	54
b) Les inconvénients de la submersion.....	54
IV.1.1.3) l'irrigation par infiltration.....	54
a) les avantages.....	55
b) Les inconvénients.....	55
IV.1.2) l'irrigation par aspersion.....	55
a) Les avantages.....	55
b) les inconvénients.....	55
IV.1.3) l'irrigation localisée (goute à goutte).....	55
a) les Avantages.....	55
b) Les inconvénients.....	55
IV.2) Choix des techniques d'arrosage :	56
IV.2.1) Les contraintes naturelles.....	56
IV.2.1.1) L'évaporation.....	56
IV.2.1.2) Le vent.....	56
IV.2.1.3) Le sol.....	56
V.2.1.4) La pente.....	56
IV.2.2) Les contraintes techniques.....	56
IV.2.3) Les contraintes agronomiques.....	56
Conclusion.....	58

Chapitre V: étude du système d'adduction

Introduction.....	59
V.1 Calcul du débit fictif continu	59
V.2 Choix de diamètre de la borne.....	59
V.3 Dimensionnement hydraulique	63
V.3.1 Calcul de la conduite de refoulement.....	63
V.3.2 Les caractéristiques du système de refoulement	63
V.3.3 Formule de Bonin	63
V.4 Le réseau gravitaire : réseau de distribution.....	64
V.4.1 Tracé du réseau de distribution.....	64
V.4.2 Matériaux de construction des canalisations.....	64
a) Choix du matériau des conduites	64
b) Dimensionnement des canalisations.....	64
c) Vitesse admissible.....	64
V.4.3 Calcul des diamètres	64
V.4.4 Calcul des pertes de charge	65
Conclusion	70

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

Introduction	71
VI.1 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée	71
VI.1.1 Influence du taux de couverture du sol	71
VI.1.2 Dose nette (dose pratique).....	71
VI.1.3 Calcul de la dose brute	72
VI.1.4 Fréquence des arrosages	72
VI.1.5 Durée d'arrosage par mois.....	72
VI.1.6 Durée d'arrosage journalier	72
VI.1.7. Nombre de poste	72
VI.1.8 Surface de la parcelle	72
VI.2 Calculs hydrauliques	73
VI.2.1 Conditions hydrauliques.....	73
VI.2.2 Le débit	73
VI.2.2.1. Le nombre des plants par rampe.....	74
VI.2.2.2. Nombre de goutteurs par rampe.....	74
VI.2.2.3. Le nombre de rampes.....	74
VI.2.2.4. Débit de la rampe.....	74
VI.2.2.5. Débit de la porte rampe.....	74
VI.3 Dimensionnement des différentes parties du réseau	74
VI.3.1 Vérification des pertes de charges	75
VI.3.2 Calcul de caractéristique de la rampe	75
VI.3.3. Calcul de caractéristique de la porte rampe	75
VI.3.4 Calcul des diamètres de la conduite tertiaire	76
VI.3.5 Calcul de caractéristique de conduites tertiaire	76
VI.3.6 La pression d'eau à la borne de distribution	76
Conclusion.....	76

Chapitre VII : Calcul technico-économique

Introduction	77
VII.1. devis du système d'adduction jusqu'à la borne	77
VII.2. Calcul du volume de terrassement.....	78
VIII.2.1 Largeur du fond de la tranchée	78
VII.2.2 profondeur de la tranchée	78
VII.3 la conduite refoulement et principale	79
VII.3.1 Calcul du volume de déblai	79
VII.3.2 Calcul du volume de remblai	79
VII.4 Devis estimatif pour le terrassement.....	79
VIII.5. Devis estimatif total.....	80
Conclusion.....	80

Chapitre VIII : tarifications de l'eau à usage agricole

VII.1 Objectif de la tarification	81
VII.2 Présentation de la formule tarifaire	81
VII.2.1 Evaluation des charges fixes	81
VII.2.2 Charges proportionnelles au volume	81
VII.2.3 Principe de fonctionnement de l'outil de simulation	82
VII.2.3.a) Paramétrage.....	82
VII.2.3.b) Caractéristiques de l'outil de simulation	82
VII.2.3.c) Données de sortie (résultats obtenus)	82
VII.3 Méthode d'estimation pour la subvention d'équilibre et la compensation tarifaire	83
VII.3 .1 Compensation tarifaire (ct).....	83
VII.3 .Subvention d'équilibre (seq)	83
Conclusion	83

CONCLUSION GENERALE

Liste des tableaux

Chapitre I : Analyse des ressources naturelles

Tableau I.1 : Répartition mensuelle des pluies.....	3
Tableau I.2 : Températures mensuelles moyennes (C°).....	4
Tableau I.3 : Humidité mensuelle moyenne (%).....	5
Tableau I.4 : Vitesses moyennes mensuelles du vent (m/s)	5
Tableau I.5: Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de sirocco.....	5
Tableau I.6 : Insolation mensuelle moyenne (heures)	6
Tableau I.7 : Classification du climat selon MARTON.....	6
Tableau I.8 : Répartition des pluies moyennes mensuelles et annuelles.....	10
Tableau I.9 Test d'homogénéité.....	13
Tableau I.10 : Résultats du test d'homogénéité de WILCOXON.....	14
Tableau I.11 : Ajustement à la loi log-normale.....	15
Tableau I.12 Ajustement par la loi de GUMMBEL	17
Tableau I.13 : Ajustement par la loi normal.....	19
Tableau I.14 : Reconstitution de l'année de probabilité 80%.....	22
Tableau I.15 : Aptitudes culturales des sols de la zone d'étude.....	25
Tableau I.16: superficies des sols (en ha) par classe d'aptitude à l'irrigation	28
Tableau I.17 : Les espèces culturales.....	28
Tableau I.18 : Degré d'aptitude culturale.....	29
Tableau I.19 : La répartition du nombre d'exploitants par type de statut foncier	29
Tableau I.20 : Occupation culturelle du périmètre	29

Chapitre II : Diagnostic des infrastructures et analyse des résultats

Tableau II.1 Superficies réellement irriguées au cour des 10 dernières années	35
Tableau II.2 Les Volume d'eau.....	35

Chapitre III : besoin en eau

Tableau III.1 : calcul d'ET.....	43
Tableau III.2 : Les Coefficients culturaux (K c) des différentes cultures.....	43
Tableau III.3 : Les profondeurs d'enracinements en m des différentes cultures.....	44
Tableau III.4 : réserve facilement utile des cultures	44
Tableau III.5 : Cycle végétatif des cultures.....	45
Tableau III.6 : pluie efficace	45
Tableau III.7 : besoin en eau de la pomme de terre	48
Tableau III.8 :besoin en eau de la tomate	48
Tableau III.9 : besoin en eau de la carotte	49
Tableau III.10 : besoin en eau d'oignon.....	49
Tableau III.11 : besoin en eau d'haricot	50
Tableau III.12 : besoin en eau de blé	50
Tableau III.13 : besoin en eau de la pastèque.....	51
Tableau III.14 : besoin en eau d'oignon	51
Tableau III.12 : tableau récapitulatif des besoins en eau mm /mois	52
Tableau III.13 Comparaison entre les besoins du périmètre et la capacité du barrage	53

Chapitre IV : choix des techniques d'arrosage

Tableau IV. 1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage.....	57
--	-----------

Chapitre V: étude du système d'adduction

Tableau V.1 : Choix de diamètre de la borne.....	59
Tableau V.2 diamètres des bornes pour CP3	60
Tableau V.3 diamètres des bornes CP1	62
Tableau V.4 : Paramètres L, M, N en fonction de la rugosité.....	65
Tableau V.5 Les résultats de calculs hydraulique.....	66

Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle

Tableau VI .1 : Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée	73
Tableau VI.2 : Caractéristique de la conduite de la rampe	75
Tableau VI.3 : Caractéristique de la conduite de la porte rampe	75
Tableau VI.4: Caractéristique de la conduite tertiaire	76

Chapitre VII calcul technico économique

Tableau VII.1 : Factures pro-forma des pièces d'adduction.....	77
Tableau VIII.2: Factures pro-forma des pièces du réseau goutte à goutte	78
Tableau VII.3: calcul du volume de déblai	79
Tableau VIII.4 : Calcul du volume de remblai.....	79
Tableau VIII.5 : Factures pro-forma terrassement, station de pompage et le réservoir.....	79

Chapitre VIII : tarifications de l'eau à usage agricole

Tableau VIII.1 : Formule tarifaire	81
---	-----------

LISTES DES FIGURES

Chapitre I : Analyse des ressources naturelles

Figure I.1 Figure I.1 carte de situation géographique des ARRIBS.....	2
Figure I.2 Figure I.2 Carte situation administrative de périmètres les ARRIBS	2
Figure I.3 : graphe des températures.....	4
Figure I.4 diagramme bioclimatique d'EMBERGER	8
Figure I .5 diagramme de Gaussen.....	9
Figure I.6 : Ajustement des pluies annuelles à la loi log normal	16
Figure I.7 : Ajustement des pluies annuelles à la loi de GUMBE.....	18
Figure I.8 : Ajustement des pluies annuelles à la la loi normal.....	20

Chapitre II : Diagnostic des infrastructures et analyse des résultats

Figure II.1 comparaison entre volume projet, alloué et distribue 2004/20013.....	36
Figure II.2 Comparaison entre volume distribué et volume facturé.....	36
Figure II.3 variation des superficies irriguées et le volume pompé	37

Chapitre VII : Calcul technico-économique

Figure VIII.1 : Schéma d'une tranchée.....	78
--	----

LISTE DES PLANCHES

Planche 01 : plan de situation du périmètre les ARRIBS W.BOUIRA.

Planche 02 : Projection du réseau des ARRIBS W.BOUIRA.

Planche 03: Profil en long de la conduite de refoulement du périmètre le ARRIBS
W.BOUIRA.

Planche 04 : Profil en long de la conduite de distribution CP3 du périmètre le ARRIBS
W.BOUIRA.

Planche 05 : Profil en long de la conduite secondaire CS31.1 du périmètre le ARRIBS W.BOUIRA .

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est une ressource essentielle dans la vie. Elle fait l'objet d'utilisation très diverse par l'homme. Indispensable dans la production agricole, énergétique et industrielle, fragile et limitée, la ressource en eau est de plus en plus menacée par les conséquences des activités humaines. Le nombre croissant d'utilisateurs nous oblige aujourd'hui à gérer cette ressource de manière intégrée et efficace, dans une perspective de long terme, et ainsi à trouver des solutions innovantes pour répondre à la demande.

S'il est essentiel de concevoir des aménagements techniquement efficaces, économiquement justifiés et recevant l'adhésion des irrigants, toute aussi importante est la nécessité de mettre en place des moyens garantissant le fonctionnement efficace et pérenne des aménagements ainsi réalisés ou réhabilités.

Tout périmètre irrigué, quelque soit sa dimension, son histoire est géré par une organisation ; le périmètre les ARRIBS est géré par l'Office des Périmètres Irrigués de la Wilaya de Bouira dans j'ai fait un stage pratique pour un objectif de préparer mon mémoire de fin d'études qui est programmés en deux (02) missions :

-Mission A: Evaluation de la situation actuelle du périmètre les ARRIBS et la description des infrastructures hydrauliques, représenté en deux (02) parties :

Le volume 1, constitue le rapport général, présente l'évaluation de l'état actuel du périmètre, l'évolution des ressources en eau et les résultats du diagnostic des infrastructures hydrauliques.

Le volume 2, présente le plan des réseaux d'irrigation et des plans types des ouvrages sur le réseau d'irrigation.

-Mission B: Définition d'un programme des travaux de réhabilitation du périmètre des ARRIBS et avec proposition d'un projet de reconversion du mode actuel d'irrigation par aspersion vers un mode d'irrigation localisation " Goutte à goutte ", prévu pour garantir une irrigation rationnelle évitant le gaspillage des eaux, ce qui contribue à l'amélioration de l'efficacité et la réduction des coûts énergétiques.

Chapitre I
Analyse des ressources naturelles

Présentation de la zone d'étude

I.1.1 Présentation de l'O.P.I de Bouira

L'office des périmètres d'irrigation de la wilaya de Bouira est un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), créé en vertu de l'arrêté interministériel n° 1988, rendant exécutoire la délibération n° 12/86 du 16/04/1986 de l'Assemblée Populaire de Wilaya de Bouira et officialisée par l'arrêté n° 561/86 du 16/04/1986 de Mr le Wali de la Wilaya de Bouira, portant création de l'Office dénommé " O.P.I.BO " Office des Périmètres Irrigués de la Wilaya de Bouira.

Les missions conférées à l'O.P.I.BO dans le cadre de l'irrigation sont :

- Gestion, exploitation et entretien des infrastructures hydrauliques des deux (02) périmètres (Arribs et M'chedallah)

Dans le cadre des investissements, l'état garantit les grosses réparations en raison de la faible trésorerie de l'Office et l'usage d'un prix réglementé dans la vente de l'eau d'irrigation (dispositions légales contenues dans les statuts types et le cahier de charge).

I.1.2 Présentation de la région

Situation géographique et administratif

Le périmètre des ARRIBS est situé dans la wilaya de Bouira, relevant géographiquement de la région d'ain-bessem. Il est limité au nord, par l'oued Bou djaffer et au sud par la chaîne montagneuse de Sour-el-Ghozlane, à l'Est par oued fahem et à l'Ouest par l'oued Kararif.

Il est caractérisé par une altitude moyenne 600 à 700 mètres ; c'est une plaine trapézoïdale élargie vers l'Ouest. Sa longueur moyenne est de 10 Km et sa largeur moyenne est de 5 Km.

Voir plan de situation

Le périmètre des ARRIBS, s'étend sur une superficie totale de 2200 Hectares, il se divise en trois (03) secteurs d'irrigation, dénommés :

- Secteur 1 CP1 (300ha).
- Secteur2 CP2 (1500ha).
- Secteur3 CP3 (400ha).

Sa mise en service débute au Mois de Mai 1988. Initialement affecté à la culture fourragère (avoine, luzerne, ...) en rapport au projet de 1986, visant la création de fermes pour l'élevage bovin, prévu pour développer la région d'Ain-Bessem dans la production laitière.

A partir de 1995, la venue de plusieurs irrigants des wilayas limitrophes (Médéa, Tizi Ouzo et Boumerdes) ont convertis le périmètre pour la culture maraîchère où la pomme de terre reste la culture dominante

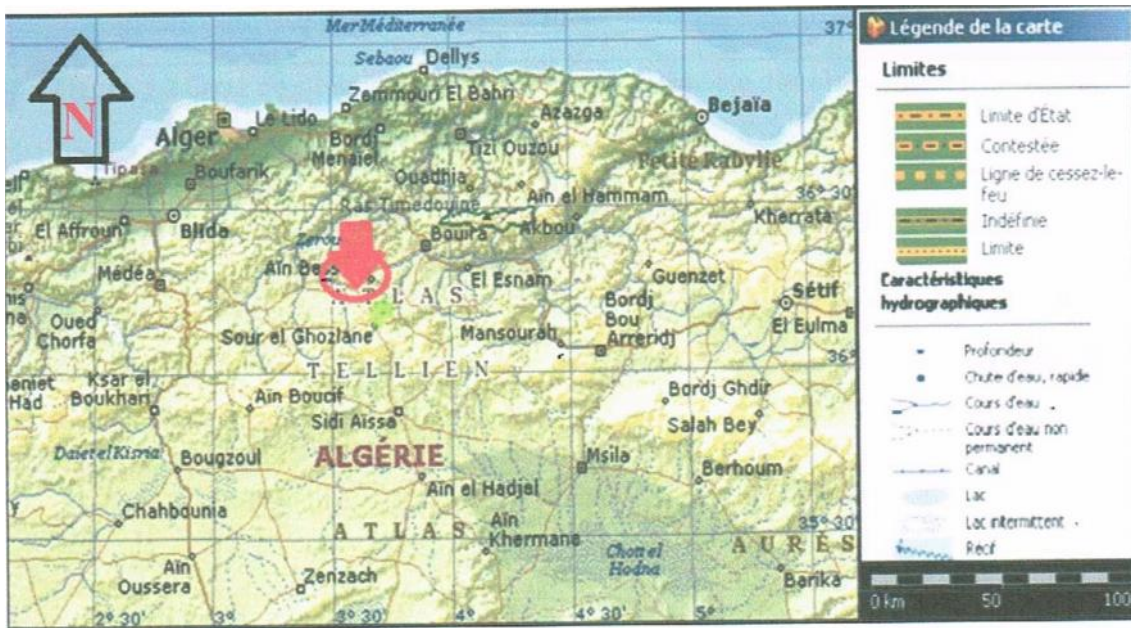


Figure I.1 carte de situation géographique des ARIBS échelle (1/500000)

(Source ONID)

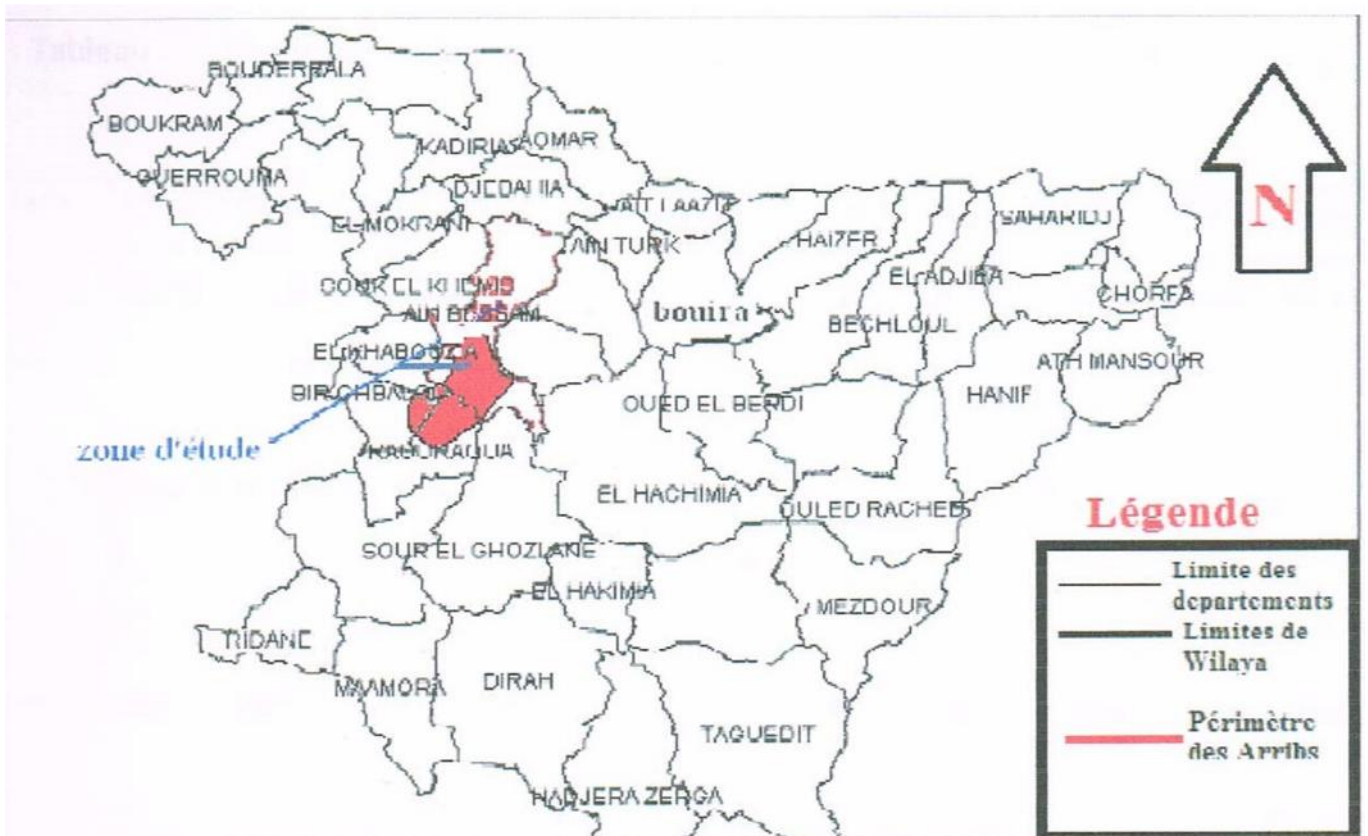


Figure I.2 Carte situation administrative de périmètres les ARIBS échelle (1 /5000)

(Source ONID)

I.II. L'étude climatologique

Introduction :

L'étude climatologique a pour but de fournir les éléments nécessaires aux aménagistes pour dimensionner les ouvrages hydrauliques qui constituent un des facteurs principaux pour l'aménagement du territoire et le développement économique et social du pays.

Cette étude s'appuiera sur les observations effectuées sur les principaux réseaux climatologiques existants.

Les différents éléments caractérisant le climat, sont principalement : les précipitations, température, le vent, l'humidité relative de l'air, l'insolation, etc. Tous ces facteurs climatiques conditionnent d'une manière particulière le développement des végétaux. Il est important donc de connaître chacune de ces composantes, afin d'adapter les cultures au type de climat et sous lequel certaines pratiques doivent être prévues pour assurer une bonne production.

Les données climatiques de la zone d'étude sont celles des observations effectuées sur les principales stations hydro pluviométrique et l'Office National de la Météorologie (ONM).

I.II.1 Pluviométrie

Les précipitations moyennes annuelles, représentées pour chaque station et évaluées selon la moyenne pondérée dans notre station sont d'environ 435,35 mm suivant celle arrêtée par la station de Sour-el-Ghozlane;

La répartition mensuelle des pluies est donnée sur le tableau suivant.

Tableau N°I.1 : Répartition mensuelle des pluies

Station	janv	fev	mars	avri	mai	juin	juil	aout	sept	octo	Nove	DEC	Annu
Sour-el-Ghozlane	51,71	51,23	45,08	50,18	38,04	9,71	6,58	12,63	33,33	33,19	43,08	59,61	435,35
Ain bessam	64,68	45,75	45,93	47,78	40,07	9,66	3,55	12,3	35,05	42,79	57,14	64,43	469,16

Source : ONM AIN BESSAM

Une période relativement humide qui dure huit (8) mois (d'octobre à mai) où la pluviométrie atteint 96%. Des précipitations moyennes annuelles avec des maximums répartis entre janvier et Février et qui dépassent les 16% au minimum sans descendre à moins de 3% en Septembre.

Une saison sèche de quatre (4) mois (Juin – Septembre) avec effets d'une pénurie atteignant les 14% avec des minimas en Juillet et Août, touchant généralement 1% des pluies Annuelles.

I.II.2 La température de l'air

L'analyse du tableau démontre que les températures dans la zone d'étude se caractérisent par une variation moyenne maximale de plus au moins 2.5°C.

Tableau N°I.2 : Températures mensuelles moyennes (C°).

Mois	Janv	Fevr	Mars	Avri	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Octo	Nove	Dece	moy
T _{max}	19,92	18,8	25,9	25,84	32,45	39,6	40,01	40,51	29,31	31,1	23,14	19,21	28,89
T _{min}	-0,3	-0,4	2,35	4,1	5,95	10,44	13,33	15,32	11,1	7,9	2,85	0,6	5,78
T _{.moy}	9,81	9,2	14,12	14,095	19,2	25,02	27,15	27,91	20,20	19,5	12,995	9,9	17,42

Source : ONM AIN BESSAM

T_{min} minimales observés durant chaque mois.

T_{max} maximales observés durant chaque mois.

T_{.moy} moyenne mensuelle.

I-3.Graphe des températures

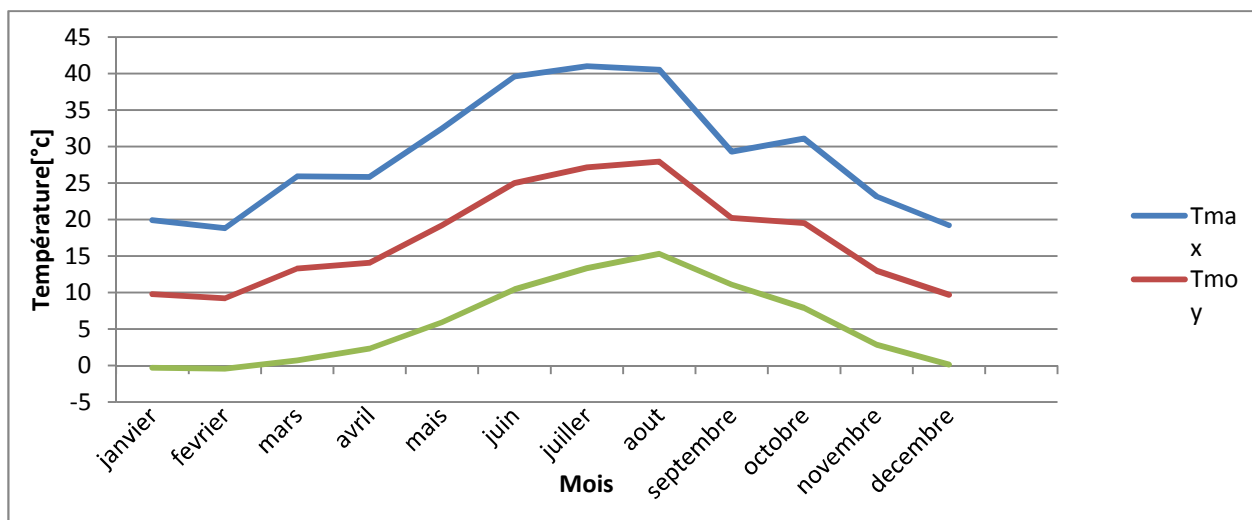


Figure I.3 : graphe des températures

Analyse et interprétation :

A partir de ces résultats représentées sur le tableau et le graphe ci-dessus, on peut constater que la période hivernale (Décembre, Janvier et Février) correspond aux valeurs minimales, tandis que les maximales coïncident avec le début de la saison (estivale), qui commence pratiquement au mois de Mai jusqu'au mois d’Août – période la plus chaude.

La moyenne mensuelle la plus élevée correspond au mois d’Août 27,91°C, tandis que la plus basse correspond au mois de Janvier 9,81°C La température moyenne interannuelle est de 17,35°C.

I.II.3 L’Humidité relative

Élément important du cycle hydrologique qui sert à contrôler l’évaporation du sol et la couverture végétale et représente le degré de saturation de l’air en vapeur d’eau.

Les données moyennes mensuelles de l’humidité relative sont, présentées sur le tableau suivant

Tableau N°I.3 : Humidité mensuelle moyenne (%).

mois	janv	fev	mars	avri	mai	juin	juil	aout	sept	octo	nove	DEC	Moy
humidité	77	60	72	75	68	60	52	60	64	67	79	72	67,16

Les valeurs minimales se produisent en Juillet-Août et les maximales généralement en Décembre et Janvier.

I.II.4 Le vent

Le vent est l'un des éléments les plus caractéristiques du climat, car il favorise l'évapotranspiration.

Tableau N° I.4 : Vitesses moyennes mensuelles du vent (m/s) :

mois	janv	fev	mars	avri	mai	juin	juil	aout	sept	octo	nove	DEC	Moy
vitesse	2	2,3	1,9	2,4	2,6	2,8	2,4	2,2	2,5	2,3	2,9	2,1	2,3

L'analyse de ce tableau montre une stabilité des vitesses tout le long de l'année, elle varie selon les stations de 1,9m/s à 2,9m/s ce qui nous permet de ne pas envisager des problèmes lorsque il y a une irrigation par aspersion.

I.II.5 Le Sirocco

Définition :

C'est un vent Saharien, chaud et sec, soufflant vers le littoral. Il est destructif pour les végétaux, provoquant leur flétrissement avec baisse dans les rendements.

Les diverses valeurs observées dans la zone d'étude sont présentées sur le tableau ci dessous :

Tableau N° I.5: Valeurs moyennes mensuelles du nombre de jours de sirocco

mois	janv	fev	mars	avri	mai	juin	juil	aout	sept	octo	nove	DEC	Année
Nmbr de jour	0	0	0	0	0	1	1	4	1	0	0	0	8

Source : ONM AIN BESSAM

Le tableau ci dessus montre une période bien déterminée de l'année, qui s'étale du mois du juin a Aout avec un nombre de jour moyen annuel de 8 jours.

I.II.6 L'insolation

Les valeurs mensuelles moyennes d'insolations sont présentées sur ce tableau.

Le nombre d'heures d'ensoleillement dans la région est élevé.

Tableau N° I.6 : Insolation mensuelle moyenne (heures) :

mois	janv	fev	mars	avri	mai	juin	juil	aout	sept	octo	nove	DEC	Moy
insolation	168,1	199,1	238,7	206,4	285,2	321,2	334,3	298,1	253,9	299,9	179,5	163,3	245,65

Source : ONM AIN BESSAM

I.II.7 Les indices climatiques:

Par indices, nous entendons une codification du climat par des formules dans le but de voir l'interférence des différentes variables de ce climat et leur action sur les plantes. Ces formules se basent principalement sur deux facteurs essentiels :

Pluviométrie et température

Les indices les plus connus sont ceux de MARTONE (1926) et EMBERGER (1932)

a)- L'indice d'aridité de DE MARTONE :

Cet indice permet de préciser le degré de sécheresse de la région et par conséquent de renseigner sur l'indisponibilité de l'irrigation.

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

Avec :

P : précipitation moyenne annuelles en (mm)

T : température moyenne annuelle en (°C)

IA : indice d'aridité

Les limites des climats d'après l'indice climatique de MARTONNE sont donnée dans le tableau ci-dessous :

Tableau N° I.7 : Classification du climat selon MARTON

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

Source: Dossier I-C Analyse Des Ressource En Eau Stucky-Enhyd 2009

Pour :

P = 435,35mm

T = 17.42 °C

$$IA = \frac{435,35}{17,42 + 10} = 15,87$$

Selon l'indice d'aridité calculé, on constate d'après la classification ci-dessus, que la région est soumise à un régime du climat est sec et l'irrigation est souvent indispensable.

b) Quotient pluviométrique d'EMBERGER :

Cet indice à pour but la détermination de l'étage bioclimatique

$$Q = \frac{1000}{\frac{(M+m)(M-m)}{2}} = \frac{2000 \cdot P}{M^2 - m^2} :$$

Où Q : coefficient pluviométrique d'EMBERGER

P : précipitation moyenne annuelle en (mm)

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (en °K)

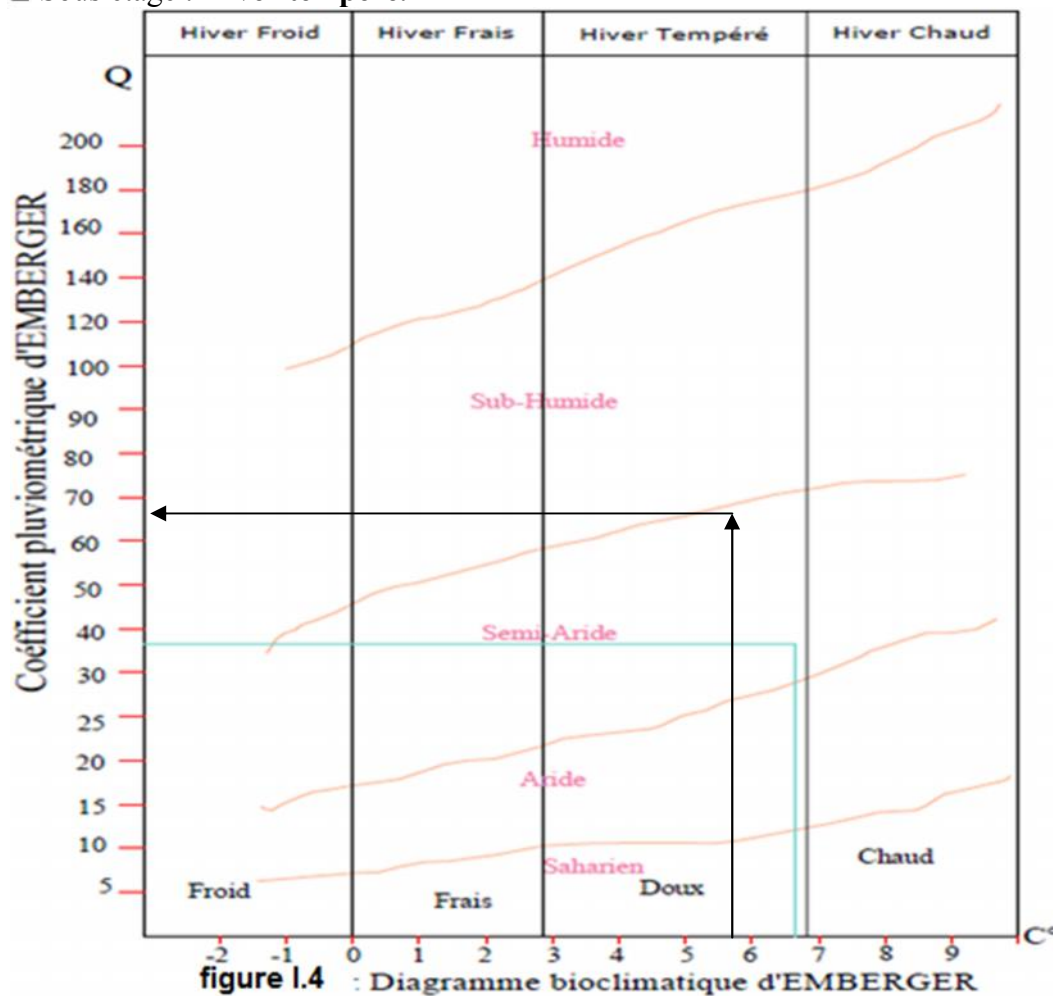
m : moyenne des minima du mois le plus froid (en °K)

Pour:

P=435,35mm ; M = 28,89°C ; m = 5,78 °C D'où **Q = 64,88**

En portant la valeur de (Q) dans le diagramme bioclimatique d'EMBERGER, (fig. I.4), et en fonction de la température moyenne minimale du mois le plus froid, on peut confirmer que notre région se situe dans

- L'étage bioclimatique : **Semi Aride**
- Sous étage : **Hiver tempéré.**



c) Climogramme pluviométrique de BAGNOULS ET GAUSSEN :

Il est établi selon la méthode mise au point par F .BAGNOULS et H.GAUSSEN Ce diagramme nous permettra d'évaluer l'intervalle de saison sèche et humide, et sa position dans le temps, en faisant intervenir la pluviométrie et la température sur un même graphique . (Voir figure I.5)

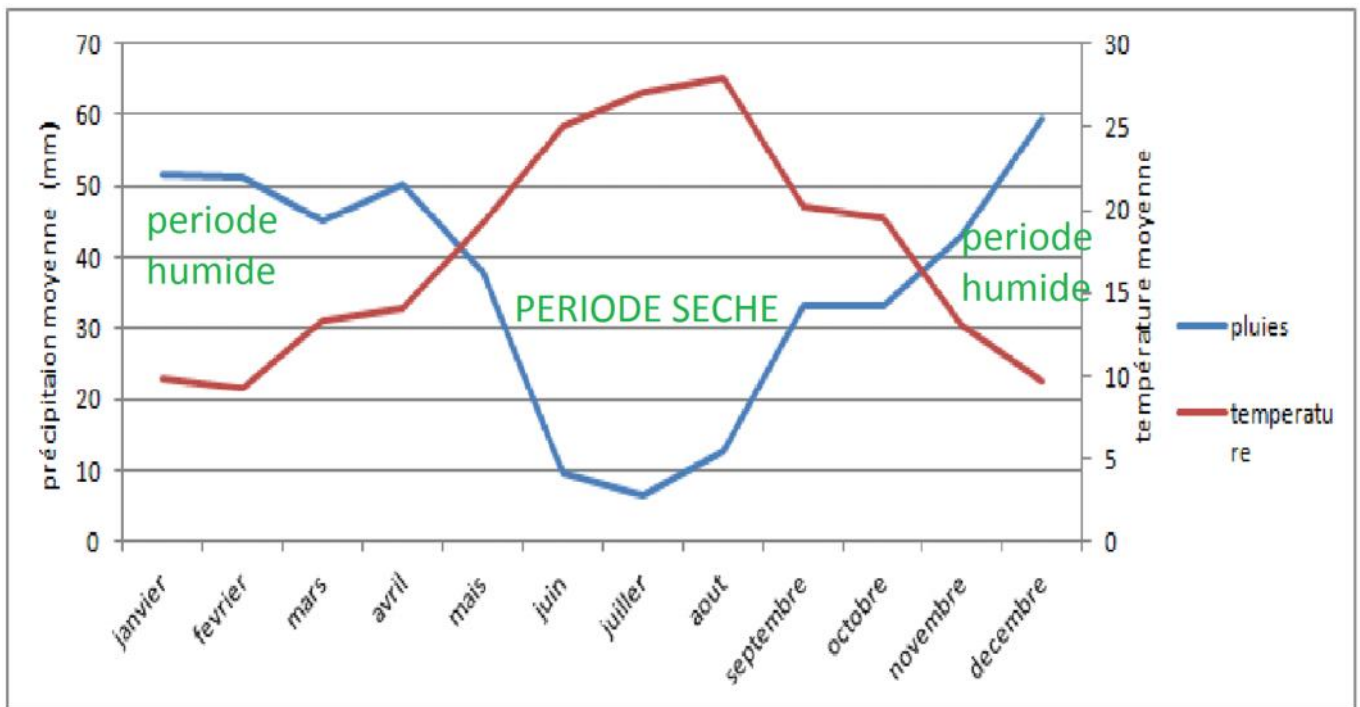


Figure I.5 diagramme de Gaussen

Description du graphe :

Les deux courbes se croisent et la surface délimitée mesure l'intensité de la saison sèche et la saison humide, la différence des abscisses nous donne la durée de la saison. La saison humide est de 8 mois allant du mois d'Octobre jusqu'au mois de Mai. La saison sèche est plus marquée, s'étale sur quatre (4) mois, allant du mois de Juin à Septembre.

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 est déterminée suivant un climat sec avec un régime pluviométrique variable en volume et en répartition dans le temps. L'année est définie par des hivers pluvieux, des printemps généralement humides et des étés secs.

Cette répartition saisonnière des précipitations favorise le développement des plantes hivernales quant aux cultures printanières elles dépendent entièrement de l'irrigation.

L'examen des températures moyennes permet de conclure que le climat est continental et semi aride.

I.III. Etude Hydrologique

Introduction

Le but principal de l'étude hydrologique est de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquence donnée qui nous a conduit à calculer les besoins en eau des cultures implantées.

La série des précipitations moyennes mensuelles de la station pluviométrique de Ain bessam est donnée dans le tableau ci-après

Tableau N°I.8 : Répartition des pluies moyennes mensuelles et annuelles

an née	janv	fev	mars	avril	mai	Juin	juil	aout	sep	oct	nov	dec	annuel	valeur max
19 75	86,01	110,6	43,9	44	0	2	0	6,1	0	0	0	113,7	406,31	113,7
19 76	19,8	170,7	61,6	49,2	25,1	0	22,5	1,7	41,4	0,5	6,8	46,3	445,6	170,7
19 77	12,03	40,2	57,9	7,8	57,5	22,01	0,8	14,4	53,8	15	30,7	1,8	313,94	57,9
19 78	33,6	70,9	26,5	81,9	58,5	20,7	47,4	14,4	14,1	1,1	73	24,6	466,7	81,9
19 79	35,18	10,4	0	81	33,5	0	0	2,6	46,9	51,1	25,5	38,1	324,28	81
19 80	51,5	31,2	48	91,2	45,2	9,2	0	6,1	4	6,1	63,9	13,8	370,2	91,2
19 81	33,4	133,8	43,4	38,4	6,4	15,4	0	9,5	2,3	54,2	51,8	5	393,6	133,8
19 82	64,07	22,3	45,6	60,6	32,1	0,3	0	1,5	69,9	51,9	46,2	12,4	406,87	69,9
19 83	6,7	59,1	31,1	61,8	11,3	5,1	0	36,3	7,2	15,6	54,7	124,3	413,2	124,3
19 84	143,7	68,1	38,2	38,4	47,8	11,7	1,5	2	13,5	19,5	5,5	64,1	454	143,7
19 85	0	34,2	13,1	30,3	7,8	2,8	19,3	25,6	30	60,6	80,9	41	345,6	80,9
19 86	53,6	55,9	26	42	20,4	13,8	0	0	0,2	3,9	13,4	24,4	253,6	55,9
19 87	41	35,2	67,7	7	54,8	1,8	2,8	0	3,1	45,2	30,1	81	369,7	81
19 88	51,4	30,7	140,5	15,1	4,8	9,7	0	0,6	35,1	19,8	38,8	57,6	404,1	140,5
19 89	70,7	83,8	9,5	9,1	8,4	4	5,3	4,3	12,8	45,9	49,7	83,7	387,2	83,8
19 90	15,8	22,7	43,7	45,5	23,5	10,5	0	0	6,6	29,7	42,9	24,2	265,1	45,5
19 91	23,9	20,3	62,2	92,4	15,6	22,4	17,4	42,1	23,7	16,6	24	230,4	591	230,4
19 92	38	0	38,4	58,5	52,1	0	68	0,9	29,2	19,2	0	14,9	319,2	68
19 93	29,9	112,4	104,2	36,3	32,8	6,5	0	8,8	12	25,5	38,2	78,6	485,2	112,4
19	81,3	8,9	61,5	111,1	107	17,1	8,5	2,1	5,9	66	11,8	6,1	487,3	111,1

94														
19 95	15	23,6	15,65	25,3	38,4	7	3	11,2	14,4	40,3	81	32,3	307,15	81
19 96	5,6	46	1,7	44,8	8,1	0,7	0,1	18,2	68,2	14,4	18,5	84	310,3	84
19 97	170,2	39,3	101,9	18,9	3,5	17,6	0	36,2	91,3	61,8	32,1	36	608,8	170,2
19 98	58,5	93,5	26,6	68,3	50,8	12,4	13,05	8,5	12,6	57,9	8,9	25	436,05	93,5
19 99	33,9	14,2	10,5	56,7	22,1	19,6	3,5	24,5	20,1	13,1	23	40,4	281,6	56,7
20 00	11,9	57,4	16,9	45,6	133,9	4,5	0	4	47,6	59,5	71,3	47,5	500,1	133,9
20 01	42,3	28,2	90,9	0	33,7	4,1	0	10,9	45,8	43,6	83,1	41,3	423,9	90,9
20 02	3,4	1,3	12,7	26,6	34	0,3	0	2	38,7	16,2	25,5	132,2	292,9	132,2
20 03	148,3	25,3	5	49	8	2,5	0	2,1	33	81,8	34,8	53,4	443,2	148,3
20 04	22,7	26,8	14,5	14,1	20,4	0,5	7,5	77,3	78,1	3,6	10,3	12	287,8	78,1
20 05	205,1	88,2	7,7	105,4	16	13,6	10,2	40,9	21,1	10,5	136,3	185,8	840,8	205,1
20 06	72,1	16,1	38,7	59	131,7	4	3,2	4,5	60,4	67,8	40,7	123,1	621,3	131,7
20 07	26	57,7	25,3	21,6	10,5	10,5	11,6	3,8	48,5	23,4	35,3	84,7	358,9	84,7
20 08	116	61,1	30,3	58,9	69,6	12,7	4,6	2,7	17,8	60,8	41,2	91,5	567,2	116
20 09	6	54,3	178,6	101,2	24,1	18,2	0	7,5	34,2	0	29	56,5	509,6	178,6
20 10	11,6	17,5	20,2	31,1	66,9	24,6	5,7	2,5	65,8	82,4	72,8	39,1	440,2	82,4
20 11	97,1	23,9	74,9	90	20,8	2,5	1	13,9	78,5	36,9	53,8	60,1	553,4	97,1
20 12	42	86	62,2	23,1	45,7	19,8	0	32,7	106,1	9,8	103	63,6	594	106,1
20 13	37,7	116,4	60,9	116,2	100,7	25,9	0	10,5	6,1	63,3	91,9	30,3	659,9	116,4

Source: ONM AIN BESSAAM

D'après les résultats du tableau pendant la période 1975 –2013, On a remarqué une irrégularité dans la répartition des précipitations et aussi une variabilité mensuelle et annuelle. Ces pluies sont nettement insuffisantes pour les mois de juin, juillet et août, elles sont moyennes au printemps et maximales en hiver.

L'étude statistique de la série a été effectuée par le logiciel HYFRAN .Donnant son diagramme de dispersion et son traitement. Le même logiciel fait son ajustement aux lois théoriques (GUMBEL, Normale, Log-normale)

I.III.1 Homogénéité de la série pluviométrique :

Toute étude hydrologique nécessite la vérification des données utilisées. L'information de base quand à sa qualité revêt une très grande importance. On ne peut espérer à des résultats concluants si la donnée de base n'est pas fiable. De ce fait, l'analyse hydrologique se base sur l'exploitation de données, présentées souvent sous forme de séries statistiques et sujettes la plupart du temps à des erreurs qu'on appelle erreurs systématiques, qu'il convient de détecter et de corriger. [8]

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon :

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

- On divise la série complète en deux sous séries : x et y tel que : N1 et N2

Représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement N1 < N2

- On constitue par la suite, la série x unions y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant. a ce stade, on attribue a chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle.

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

Avec :

$$W_{min} < W_x < W_{max} \dots\dots\dots 2.1$$

$$W_x = \left| Rang \right|_x$$

Wx : Somme des rangs de sous séries

$$W_{min} = \left[\left(\frac{(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - 1}{2} \right) - 1,96 \alpha \left(\frac{N_1 \times N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{0,5} \right] \dots\dots\dots 2.2$$

$$W_{max} = \left[(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - W_{min} \right] \dots\dots\dots 2.3$$

Le tableau suivant détaille le procédé de Test d'homogénéité pour la station de AIN BESSAM

Le tableau N°I.9 Test d'homogénéité

Rang	Série x (mm)	Série y (mm)	tri (mm)	X union y
1	307,15	406,31	406,31	X
2	310,3	445,6	445,6	X
3	608,8	313,94	313,94	Y
4	436,05	466,7	466,7	Y
5	281,6	324,28	324,28	Y
6	500,1	370,2	370,2	Y
7	423,9	393,6	393,6	Y
8	292,9	406,87	406,87	X
9	443,2	413,2	413,2	X
10	287,8	454	454	X
11	840,8	345,6	345,6	X

12	621,3	253,6	253,6	Y
13	358,9	369,7	369,7	X
14	567,2	404,1	404,1	X
15	509,6	387,2	387,2	X
16	440,2	265,1	265,1	X
17	553,4	591	591	X
18	594	319,2	319,2	X
19	659,9	485,2	485,2	X
20		487,3	487,3	X
21			307,15	Y
22			310,3	Y
23			608,8	Y
24			436,05	Y
25			281,6	X
26			500,1	X
27			423,9	X
28			292,9	X
29			443,2	X
30			287,8	Y
31			840,8	Y
32			621,3	Y
33			358,9	Y
34			567,2	X
35			509,6	Y
36			440,2	Y
37			553,4	Y
38			594	Y
39			659,9	Y

D'après la répartition du tableau ci-dessus on aura les résultats suivants :

Tableau I.10 : Résultats du test d'homogénéité de Wilcoxon

N1	N2	Wmin	Wx	Wmax
19	20	309,74	408	450,26

$$309,74 < W_x = 408 < 450,26$$

La condition de M^f Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station AIN BESSAM est homogène.

I.III.3 Etude statistique des précipitations :

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

- Loi Normale
- Loi De Gumbel.
- Loi De Gibrat-Galton ou loi log-Normale.

Ces critères de choix sont liés à un ajustement graphique d'abord et ensuite à un test d'adéquation. L'allure des points sur du papier à probabilité permet de prime abord d'accepter ou de rejeter la loi (toute sinusite, mauvaise courbure ou cassure de pente est considérée comme un mauvais ajustement).

On essaie toujours d'ajuster une loi normale à un échantillon ou de se ramener à une loi normale par changement de variable.

I.III.3 .a Ajustement à la loi log-normale (Galton) :

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles sont regroupés dans le tableau et la figure suivante

Tableau N°I.11 : Ajustement à la loi log-normale

Période T	Fréquence q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10000.0	0.9999	1180	149	884 - 1470	10000.0
2000.0	0.9995	1040	119	811 - 1280	2000.0
1000.0	0.9990	988	107	778 - 1200	1000.0
200.0	0.9950	856	80.2	699 - 1010	200.0
100.0	0.9900	798	69.3	663 - 934	100.0
50.0	0.9800	740	58.7	625 - 855	50.0
20.0	0.9500	660	45.5	571 - 750	20.0
10.0	0.9000	597	36.1	526 - 668	10.0
5.0	0.8000	528	27.5	474 - 582	5.0
3.0	0.6667	471	22.0	428 - 514	3.0
2.0	0.5000	417	18.6	381 - 454	2.0
1.4286	0.3000	361	17.2	327 - 394	1.4286
1.2500	0.2000	330	17.2	297 - 364	1.2500
1.1111	0.1000	292	17.7	257 - 327	1.1111
1.0526	0.0500	264	18.2	228 - 300	1.0526
1.0204	0.0200	236	18.7	199 - 272	1.0204
1.0101	0.0100	218	18.9	181 - 255	1.0101
1.0050	0.0050	204	19.1	166 - 241	1.0050
1.0010	0.0010	176	19.1	139 - 214	1.0010
1.0005	0.0005	167	19.1	129 - 204	1.0005
1.0001	0.0001	148	18.8	111 - 185	1.0001

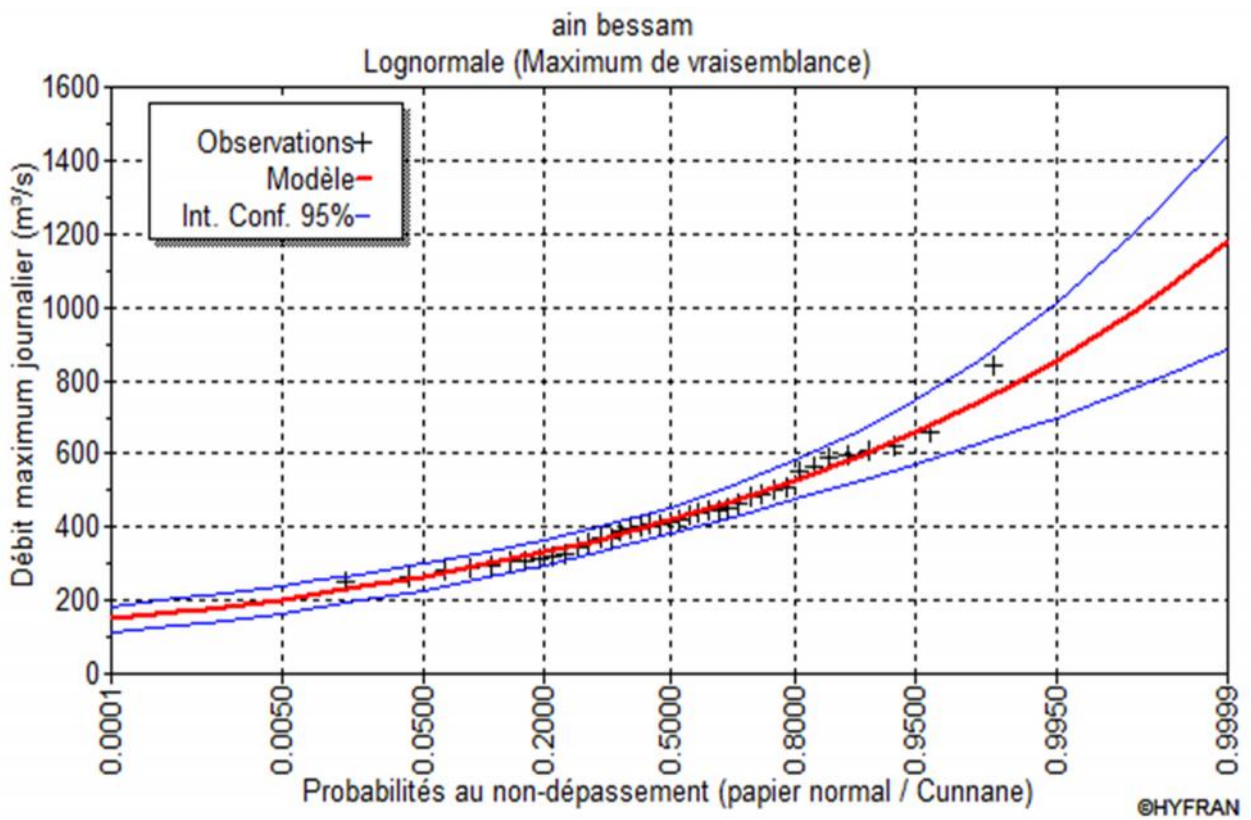


Figure I.6 : Ajustement des pluies annuelles à la loi Log-Normale

I.III.3.b Ajustement à la loi de Gumbel :

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies moyennes annuelles sont regroupés dans le tableau et la figure suivantes :

Tableau N°I.12 Ajustement par la loi de gumbel

Période T	Fréquence q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10000.0	0.9999	1280	122	1050 - 1520	10000.0
2000.0	0.9995	1130	102	926 - 1320	2000.0
1000.0	0.9990	1060	93.1	874 - 1240	1000.0
200.0	0.9950	898	73.2	755 - 1040	200.0
100.0	0.9900	830	64.7	703 - 957	100.0
50.0	0.9800	761	56.3	651 - 871	50.0
20.0	0.9500	669	45.2	580 - 757	20.0
10.0	0.9000	598	36.8	526 - 670	10.0
5.0	0.8000	524	28.6	468 - 580	5.0
3.0	0.6667	465	22.7	421 - 510	3.0
2.0	0.5000	412	18.5	376 - 449	2.0
1.4286	0.3000	358	16.0	327 - 389	1.4286
1.2500	0.2000	329	15.8	298 - 360	1.2500
1.1111	0.1000	294	16.7	261 - 327	1.1111
1.0526	0.0500	268	18.1	233 - 304	1.0526
1.0204	0.0200	242	19.9	203 - 281	1.0204
1.0101	0.0100	226	21.2	184 - 267	1.0101
1.0050	0.0050	212	22.4	168 - 256	1.0050
1.0010	0.0010	186	24.9	137 - 235	1.0010
1.0005	0.0005	176	25.9	126 - 227	1.0005
1.0001	0.0001	157	27.8	103 - 212	1.0001

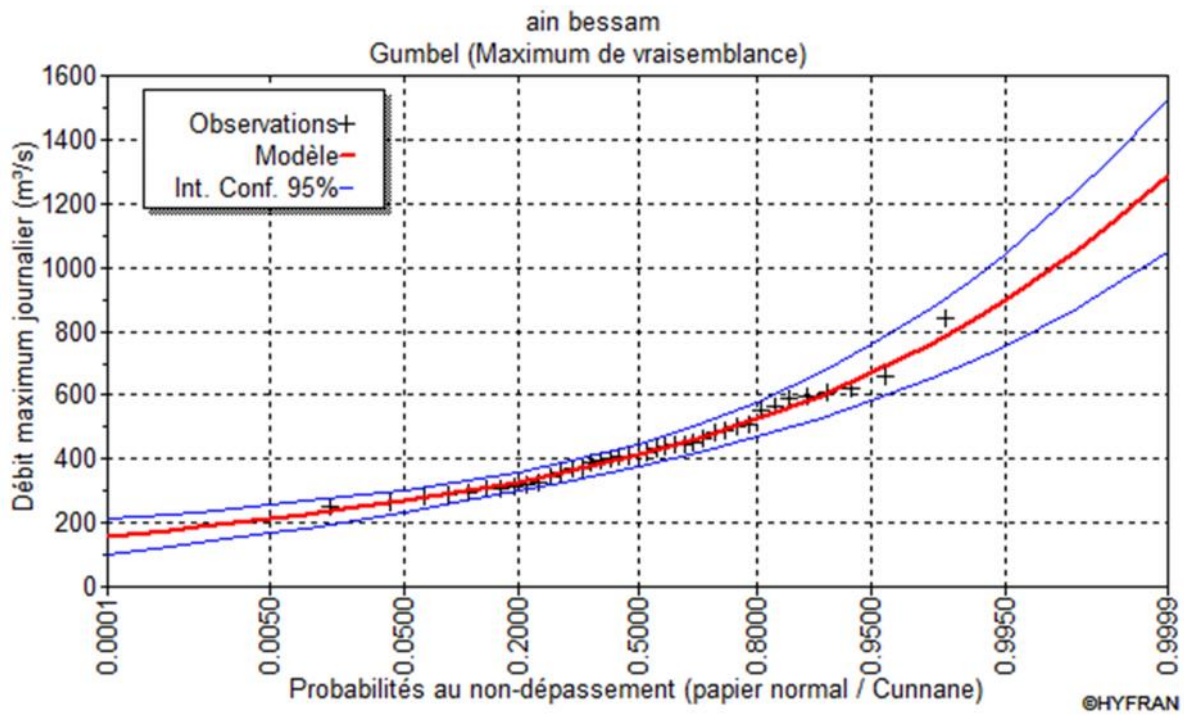


Figure I.7 : Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gumbel

I.III.3.c Ajustement par la loi normale**Tableau N°I.13** : Ajustement par la loi normale

Période T	Fréquence q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10000.0	0.9999	904	57.6	791 - 1020	10000.0
2000.0	0.9995	850	51.8	748 - 951	2000.0
1000.0	0.9990	824	49.2	728 - 921	1000.0
200.0	0.9950	759	42.5	676 - 843	200.0
100.0	0.9900	728	39.3	651 - 805	100.0
50.0	0.9800	693	36.0	623 - 764	50.0
20.0	0.9500	642	31.3	581 - 703	20.0
10.0	0.9000	596	27.5	542 - 650	10.0
5.0	0.8000	540	23.6	494 - 587	5.0
3.0	0.6667	488	21.2	447 - 530	3.0
2.0	0.5000	434	20.2	394 - 474	2.0
1.4286	0.3000	368	21.6	325 - 410	1.4286
1.2500	0.2000	328	23.6	281 - 374	1.2500
1.1111	0.1000	272	27.5	218 - 326	1.1111
1.0526	0.0500	226	31.3	165 - 287	1.0526
1.0204	0.0200	174	36.0	104 - 245	1.0204
1.0101	0.0100	140	39.3	62.8 - 217	1.0101
1.0050	0.0050	108	42.5	25.1 - 192	1.0050
1.0010	0.0010	43.4	49.2	-53.0 - 140	1.0010
1.0005	0.0005	18.1	51.8	-83.5 - 120	1.0005
1.0001	0.0001	-36.0	57.6	-149 - 76.8	1.0001

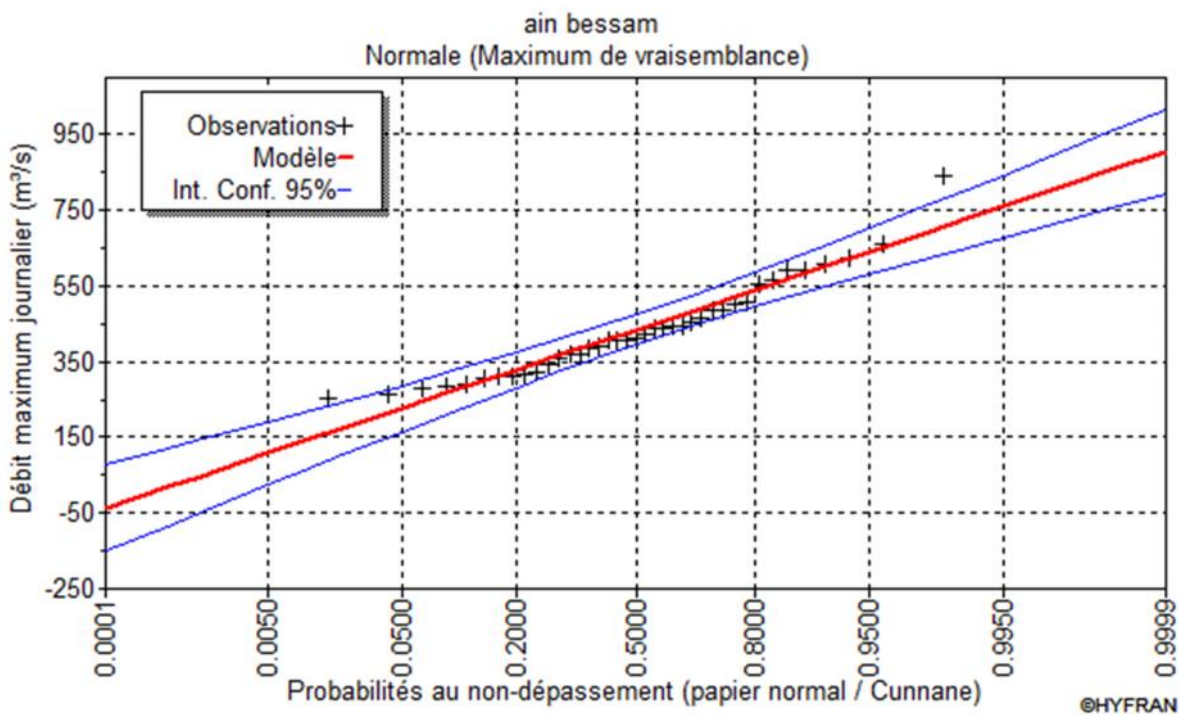


Figure I.8 : Ajustement des pluies annuelles à la loi Normale

I.III.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 employés, est le test du Chi carré " χ^2 ".

Soit un échantillon de N valeurs, classées par ordre croissant ou décroissant à étudier, et pour le quel 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 :

$f(X)$: 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 :

Avec :

P : Nombre de paramètres, dont dépend la loi de répartition

Donc :

On cherche dans la table de Pearson la probabilité de dépassement correspondante au nombre de degrés de liberté, définie ci-dessus par λ . Si cette probabilité est supérieure à 0,05, l'ajustement est satisfaisant.

I.III.4.a) Test de validité de l'ajustement à la loi Normale

Le test de validité de Khi carrée pour l'ajustement à la loi Normale est fait par le logiciel Hyfran.

Test d'adéquation : Loi Normale

Résultats

Khi carré = 3.46 ; Probabilité p (χ^2) = 0.6292 ; Degrés de liberté : 5 ; Nombre des classes 7

I.III.4.b) Test d'adéquation : Gumbel (Maximum de vraisemblance)

Résultats

Khi carré = 1.0 ; Probabilité p (χ^2) = 0.9626 ; Degrés de liberté : 5 ; Nombre de classes : 8

III.4.c) Test d'adéquation : Lognormale

Résultats

Khi carré = 2.6 ; Probabilité p (χ^2) = 0.7551 ; Degrés de liberté : 5

Conclusion :

Le test de Khi carré et les Figure I.6 ; Figure I.7 et figure 1.8 montrent que la loi de Gumbel présente une adéquation meilleure que la loi Log Normale.

I.III.5 Détermination de l'année de calcul :

Nous avons retenu la loi de gumbel parce qu'elle est la plus adéquate pour l'estimation de la pluviométrie moyenne annuelle représentative de la région. la probabilité de calcul doit être prise entre 75% à 90%.

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

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

$$P_{i,80\%} = P_{i,moy} \times \frac{P_{80\%}(\text{annuel})}{P_{50\%}(\text{annuel})}$$

D'après le tableau de l'Ajustement à la loi de gumbel on trouve :

$$P_{80\%} = 524 \text{ mm} \quad ; \quad P_{50\%} = 412 \text{ mm} \quad ; \quad P_{20\%} = 329 \text{ mm}$$

$$\text{D'où } \frac{P_{80\%}}{P_{50\%}} = 1,27 > 1$$

On remarque que $\frac{P_{80\%}}{P_{50\%}} > 1$ donc l'année de calcul sera obtenue par la loi

$$P_{80\%} = P_{i,moy} \times \frac{P_{20\%}(\text{annuelle})}{P_{50\%}(\text{annuelle})}$$

$$\frac{P_{20\%}(\text{annuelle})}{P_{50\%}(\text{annuelle})} = 0.79 \text{ (significative)}$$

Tableau I.14 : Reconstitution de l'année de probabilité 80%

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Σ
P_{moy}	51,71	51,23	45,08	50,18	38,04	9,71	6,58	12,63	33,33	33,19	43,08	59,61	401,18
$P_{i,80\%}$	40,85	40,47	35,61	39,64	30,05	7,67	5,19	9,97	26,33	26,22	34,03	47,09	316,93

Conclusion

A partir d'une série pluviométrique de 34 ans, la reconstitution de l'année de calcul a été fait afin de pouvoir évaluer l'évapotranspiration et les besoin en eaux des cultures.

Il est noter que le choix c'est porté sur la loi la plus adéquate celle de gumbel dons son allure de points ne sort pas de l'intervalle de confiance ce qui nous permet d'évaluer la lame d'eau réel qui atteint notre sol

I.IV Ressources en sol

Introduction

L'étude agro-pédologique a pour but de définir les sols destinés à l'irrigation ou de localiser les zones aptes à la mise en valeurs en irrigation ainsi les caractéristiques hydrodynamiques de ces sols indispensables pour le calcul des doses d'arrosages et l'emplacement des réseaux d'irrigation et de drainage.

Les principales contraintes et critères prises en considération pour la classification des sols sont : la texture, le critère d'hydromorphie, la présence et la profondeur de la nappe, la porosité, la salinité et le calcaire actif, bien qu'ils sont localisés dans des zones précises.

A partir de ces critères et selon leurs intensités, une classification proposée par le Bureau d'étude Of Réclamation United States Department Of The Interior en 1953, par la suite adoptée et recommandée par la F.A.O en 1979 et selon laquelle on a la classification suivante des sols du périmètre les ARRIBS

I.IV.1 .Les différentes classes des sols

Un découpage du sol a été fait pour le périmètre d'étude pour le secteur 3

Classification des sols (selon CPSC) : Pour cette entité, deux (2) classes sont distinguées.

- **La classe des vertisols** ils sont les plus répondeurs, ils occupent 120 ha soit 30 % de la superficie étudiée.

- **La classe des sols bruns méditerranéens** 150 ha, soit 37.5 % de la superficie étudiée.

- Classe des Vertisols : Ce sont des sols caractérisés par une texture lourde qui est enrichie en argile dont laquelle il y a un grand pourcentage de minéraux argileux de type : Montmorillonite. La formation des sols est influence par une humidité assez abondante et pour une longue durée. La couleur des sols est foncée. Cette couleur est parfois due à la présence des minéraux argileux d'une couleur foncée où de minéralisation de l'Humus.
- Classe des sols bruns méditerranéens : Ce sont des sols riches en oxyde de fer d'où leur couleur générale brune à brun rouge et le complexe argileux comporte une proportion importante de minéraux autres que la kaolinite formée sur des matériaux calcaires où fortement calciques et présentent une saturation élevée en calcium mais ils sont plus ou faiblement calcaires. Ce sont des sols caractérisés de texture pratiquement homogène sur l'ensemble du profil.

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

Cette classification basée sur les paramètres suivants

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

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

Tableau I.15 : Aptitudes culturales des sols de la zone d'étude

Paramètre de classification de classe d'aptitude à l'irrigation	Profondeur (cm)	Texture	Salinité mmohs/cm	Topog	Perméabilité (cm/h)	drainage	Aptitudes culturales	Observations
Classe I	> 120	-Texture moyenne (Sablo argileuse, limoneuse)	-Pas de problème de salinité <1 -Calcaire actif < 5%	Plane	2-6 (bonne)	Ne nécessite pas un drainage	Bonne aptitude pour toutes les cultures arbustives, industrielles, céréalières, fourragères et maraîchères	Leur aptitude à l'irrigation est bonne Aucune contrainte majeure pour la mise en valeur.
Classe II	> 80	-Sablo-limoneuse -Limonosableuse et limono argileuse	-La salinité varie de 4 à 8 -Teneur en calcaire actif ≤ 7%	Plane	-Pour les sols à texture fine 0,5-2 -Texture grossière 6-12,5	Nécessite un drainage	-Moyennement apte à toutes les cultures industrielles céréalières fourragères et maraîchères	-Les travaux d'aménagement nécessaires sont mineurs, notamment l'apport d'engrais minéraux et organique

Suite Tableau I.15 : caractéristique des sols et aptitudes culturale

Paramètre de classification Classe d'aptitude à l'irrigation	Profondeur (cm)	Texture	Salinité mmohs/cm	Topog	Perméabilité (cm/h)	drainage	Aptitudes culturales	Observations
Classe III	40 à 80	-Salo limoneuse (à forte teneur en sable) -Argilo-sableuse, argilo limoneuse	Présente dans les endroits à texture fine 8÷12 calcaire actif entre 7 et 12%	Pente faible	-Pour les sols à textures fine (0,1÷0,5) - Pour les sols à texture grossière (12,5÷25)	Nécessite un drainage	-Moyenne aptitude aux cultures maraîchères et fourragères et peu aptes aux cultures arbustives et industrielles	Labours profonds, apport de matières organiques, plantation des brises vents
Classe IV	40 à 80	-Texture fine argileuse ou très légère sableuse -Présence de croûtes calcaires	-Varie de 12 ÷ 16 -Teneur en calcaire actif > 12%	Par endroit la pente est forte	Variable	Nécessite un drainage	Faible aptitude aux cultures maraîchères et fourragères et inaptes à l'arboriculture	-Lessivage localisé -Des engrais organiques et minéraux -Labour profond et assainissement de surface.

Suite Tableau I.15 : caractéristique des sols et aptitudes culturale

Paramètre de classification	Profondeur (cm)	Texture	Salinité mmohs/cm	Topog	Perméabilité (cm/h)	drainage	Aptitudes culturales	Observations
Classe d'aptitude à l'irrigation								
Classe V	< 40	-Affleurement de la dalle calcaire par endroits -Charge caillouteuse >50%	Salinité > 16	Pente supérieure à 20%	Très faible	Nécessite un drainage	-Inapte à toutes les cultures -Aptitude moyenne pour l'olivier, la vigne, le figuier et les céréales en sec	Inapte à l'irrigation

N°I.16: Superficies des sols (en ha) par classe d'aptitude à l'irrigation et au Drainage

Classe des sols	Superficie ha		
	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3
Les vertisols	144	180	120
Sols Bruns méditerranées	156	1190	150
Sol argileux classe V		130	130
Total	300	1500	4 00

Source OPIB AIN BESSAM

Tableau I.17 : Les espèces culturales.

N°	Espèces: Ar Boriculture	N°	Espèces: Cultures maraichères	N°	Espèces: Céréales fourrages	et	N°	Espèces: Cultures industrielles
1	Agrumes	1	Artichaut	1	Luzerne		1	Betterave sucrière
2	Pêcher/Franc	2	Tomate	2	Bersim		2	coton
3	Pêcher/Amandier	3	Oignon	3	Sorgho		3	Tournesol
4	Pêcher/Prunier	4	Pomme de terre	4	Mais		4	Tabac
5	Abricotier/Franc	5	Carotte	5	Fétuque		5	Lin
6	Abricotier/Prunier	6	Navet	6	Vesce avoine			
9	Olivier	7	Chou fleur	7	Ray gras			
10	pommier/Franc	8	Chou pommé	8	Blé dur			
11	pommier/Doucine	9	Epinard	9	Blé tendre			
12	pommier/Pa radja	10	Laitue	10	Orge			
13	Poirier/Franc	11	Ail					
14	Poirier/Cognassier	12	Aubergine					
15	Figuier	13	Pastèque					
		14	Melon					
		15	Piment poivron					
		16	Haricot vert					
		17	Concombre					
		18	Pois					

Tableau I.18 : Degré d'aptitude culturale.

TYPE DE SOL	Cultures	Degré d'aptitude culturale	
		Bon pour	Moyenne pour
Les vertisols	Arboriculture: (B43)		
	Cultures maraichères: (M11)	1,2,3,4,7,8,9,10,11 12,13,14,15,16,17,18	5,6
	Céréales et fourrages:(C10)	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	
	Cultures industrielles:(I13)	2,3	5,6
bruns méditerranéens	Arboriculture: (B42)		9,15
	Cultures maraichères: (M10)	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11 12,13,14,15,16,17,18	
	Céréales et fourrages:(C10)	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	
	Cultures industrielles:(I11)	1,2,3,4,5	

Tableau I.19 La répartition du nombre d'exploitants par type de statut foncier

TYPE	EXPLOITANS	SUPERFICIE(HA)	%SUPERFICIE
PRIVE	77	547	24.5
E.A.I	02	05	0.22
E.A.C	95	1369	61.1
FERME PILOTE	01	317	14.1
TOTAL	174	2238	100

Source OPIB AIN BESSAM

Tableau I.20 Occupation culturale du périmètre

Cultures (HA)	Années									
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Pomme de terre	1551	1496	1503	1665	1620	1242	649	598	1350	1080
Autres maraichages	34	33	33	37	36	27	14	13	30	24
Assolement Céréale	140	134	134	148	144	111	59	54	120	96

Source OPIB AIN BESSAM

Conclusion

L'analyse de la qualité des sols de la zone d'étude montre que les aptitudes culturales des sols présentent une petite variation d'une classe à l'autre. Les classes I et II ne présentent pas de problèmes particuliers et peuvent recevoir toute la gamme des cultures possibles.

I.V. Ressource en eau

Introduction

Avant d'entamer une étude d'adduction, il faut d'abord localiser et quantifier l'eau nécessaire à l'irrigation. Pour cela et à travers ce chapitre on va présenter les ressources en eau qui peuvent alimenter notre zone d'étude.

I.V.1 .Alimentation en eau de la zone d'étude

I.V.1.1 1Ressources en eaux superficielles

L'alimentation de l'eau d'irrigation se fait à partir du barrage lakhal. La station de pompage est directement raccordée à la conduite de la vidange de fond de la retenue, celle-ci permet d'utiliser la pression variable du niveau d'eau dans la retenue ce qui amène à une diminution appréciable de la consommation en énergie électrique.

Le barrage lakhal : se trouve se trouve à 5 km au Sud –Est de la ville de Ain-Bessem et est implanté sur l'Oued **lakh**al. Il comprend les ouvrages suivants :

- Une digue de 45 m de hauteur
- Une crête de : 600 m de longueur et 08 m de largeur à la côte 690 m
- Un évacuateur de crues
- Une vidange de fond de 05 m et de 260 m de longueur
- Une tour de prise de 35 m de hauteur et 4 m de diamètre sur la galerie de vidange de fond.

I.V.1.1 .a CARACTERISTIQUES U BARRAGE LAKHAL :

- **Caractéristique du barrage**

Côte de la retenue minimum : 667.50 m

Côte de la retenue normale : 684.40 m

Volume des eaux non utiles (Envasement) : 5 Millions de M3

Volume de la retenue normale : 30 Hm3

Volume régularisable : 17 hm3

Conduite d'aspiration : Ø 1100 en Acier d'une longueur de 200m.

Qualité des eaux du barrage :

- **Bassin de régulation**

Le bassin de régulation est situé au Sud de la commune d'Ain-Bessam, sur un versant d'une côte égale à 767.50 m. Durant les années 1990, il fut complètement abandonné pour des raisons sécuritaires du fait de son isolement, protégé par une clôture en fils ZIMERMAN , il fut complètement saccagé et devient un dépotoir de détrit. En 2003, dans le cadre du programme de valorisations agricole, l'Office bénéficia d'une subvention pour la construction d'un mur de clôture d'une longueur totale de 510 m et 3 m de hauteur. La sécurisation du Bassin par le mur de clôture et le recrutement d'un gardien vacataire (durant la campagne) a garanti sa protection, en minimisant les pratiques de décharge. Cet ouvrage d'une importance capitale pour l'irrigation dans le Périmètre permet de diminuer la puissance de la station de pompage, le régulariser le fonctionnement de pompage en cas de fonctionnement intermittent et assurer la pression d'eau dans le réseau d'irrigation. Le choix du site d'implantation du bassin est dicté essentiellement par les considérations de pressions, on doit tenir compte de la côte 765 m de fond.

CARACTERISTIQUES DU BASSIN

- Côte fond : 765 m
- CAPACITE : 17 500 m³
- LONGUEUR : 131 m
- LARGEUR : 47 m
- PROFONDEUR : 3 m
- HAUTEUR MANOMETRIQUE : 116.5 mce

I. V.1.2 Ressources en eau souterraine :

Le niveau des eaux souterraines se trouve en générale en profondeur importante et n'influence pas le profils de sols , à l'exception des groupes des vertisols. Pendant la saison des pluies, la nappe monte a plusieurs endroits jusqu'à la surface des sols, de cette façon les sols satures et le processus d'aération entravé, cela ne facilite pas le développement des cultures.

Conclusion :

Le présent chapitre avait pour but de définir les ressources en eaux disponibles dans la zone d'étude. Les évaluations effectuées dans ce cadre ont montré que le barrage lakhal est la seule source d'irrigation de notre périmètre avec un volume de 17 Mm³ /an.

Chapitre II
**Diagnostic des infrastructures et analyse
des résultats**

Introduction

Au vu de la création du périmètre irrigué en date de 1988, il ressort que faute de moyens, l'O.P.I.BO n'a pas programmé des plans d'entretien et de maintenance. Dans ce contexte, notre choix dans le sens de réfléchir à un diagnostic des infrastructures, exige la prospection du site de notre étude afin de procéder à dresser un constat qui nous permet de concrétiser notre projet de réhabilitation.

II.1 Objectif de la réhabilitation

En vue d'un programme de réhabilitation, nous avons jugé et selon toutes les données réunies, d'arrêter un listing de l'état des lieux (réseau Hydraulique, station de pompage et bassin) de toutes les infrastructures existantes, affectés en usage dans le cadre de la gestion technique du périmètre irrigué, suivie d'une évaluation de leur état actuelle dans le but d'élaborer un programme de rénovation pour la mise en place de nouveaux matériels de toutes les infrastructures endommagées ou qui représentent des anomalies, les résultats attendus à l'instar de cette opération se résument ainsi :

- Développer le système économisateur d'eau ;
- Augmenter le rendement ;
- Améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau ;
- Mise à niveau des superficies à irriguer ;
- Améliorer la qualité de production ;
- Assurer le bon fonctionnement des infrastructures ;
- Préserver les infrastructures ;
- Assurer une gestion rationnelle de l'eau d'irrigation
- Réductions des pertes d'eau

II.2 Les résultats du diagnostic

L'analyse de la situation actuelle du périmètre irrigué des Arribs et le diagnostic de ces infrastructures hydrauliques, font ressortir de nombreuses défaillances dans sa structure et dans la qualité du service opéré par l'O.P.I. aux irrigants, à savoir :

II.2.1 Faiblesse de la ressource :

Les volumes en eau alloués depuis presque une vingtaine d'années, demeure le souci principal de l'O.P.I.BO en raison du volume réduit de l'eau à usage agricole attribué chaque année par quota partiel ne dépassant pas les 70 % - Volume insuffisant et en déca du volume d'affectation²(Volume théorique de 11 Hm³) fixé initialement dans le cadre de l'irrigation en rapport à la capacité du barrage. En parallèle, l'historique des volumes alloués, révèle que les quotas en eau affectés chaque année, sont très réduits et confirment la disproportionnalité entre les volumes alloués et les superficies à irriguer, tout en dépendant directement du taux de mobilisation des eaux du barrage (30 Hm³). En réalité, le volume à affecter repose essentiellement sur un prélèvement auxiliaire d'un volume régularisable de 60 %, soit 17 Hm³, donnant en fonction du taux de simultanéité arrête techniquement à 60 % pour l'attribution d'un quota annuel de 6.8 HM³, destiné à irriguer une superficie de 1320 Hectares durant chaque saison.

Tableau II.1 Superficies réellement irriguées au cours des 10 dernières années (ha)

2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1724	1663	1670	1810	1800	1380	722	665	1500	1200

Source OPIB AIN BESSAM

Tableau II.2 Les Volume d'eau

Année	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Volume Projet	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Volume alloué hm3/an	9	9	9	9	9	7	3	3	7	5
Volume Pompé hm3/an	8.7	8.8	8.5	9	8.9	6.4	3	3	6.8	5
Volume distribué hm3/an	8,2	8,4	8.1	8.5	8.5	6.1	2.8	2.8	6.5	4.7
Volume facturé hm3/an	10,344	9,978	10,02	10,86	10,8	8,28	4,332	3,99	9	7.2

Source OPIB AIN BESSAM

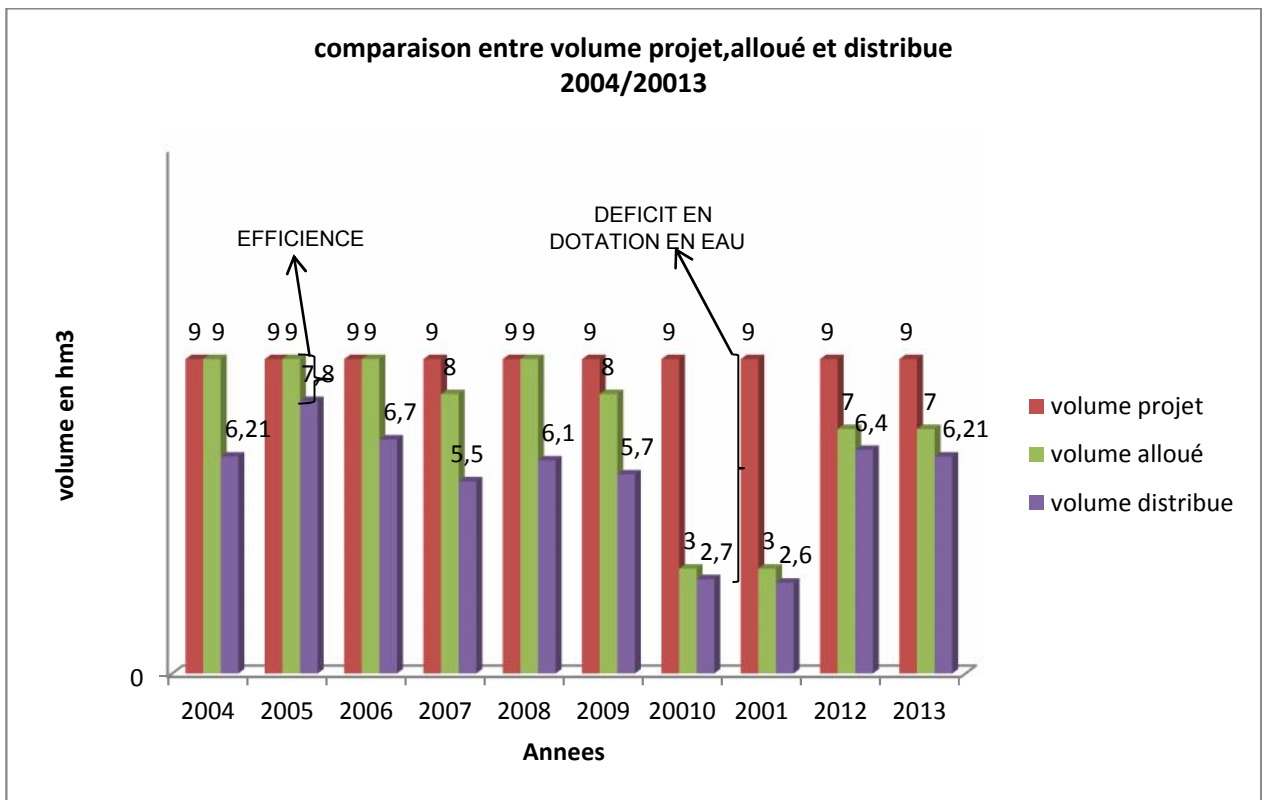


Figure II.1 comparaison entre volume projet, alloué et distribue 2004/2013

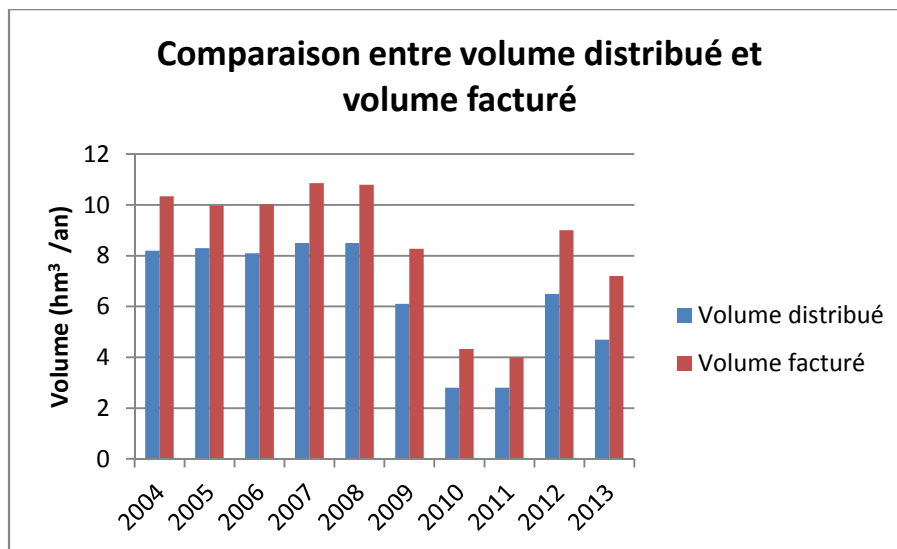


Figure II.2 Comparaison entre volume distribué et volume facturé

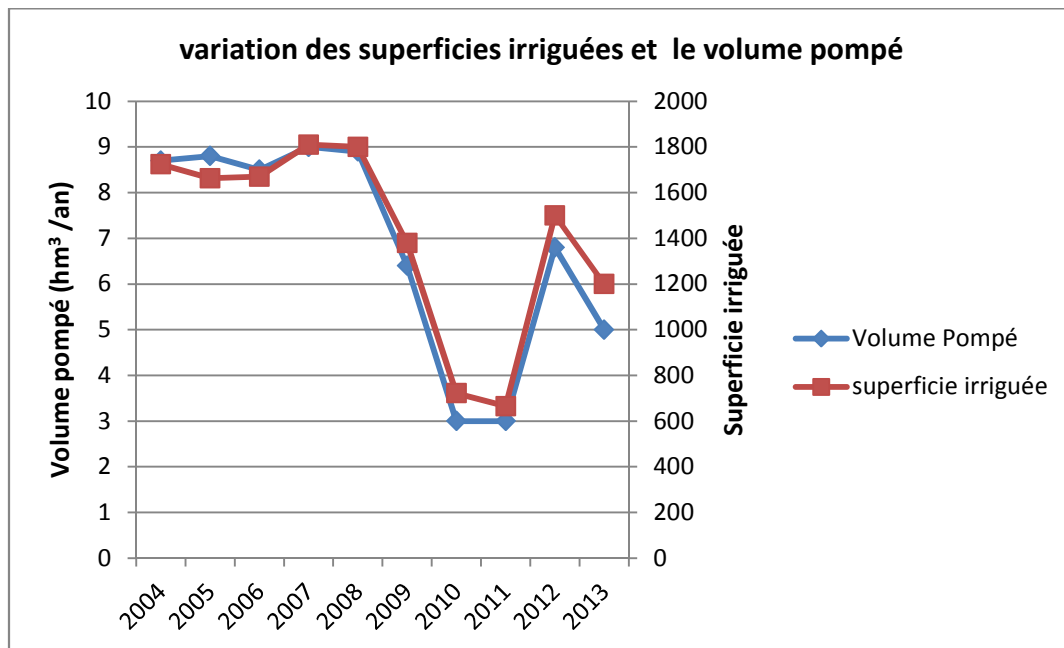


Figure II.3 variation des superficies irriguées et le volume pompé .

II.2 .2Vétusté avancée des infrastructures

Bien qu'il soit fonctionnel ; le réseau compte plusieurs contraintes d'ordre technique où on constate la défectuosité de la majorité des appareils de protection et des ouvrages hydrauliques (STP, Bassin, et réseau hydraulique) dont la durée de vie est dépassée et restent exposé davantage au risque futur en cause l'absence d'un programme d'entretien à préserver les infrastructures. En fin de compte, l'étude de diagnostic de ces ouvrages hydrauliques révèle la nécessité d'un programme de réhabilitation assez vaste.

II.2 .3Acte de vandalisme

Il en ressort que l'historique du réseau hydraulique, conçu en 1988, connaît plusieurs actes de vandalisme, provoquant le vol des ouvrages affectées en usage dans le périmètre (pièces hydromécaniques) et la destruction des ouvrages en béton armé servant à abriter ces pièces. La période la plus cruciale à ce vandalisme date de l'inactivité de l'O.P.I.B.O de 1999 à 2002 en cause la sécheresse chronique qui sévit dans la région empêchant toute dotation en eau.

II.2 .4 Corrosion de la conduite en acier

Le phénomène de la corrosion persiste à détériorer tous les ouvrages en acier (Station de pompage et réseau hydraulique) en raison de la défaillance de la protection cathodique, appareil servant à émettre des ondes électriques pour l'élimination de la corrosion par utilisation de l'acide chloridrique.

II.2.5 Ouvrage en béton endommagé

Le diagnostic de ces ouvrages démontre une dégradation presque totale et une destruction massive des ouvrages en béton armé en raison du vandalisme et des pratiques non

réglementaires des usagers avec en prime l'absence de l'entretien – Initiative prévue dans le cadre du concours de l'Etat que les autorités compétentes refusent d'y obtempérer pour y attribuer une subvention d'équilibre prévu dans le cadre des statuts de l'Office .

II.2.6 Absence de dispositif de comptage

Le fonctionnement de l'Office dans le cadre des redevances en eau, repose sur le principe d'un tarif forfaitaire en raison de l'absence du dispositif de comptage (Compteur volumétrique initialement au projet installé mais saccagé) à la tête de chaque borne .

II.2.7 Facturation forfaitaire

L'office pratique une tarification forfaitaire sur la base du volume consommé de 8 000 m³/an à l'hectare, calculé sur le prix réglementé de 3.00 Da/M³ pompé et délivré à la borne suivant le code des eaux.

II.2.8 Diminution de l'efficience

En raison de la vétusté du réseau, l'efficience est d'une manière significative très amoindrie (évaluée à 75 %) à la présence du taux de fuite et des casses fréquentes dans les canalisations à corrosion avancée et souvent sans accessoires d'étanchéité.

II.2.9 Manque de pièces de rechanges

Il est à noter que les usines de fabrication des tubes en amiante ciment sont fermées par décision autoritaire, laissant l'O.P.I.BO sans stock de tubes de rechanges (recours souvent à la suppression de certaines lignes de distribution dans les zones à irrigation difficile (situées sur des pentes). En plus, les pièces de type siemens et KSB ne sont pas disponibles sur le marché.

II.2.10 Absence de collaboration (travail associatif)

L'absence de collaboration directe entre l'O.P.I.BO et les structures associatives, fait l'objet d'un différend pour des raisons de la présence de locataires, agissant à la place des exploitants officiels et qui ignorent tous les principes de fonctionnement du réseau, générant ainsi plusieurs contraintes et interaction entre les usagers dans le cadre du partage des bornes.

II.3 Programme de réhabilitation

II.3.1 Réduction des pertes

Nécessitant une utilisation rationnelle de l'eau, réparation des casses dans les délais, éviter l'irrigation durant les plages d'horaires à temps chaud afin de réduire l'évapotranspiration.

II.3.2 Remise des ouvrages de protection

Nécessitant la pose des équipements hydromécaniques de protection (purgeurs, ventouses, soupapes de décharge et by pass) pour garantir un fonctionnement régulier.

II.3.3 Changement conduite en acier

Nécessitant la rénovation des conduites en acier (conduite de refoulement et celle de l'amenée) ayant déjà dépassé la durée de vie prescrite avec installation d'appareils de protection cathodique –trouçon SP/bassin et Station / barrage.

II.3.4 Réhabilitation de la station de pompage

Nécessitant une grande opération de réhabilitation, touchant essentiellement les groupes motopompes (durée de vie dépassée), les canalisations (Tubulures), pièces mécaniques, électriques et hydromécaniques avec en priorité la remise en état de l'étanchéité de la toiture qui constitue le grand danger de l'effondrement de la Station.

II.3.5 Assurer un bon entretien des ouvrages :

Nécessitant des opérations d'entretien d'une manière régulière, opération très importante pour le maintien et la préservation en bon état de fonctionnement des équipements.

II.3.6 Amélioration de l'efficacité du réseau de distribution

Nécessitant la maîtrise dans la gestion de la distribution avec diminution des pertes d'eau dans le réseau afin de garantir l'utilisation rationnelle de l'eau à usage agricole en y augmentant le ratio irriguée/irrigable.

II.3.7 Remise en état des pistes

Nécessitant le revêtement (tout venant) pour assurer la praticabilité et faciliter l'accès aux parcelles au cas d'intervention et les travaux agricoles.

II.3.8 Remise en état du fossé de drainage

Nécessitant le curage et le reprofilage à faciliter le ruissèlement des eaux excédentaires, de lutter contre l'engorgement des terres (salinité) et dans le but essentiel de préserver la nappe phréatique.

II.3.9 Encourager le travail associatif :

Nécessitant la collaboration entre l'utilisateur et le gestionnaire de l'office notamment en matière de sensibilisation et vulgarisation dans la gestion du réseau et la distribution équitable de l'eau d'irrigation entre les usagers (pilotage de l'irrigation) et l'obligation de l'établissement des plans de cultures arrêtées pour favoriser l'assolement/ rotation.

II.3 .10 Recours à l'utilisation des systèmes d'irrigation (Economisateur d'eau)

Nécessitant une étude de reconversion fixant les paramètres de base du dimensionnement. Dans ce cas du projet visant l'irrigation goutte à goutte, notre choix vise le secteur CP3 (superficie de 400 Ha) en raison de son altitude et sa proximité du bassin de régulation , qui nous offre dans le cadre de notre étude , le meilleur dessein à réaliser .

II.3.11 Respect de l'itinéraire technique

Nécessitant une bonne connaissance du facteur agro-pédo-climatique et la maîtrise totale de la phase du cycle végétatif, les besoins en eau, le pilotage de l'irrigation, les besoins en produit phytosanitaires.

II.3.12 Mise en place de système de comptage

Nécessitant la pose des compteurs volumétriques en tête de chaque borne d'irrigation à l'échelle du périmètre pour équiper 56 bornes (antennes de distribution) afin de permettre le comptage réel des consommations au niveau de chaque borne – Outils de confiance entre usagers et Office) . Actuellement en l'absence des appareils, le comptage est effectué à titre forfaitaire sur la base d'un volume de 8000 m³/ha dépassant largement la norme internationale (4538 m³/ha pompé et délivré à la borne)

II.3.13 Mise en place d'une conduite autonome secteur Cp1/Bassin

Devant l'urgence du manque d'eau d'irrigation au niveau du secteur CP1 , nous avons jugé utile et nécessaire la pose d'une nouvelle conduite en acier diamètre 600 mm, reliée directement du Bassin au réseau , en remplacement de l'actuelle conduite branchée (jonction) à partir d'un endroit de basse altitude (cuvette) défavorable au transport de l'eau vers ce secteur en rapport à la pression de service réglementée afin de garantir un approvisionnement régulier .

Conclusion

Notre réflexion en ce qui concerne le projet de réhabilitation du périmètre irrigué, exige une étude approfondie de toutes les infrastructures afin de procéder à des changements et à certaines modifications dans la limite technique et dimensionnel de chaque équipement de manière à préserver l'étude technique initialement prévue dans le cadre du fonctionnement du périmètre. Ainsi, le projet est retenu dans un volet technique adéquat, nécessitant des réparations légères (changements de pièces).

Chapitre III

Détermination des besoins en eau de cultures

Introduction

Par ce présent chapitre, on propose de quantifier les besoins en eau des cultures sur la base des informations définies auparavant, conditionnant la conception de notre projet tels que les conditions climatiques, systèmes agronomiques, potentialités des sols, l'eau disponible, fertilité des sols.

III.1. Calcul de L'évapotranspiration :

Les besoins en eau, qui peut également s'exprimer sous le terme déficit hydrique, se définit comme la différence entre l'évapotranspiration réelle (ETR) de la culture considérée et les précipitations efficaces (Peff). L'évaluation des besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique, pour ce la il faut déterminer :

III.1.1 L'évapotranspiration Réelle :

S'obtient en multipliant l'évapotranspiration standard par le coefficient cultural.

$$ETR = ETo * Kc$$

ETo : représente l'évapotranspiration standard (de référence)

Kc : le coefficient cultural.

L'évapotranspiration de référence (ETo) d'une culture de référence conduite dans des conditions de référence, de sorte que le taux d'évapotranspiration (mm /j) représente les conditions climatique locales.

III.1.2 L'évapotranspiration potentielle de référence (ETo)

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

Pour prédire l'évapotranspiration de référence on utilise des méthodes basées sur des variables climatiques, parmi les plus communiquement employées sont:

- Méthodes de lysimètre
- 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:

- Priestley- Taylor
- Makkink
- Turc
- Hargreaves
- Blaney – Cridle
- Thornthwaite
- Penman et Monteith modifiée.

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

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

$$ET_o = C \times [w \times R_n + (1 - w) \times F(u) \times (e_a - e_d)]$$

ET_o : représente l'évapotranspiration de référence, exprimée en mm / jour.

w : facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différente température et altitude.

R_n : rayonnement net évaporation équivalente exprimé en mm/ j

F(u) : fonction liée au vent.

e_a : tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars.

e_d: tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.

(e_a - e_d): constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes

et nocturnes.

C : facteur de correction pour compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

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 Montheit modifiée et recommandée par la consultation des experts de la FAO.

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

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

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET_o 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 III.1 : calcul d'ETP

Mois	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)	Humidité %	Vent (km/j)	Ensoleillement (h)	Radiation	ET0 mm /mois
Janvier	-0.3	19.9	77	173	5.5	9.3	62.31
Fevrier	-0.4	18.8	60	199	7.0	13	77
Mars	0.7	25.9	72	164	7.7	16.8	101 .04
Avril	2.4	25.8	75	207	8.8	21.1	138.3
Mai	5.9	32.4	68	225	9.2	23.2	116 .25
Juin	10.4	39.6	60	242	10.7	25.9	170,01
Juillet	13.3	40.9	52	207	10.9	25.9	225.8
Aout	15.3	40.5	60	190	9.9	23.2	201.01
Septembre	11.1	29.3	64	216	8.5	18.8	142.20
Octobre	7.9	31.1	67	199	7.4	14.4	128.03
Novembre	2.9	23.1	79	251	6.0	10.2	81.90
Décembre	0.2	19.2	72	181	5.5	8.6	60.14

III.2. Les Coefficients culturaux (K c)

Les valeurs du coefficient cultural (KC) de chaque culture ont été ressorties, en fonction du stade végétatif de la plante, du vent et de la valeur moyenne de l'humidité moyenne minimale de l'air régnant au niveau de notre périmètre d'étude.

Tableau III.2 : Les Coefficients culturaux (K c) des différentes cultures

Culture	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Octob	Nov	dec
P. terre			0,75	1,1	1,2	0,75						
Carotte			0,45	0,75	1,05	0,9						
Oignon								0,7	1,1	1,1	0,9	0,85
Haricot vert	0,7								0,75	0,8	1,1	0,95
Laitue								0,8	1	0,9		
Blé	0,85	0,95	1,05	1,05	1,05							0,7
Pastèque						0,6	0,7	0,65	0,85			
Vigne	0,55	0,3	0,5	0,6	0,65	0,75	0,7	0,6				
Tomate			0,5	0,8	1,05	0,75						

Source : bulletin FAO d'irrigation et drainage n°33, tableau 18

III.3. Les profondeurs d'enracinement:**Tableau III.3** Les profondeurs d'enracinements en m des différentes cultures

Culture	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Octob	Nov	dec
P. terre			0.1	0.25	0.35	0.40						
Carotte									0,10	0,20	0,25	0,30
Oignon									0,3	0,4	0,5	0,6
Haricot vert	0,3								0,10	0,15	0,20	0,25
Laitue								0,10	0,20	0,25		
Blé			0,6	0,6	0,7							0,7
Pastèque							0,20	0,25	0,30			
Vigne							1,5	1,5				
Tomate			0,2	0,7	1	1						

III.4. La réserve facilement utilisable(RFU) :

La réserve utile c'est la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuage et le point de flétrissement. Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité s'approche du point de flétrissement, on nomme Réserve Facilement Utilisable (RFU). la quantité d'eau égale à 1 /3ou 2/3 de la RU (SOLTNER, 1986) ;

Tel que

$$RFU = (hcc-hpf)*y*h*da$$

$$(hcc-hpf)= 18 \quad ; \quad da=1.83 \quad ; \quad Y=2/3$$

Tableau III.4 réserve facilement utile des cultures

Culture	RFU en mm
P. terre	23,8
Carotte	20
Oignon	25
Haricot vert	25
Laitue	25
Blé	42,2
Pastèque	30
Vigne	71,8
Tomate	65

III.5 Cycle végétatif des cultures

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

Tableau III .5 Cycle végétatif des cultures

Culture	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Octob	Nov	dec
P. terre			←————→									
Carotte									←————→			
Oignon									←————→			
Haricot vert	→								←————→			
Laitue								←————→				
Blé	→————→										←————→	
Pastèque							←————→					
Vigne	←————→											
Tomate			←————→									

III.6 Le bilan hydrique

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

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

$$B = Kc \cdot ETP - (P_{eff} + RFU)$$

ETP : évapotranspiration potentielle de référence en mm ;

Kc : le coefficient culturel de la culture considérée ;

Peff : pluie efficace en mm ;

RFU : la réserve facilement utilisable disponible au début de la période

III.7 La pluie efficace:

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

Tableau III .6 : pluie efficace

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Σ
P (mm)	51,7	51,2	45,0	50,1	38,0	9,7	6,5	12,6	33,3	33,1	43,0	59,6	401,1
Peff (mm)	1	3	8	8	4	1	8	3		9	8	1	8
	40,8	40,4	35,6	39,6	30,0	7,6	5,1		26,3	26,2	34,0	47,0	
	5	7	1	4	5	7	9	9,97	3	2	3	9	40,85

III.8 Efficience de l'irrigation:

L'efficience d'irrigation est définie par le rapport entre le besoin d'eau strictement nécessaire à la culture et le volume d'eau à introduire dans le réseau d'irrigation. La différence entre les deux volumes indique les pertes. La formule utilisée pour l'estimation de l'efficience d'un réseau d'irrigation est donnée par l'expression suivante:

$$E_i = E_t \cdot E_d \cdot E_u$$

Avec:

E_i: Efficience d'irrigation en (%)

E_t : Efficience de transport (%)

E_d : Efficacité de type de distribution en (%)

E_u : Efficacité de l'uniformité de la distribution.

L'évaluation exacte des pertes est très difficile et même presque impossible, suite des multiples variables qui interviennent. On considère une efficience globale, produit entre les trois efficiences décrites ci-dessus égalé à 0,75

Tableau III .7 besoin en eau de la pomme de terre

Pomme de terre	Sept	Oc	nov	Déce	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Août	
Kc	0	0	0	0	0	0	0,75	1,1	1,2	0,75	0	0	
ETM	0	0	0	0	0	0	75,78	152,13	139,5	127,515	0	0	
Peff	21,06	20,9	27,22	37,67	32,68	32,37	28,48	31,71	24,04	6,13	4,152	7,976	
Peff-ETM	21,06	20,97	27,22	37,67	32,68	32,37	-47,29	-120,41	-115,46	-121,37	4,15	7,97	
beoisn_net (mm)	0	0	0	0	0	0	23,53	120,41	115,46	121,37	0	0	
beoisn_brute (mm)	0	0	0	0	0	0	31,376	160,55	153,946	161,83	0	0	
besoi_brut (m3)	0	0	0	0	0	0	313,76	1605,57	1539,46	1618,38	0	0	
deb_speci_l/s/ha	0	0	0	0	0	0	0,20	1,07	1,02	1,08	0	0	1,08

Tableau III .8 besoin en eau de la tomate

tomate	Sept	octobre	nov	Déc	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	
kc	0	0	0	0	0	0	0,5	0,8	1,05	0,75	0	0	
ETM/vigne	0	0	0	0	0	0	50,52	110,64	122,062	127,515	0	0	
Peff	21,06	20,97	27,22	37,67	32,68	32,37	28,48	31,71	24,04	6,13	4,15	7,97	
Peff-ETM_	21,064	20,97	27,22	37,67	32,68	32,37	-22,03	-78,92	-98,02	-121,37	4,15	7,97	
RFU	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
beoisn_net (mm)	0	0	0	0	0	0	12,03	78,92	98,02	121,37	0	0	
beoisn_brute	0	0	0	0	0	0	16,042	105,23	130,69	161,83	0	0	
besoi_brut (m3)	0	0	0	0	0	0	160,42	1052,37	1306,96	1618,38	0	0	
deb_speci_the_l/s/ha	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,70	0,87	1,08	0,00	0,00	1,08

Tableau III .9 besoin en eau de la carotte

carotte	Septe	octo	nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	
KC	0	0	0	0	0	0	0,45	0,75	1,05	0,9	0	0	
ETM/PT	0	0	0	0	0	0	45,46	103,72	122,06	153,01	0	0	
Peff (mm)	21,064	20,976	27,224	37,672	32,68	32,376	28,488	31,712	24,04	6,136	4,152	7,976	
Peff-ETM_p,d	21,064	20,976	27,224	37,672	32,68	32,376	-16,98	-72,013	-98,0225	-146,882	4,152	7,976	
beoisn_net (mm)	0	0	0	0	0	0	0	47,013	73,0225	121,882	0	0	
beoisn_brute (mm)	0	0	0	0	0	0	0	62,684	97,36	162,50	0	0	
besoi_brut (m3)	0	0	0	0	0	0	0	626,84	973,63	1625,09	0	0	
deb_speci_l/s/ha	0	0	0	0	0	0	0	0,41	0,650	1,085	0	0	1,085

Tableau III .10 besoin en eau d'oignon

Oignon	Septembre	octobre	novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	
kc	0	0,7	1,1	1,1	0,9	0,85	0	0	0	0	0	0	
ETM	0	89,621	90,101	66,154	56,079	65,45	0	0	0	0	0	0	
Peff	21,064	20,976	27,224	37,672	32,68	32,376	28,48	31,71	24,0	6,13	4,152	7,97	
Peff-ETM_	21,06	-68,64	-62,87	-28,48	-23,39	-33,07	28,48	31,71	24,04	6,13	4,15	7,97	
beoisn_net (mm)	0,0	68,6	62,9	28,5	23,4	33,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
beoisn brut (mm)	0	91,52	83,83	37,97	31,19	44,098	0	0	0	0	0	0	
besoi_brut (m3)	0	915,26	838,36	379,76	311,98	440,98	0	0	0	0	0	0	
deb_speci_the_l/s/ha	0	0,61	0,55	0,25	0,20	0,29	0	0	0	0	0	0	0,61

Tableau III .11 besoin en eau d'haricot

haricot	Septembre	octobre	novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
----------------	------------------	----------------	-----------------	-----------------	----------------	----------------	-------------	--------------	------------	-------------	----------------	-------------

kc	0,75	0,8	1,1	0,95	0,7	0	0	0	0	0	0	0	
ETM	106,65	102,42	90,101	57,133	43,617	0	0	0	0	0	0	0	
Peff	21,064	20,976	27,224	37,672	32,68	32,376	28,4	31,71	24,04	6,136	4,15	7,9	
Peff-ETM_	-85,586	-81,448	-62,877	-19,461	-10,937	32,376	28,4	31,71	24,0	6,13	4,15	7,9	
beoisn_net (mm)	85,6	81,4	62,9	19,5	10,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
beoisn brut (mm)	114,114	108,59	83,836	25,948	14,58	0	0	0	0	0	0	0	
besoi_brut (m3)	1141,14	1085,97	838,36	259,48	145,82	0	0	0	0	0	0	0	
Qs l/s/ha	0,76	0,72	0,55	0,17	0,097	0	0	0	0	0	0	0	0,76

Tableau III .12 besoin en eau de blé

BLE	Septembre	octobre	novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	
ble/kc	0	0	0	0,7	0,85	0,95	1,05	1,05	1,05	0	0	0	
ETM/ble	0	0	0	42,098	52,963	73,15	106	145,21	122,06	0	0	0	
Peff	21,064	20,976	27,224	37,672	32,68	32,376	28,48	31,712	24,04	6,13	4,152	7,97	
Peff-ETM_ble	21,064	20,976	27,224	-4,426	20,283	-40,774	77,60	113,50	98,022	6,13	4,152	7,97	
beoisn_net (mm)	0	0	0	0	2,1935	10,624	35,39	113,50	98,022	0	0	0	
beoisn_brute (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	2,92	14,17	47,19	151,34	130,70	0,00	0,00	0,00	
besoi_brut (m3)	0,00	0,00	0,00	0,00	29,25	141,65	471,92	1513,37	1306,9	0,00	0,00	0,00	
deb_speci_l/s/ha	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,095	0,315	1,011	0,873	0,000	0,000	0,000	1,011

Tableau III .13 besoin en eau de la pastèque

pastèque	Septembr	octobr	novembr	Décembr	Janvie	Févie	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	
kc	0,85	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0,7	0,65	
ETM	120,87	0	0	0	0	0	0	0	0	102,012	158,06	130,65	

Peff	21,06	20,976	27,22	37,67	32,68	32,37	28,4	31,712	24,04	6,136	4,152	7,976	
Peff-ETM_	-99,806	20,976	27,22	37,67	32,68	32,37	28,48	31,71	24,04	-95,876	-153,908	-122,68	
beoisn_net (mm)	99,806	0	0	0	0	0	0	0	0	95,876	153,908	122,68	
beoisn brut (mm)	133,0746	0	0	0	0	0	0	0	0	127,834	205,2	163,57	
besoi_brut (m3)	1330,746	0	0	0	0	0	0	0	0	1278,346	2052,10	1635,7	
Qs_l/s/ha	0,88	0	0	0	0	0	0	0	0	0,85	1,1	1,092	1,1

Tableau III .14 besoin en eau d'oignon

VIGNE	Septe	octo	novem	Décembr	Janvie	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	
VIGNE/kc	0,55	0	0	0	0	0,3	0,5	0,6	0,65	0,75	0,7	0,6	
ETM/vigne	78,21	0	0	0	0	23,1	50,52	82,98	75,5625	127,515	158,06	120,60	
Peff	21,064	20,976	27,224	37,672	32,68	32,376	28,488	31,712	24,04	6,136	4,152	7,976	
Peff-ETM_	-57,14	20,97	27,22	37,67	32,68	9,276	-22,032	-51,26	-51,522	-121,37	-153,90	-112,63	
beoisn_net (mm)	57,146	0	0	0	0	0	0	51,26	51,522	121,37	153,90	112,63	
beoisn_brute	76,19	0	0	0	0	0	0	68,35	68,69	161,83	205,21	150,17	
besoi_brut (m3)	761,94	0	0	0	0	0	0	683,5733	686,9	1618,3	2052,1	1501,7	
deb_speci_the_l/s/ha	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,46	1,08	1,09	1,00	1,09

Tableau III.12 : tableau récapitulatif des besoins en eau mm /mois

	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	aout
P. terre	-	-	-	-	-	-	23,5	120,4	111,3	115,4	-	-
Tomate	-	-	-	-	-	-	12,0	78,9	98,0	121,37	-	-
Carotte	-	-	-	-	-	-	-	47,0	73,0	121,8	-	-
Oignon	-	68,6	62,9	28,5	23,4	33,1	-	-	-	-	-	-
Haricot vert	85,6	81,4	62,9	19,5	10,9	-	-	-	-	-	-	-
Laitue	121,1	94,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	152,8
Blé	-	-	-	-	-	-	47,1	151,3	130,7	-	-	-
Pastèque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	153,9	122,6	95,87
Vigne	57,14	-	-	-	-	-	-	51,2	51,52	121,3	153,90	112,3
Total	363,7	244,3	125,8	47,9	36,5	43,7	58,9	332,2	338,0	460,5	307,8	388,1

III.9 Comparaison entre les besoins du périmètre et la capacité du barrage :

La surface totale du périmètre étudié est de 2200 ha et les exploitations proposées sont des cultures maraichage, céréale .la capacité totale du barrage lakhal est de 30 Hm³ et le volume régularisé est de 17 Hm³

Sur la base de toutes ces données et les besoins totaux des cultures calculées, on a géré l'exploitation agricole du périmètre de telle manière à satisfaire les besoins sans risque de l'abaissement brusque du niveau du barrage (barrage mixte).

Tableau III.13 Comparaison entre les besoins du périmètre et la capacité du barrage

Culture Surface	Surface (ha)	besoins totaux m3/ha	Besoins totaux annuel en m3
P. terre	660	4152	2740320
Tomate	78	3103,3	242057,4
Carotte	132	2419,1	319321,2
Oignon	106	1027	108862
Haricot vert	26	2419,1	62896,6
Laitue	40	154,0	61616
Blé	198	2597,3	514265,4
Pastèque	40	2890,03	115601,2
Vigne	40	3589	143560
		Besoin net	4308499,8
		Besoin brute	5744666,4

Conclusion

A partir de ce chapitre on a déterminé les besoins en eau d'irrigation pour les cultures de notre périmètre. On remarque que le mois de pointe est le mois de juin. Donc on a estimé les besoins en eau du périmètre pour un assolement choisi et les comparer avec la capacité du barrage, les besoins totaux annuel sont de 5744666,4 m³.

Donc à partir de ces résultats nous pouvons conclure que la capacité de barrage suffit largement à l'alimentation de notre périmètre.

Chapitre IV
Choix des techniques d'arrosage

Introduction

L'humidité du sol à l'état naturel est souvent insuffisante, et pour garantir un rendement optimum des cultures, on a recours à l'irrigation. Il existe plusieurs techniques ou modes d'irrigation. Dans ce chapitre on va étudier ces différentes techniques puis on va choisir la technique qui correspond avec les caractéristiques de notre périmètre.

IV.1) Les techniques d'arrosage des cultures :

IV.1.1) L'irrigation gravitaire

Cette technique nécessite un gros volume d'eau par unité de surface, le procédé consiste la distribution de l'eau on utilisant la pente topographique. Elle est subdivisée en :

IV.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.

a) Les avantages de l'irrigation par ruissellement

- Les investissements pour l'équipement sont peu élevés
- Pas de dépense pour la mise sous pression de l'eau
- possibilité de lessivage sans risques d'érosion
- Matériel d'irrigation assez simple

b) les inconvénients

- Temps d'irrigation important
- Nécessité de nivellement et son entretien
- Pertes importantes d'eau
-

IV.1.1.2) l'irrigation par submersion

Elle se pratique en recouvrant le sol avec une couche d'eau épaisse qui séjournera le temps nécessaire par la qu'elle s'infiltre à la profondeur utile .Cette profondeur est fonction des besoins nécessaire pour la croissance des plantes. Cette méthode reste valable dans le cas des terrains perméable et de pente inférieur à 2 %.

a)Les avantages de la submersion

- Destruction des adventices
- Protège contre le gel

b) Les inconvénients de la submersion

- Tassement du sol
- Diminution de la porosité d'ou diminution de la perméabilité
- Nécessite d'assainissement
- Manque d'aération

IV.1.1.3) l'irrigation par infiltration

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

a) les avantages

- Pas de danger d'érosion, ni de formation de croûtes
- L'accès est facile au terrain

b) Les inconvénients

- Grande perte d'eau
- Exigence en main d'œuvre

IV.1.2) l'irrigation par aspersion

L'eau provient aux cultures sous forme de pluie artificielle, grâce au différents asperseurs alimentés en eau sous pression.

a) Les avantages

- Ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer
- Provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie
- Economie d'eau
- Favorise les conditions ambiantes
- Possibilité d'automatisation du système d'irrigation
- Nécessite moins de mains d'œuvres

b) les inconvénients

- Coût très élevé (prix d'achat du matériel très important).
- Une évaporation intense si les gouttes d'eau sont fines
- Tassement du sol
- Favorise le développement des mauvaises herbes
- Le déplacement des conduites après arrosage peut être difficile
- L'homogénéité de l'arrosage est dégradée si la vitesse de vent est importante
- En cas d'utilisation des eaux salées, il y'aura danger pour le feuillage

V.1.3) l'irrigation localisée (goute à goutte)

L'eau provient aux cultures au moyen de tuyaux muni de goûteurs et s'écoule par ceux ci sous forme de gouttes avec un faible débit.

a) les Avantages

- Meilleur développement des cultures dû a l'humidification permanent de la couche active de sol
- Economie d'eau et main d'œuvres (système fixe)
- Réduction des mauvaises herbes
- Réduction de l'évaporation
- Economie d'engrais
- Facile à automatisé
-

b) Les inconvénients

- Coût très élevé du matériel
- Risque d'obstruction des goutteurs

- □ Nécessité d'une main d'œuvres spécialisés
- Apte seulement pour les cultures par rangée

IV.2) Choix des techniques d'arrosage :

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

IV.2.1) Les contraintes naturelles

V.2.1.1) L'évaporation

Notre zone d'étude est caractérisée par un évaporation élevé durant l'été , ce qui provoque une perte d'eau importante avec une évaporation annuelle de 1286,7mm

IV.2.1.2) Le vent

C'est le facteur déterminant dans le choix de technique d'irrigation, notre zone d'étude est caractérisée par des vitesses faibles d'une part et moyenne d'autre part (2,3 m/s au moyen)

IV.2.1.3) Le sol

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

V.2.1.4) La pente

Notre périmètre à une pente qui varie de 2 % à 4% en général, donc cette dernière ne présente aucune contrainte particulière

IV.2.2) Les contraintes techniques

- Qualification de main d'œuvre
- Entretien du matériel

IV.2.3) Les contraintes agronomiques

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

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

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

Contraintes	Irrigation de surface		Irrigation par Aspersion	Irrigation localisé
	Par Rigole	Par Planche		
• Contraintes naturelle				
▪ Evaporation	+	+	++	++
▪ Vent (2,3 m/s)	+++	+++	++	+++
▪ Texture (limoneuse)	++	++	++	+++
▪ Perméabilité (moy)	++	++	+++	++
▪ Pente (2%)	+++	+++	+++	+++
▪ Qualité d'eau d'irrigation (bonne)	+++	+++	+++	+++
• Contraintes agronomique				
▪ Maraîchage	+++	++	++	+++
▪ Fourragère et céréales	□	+	+++	□
▪ arbres	+++	□	□	+++
• Contraintes technique				
▪ Personnels qualifié	+++	+++	+++	+++
• Contraintes économique				
▪ économie d'eau	□	□	++	+++
• Divers				
▪ adaptation à L'irrigation de nuit	++	+	+++	+++
▪ possibilité automatisation	□	□	+++	+++

Remarque :

- : Déconseillé
- +
- ++ : Adapté
- +++ : Très Adapté

Conclusion

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

Donc pour les cultures maraichères on opte l'irrigation par le goutte à goutte et comme le blé on opte l'irrigation par aspersion,

Chapitre V
Étude du système d'adduction

Introduction

Le calcul hydraulique a pour but de dimensionner les conduites en déterminant leurs diamètres tout en respectant les vitesses minimales admissibles et en minimisant les pertes de charge.

V.1) Calcul du débit fictif continu

Le but est de définir les débits nécessaires que le système d'irrigation doit véhiculer pour répondre à la demande en eau des cultures. Le débit spécifique est défini d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale. Ce débit spécifique est défini par la formule et permet de déterminer les débits à la parcelle et à l'entête de l'entité d'étude.

Tel que :

B : Besoin au mois de pointe net en m³/ha.

T : Temps d'irrigation par jour 16h / j

t : Durée d'irrigation en jours =26jours.

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

$$q_s = \frac{B_{net} \cdot 10 \cdot 1000}{N_h \cdot n_j \cdot 3600 \cdot 0.75}$$

$$q_s = \frac{460.5 \cdot 10 \cdot 1000}{16 \cdot 26 \cdot 3600 \cdot 0.75}$$

Le débit spécifique $q_s = 4,1$ l/s/ha est supérieure à 1, 5 l/s/ha

Donc on prend un débit spécifique moyen q_s moyen $q_s = 1.09$ l/s/ha

La surface du périmètre est égale à **1320 ha**

Donc le débit caractéristique est :

$$\begin{aligned} Q_c &= 1.09 \times 1320 = 1438,8 \text{ l/s} \\ &= 1,43 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

V.2 Choix de diamètre de la borne :

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

Tableau V.1 : Choix de diamètre de la borne.

Débit fourni Diamètre de la borne

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

Les caractéristiques des bornes et les îlots d'irrigation desservie sont donnés par le tableau ci-dessous :

Tableau V.2 diamètres des bornes pour CP3 (le secteur à réhabiliter)

Secteur principal	Secteur secondaire	N° Îlots	Sous parcelle	superficie (Ha)	Total Ilot (Ha)	N° Borne	débit borne (l/s)	Diamètre de la borne mm
CP3	CS31	I.31.1	I.31.1 .A	16	53	1	57,77	200
			I.31.1 .B	24				
			I.31.1 .C	8				
			I.31.1 .D	5				
		I.31.2	I.31.2.A	20	56	2	61,04	200
			I.31.2 .B	20				
			I.31.2.C	16				
		I.31.3	I.31.2.A	14	59	3	64,31	200
			I.31.2 .B	8				
			I.31.2.C	6				
			I.31.2.D	7				
			I.31.2 .E	15				
			I.31.2.F	19				
		I.31.4	I.31.3.A	12	60	4	65,4	200
			I.31.3 .B	10				
			I.31.3.C	7				
			I.31.4.D	16				
			I.31.4 .E	8				
			I.31.4.F	4				
			I.31.4.G	3				
		I.31.5	I.31.5.A	13	32	5	34,88	200
			I.31.5 .B	9				
			I.31.5.C	10				

Secteur principal	Secteur secondaire	N° Îlots	Sous parcelle	superficie (Ha)	Total Ilot (Ha)	N° Borne	débit borne (l/s)			
CP3	CS32	I.32.1	I.32.1 .A	18	40	6	43,6	200		
			I.32.1 .B	15						
			I.32.1.C	7						
		I.32.2	I.32.2.A	9	16	7	17,44	100		
			I.32.2 .B	7						
		I.32.3	I.32.2.A	4	12	8	13,08	100		
			I.32.2.B	8						
		I.32.4	I.32.3.A		56	9	61,04	200		
							349,12	9	421	

Tableau V.3 diamètres des bornes CP1 (la réhabilitation d'une conduite autonome)

Secteur principal	Secteur secondaire	N° Îlots	Sous parcelle	superficie (Ha)	Total Ilot (Ha)	N° Borne	débit borne (l/s)	Diamètre de la borne mm
CP1	CS11	I.11.1	I.11.1 .A	20	20	1	21 ,8	150
		I.11.2	I.11.2.A	21	21	2	22,89	150
		I.11.3	I.11.3.A	17	17	3	18,53	150
	Cs12	I.12.1	I.12.1.A	24	56	4	61,04	200
		I.12.2.B	9					
		I.12.2.C	17					
		I.12.2.D	29					
		I.12.3	I.22.3.A	12	62	6	67,58	200
			I.22.3.B	14				
I.22.3.C	19							
I.22.3.D	30							
I.12.4	I.22.4.A	30	59	7	64,32	200		
	I.22.4.B	40						

	290	7	316,11	
--	-----	---	--------	--

Choix du type de borne :

Le choix de la Borne dépend de la surface à irriguer :

- Pour les surfaces $S \leq 20ha$ on prend la Borne à type A a une seul prise
- Pour les surfaces $S \geq 25 ha$ on prend la Borne type B à multiprises

V.3 Dimensionnement hydraulique :

V.3.1 Calcul de la conduite de refoulement

La conduite de refoulement est prévue en fonte ductile. Son diamètre a été dimensionné pour véhiculer un débit de 1605 l/s soit $1.60 \text{ m}^3/\text{s}$, vers un bassin de régulation projeté qui est prévu en béton armé, de forme relativement rectangulaire sans coupole et d'une capacité de 17500 m^3 . La longueur totale de la conduite de refoulement est de 2905.4 m.

V.3.2 Les caractéristiques du système de refoulement sont résumées comme suit : (tableau)

- Côte du radier du bassin : 765 m
- Débit à refouler : $Q = 1605 \text{ l/s} = 1.60 \text{ m}^3/\text{s}$
- La conduite de refoulement :
- Nature = acier DN =1200 mm
- Cote station de pompage : 656,30m
- Hauteur géométrique(Hg) : 103m
- Longueur : 2905.40m
- Hauteur manométrique Totale (HMT) : 116m

V.3.3 Formule de Bonin :

Dans un premier calcul, le diamètre de la conduite de refoulement est approché par la formule de Bonin qui a pour expression :

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

Avec : Q : Débit en m^3/s

D : Diamètre en m

Pour un débit de $1,43 \text{ m}^3/\text{s}$ et pour une superficie ($2200ha \cdot 0,6 = 1320 \text{ ha}$) tel que 0,6 c'est le taux de simultanéité qui était arrêté lors de la conception de réseau, et qui dépend de la capacité de barrage et volume à pomper.

On obtient un 1200 diamètre de mm.

V.4 Le réseau gravitaire : réseau de distribution

V.4.1 Tracé du réseau de distribution:

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

- Il est important de chercher un profil en long aussi régulier que possible pour éliminer les contres pentes ;
- Dans le but d'économie du projet, le tracé doit être le plus court possible ;
- Éviter le phénomène de cavitation qui peut engendrer les éclatements et vibration de la canalisation au cours de la phase de surpression ;

V.4.2 Matériaux de construction des canalisations

a) 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.

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

Dans notre étude, Nous utiliserons les conduites en PEHD pour les conduites dont le diamètre est inférieur à 400 mm, et la fonte pour les conduites dont le diamètre est supérieur ou égal à 500 mm.

b) Dimensionnement des canalisations

Le dimensionnement optimal est une des problématiques auxquelles doit résoudre l'ingénieur. Dans un souci technico-économique, les dimensions des conduites doit répondre aux normes hydrauliques.

c) Vitesse admissible

La vitesse admissible varie entre 0.5 m/s, comme vitesse inférieure, et 2.5 m/s comme vitesse maximum. Dans notre étude, on prend une vitesse dans la conduite égale à 1.4 m/s

V.4.3 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 économique de l'ordre de 1.25m/s

V.4.4 Calcul des pertes de charge

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

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

Avec :

h_{pu} : perte 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

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

Les paramètres L, M et N sont déterminé en fonction de rugosité (**K**) selon le tableau suivant :

Tableau N°V.4 : Paramètres L, M, N en fonction de la rugosité

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

Pour une conduite en fonte ou en PEHD, nous avons la rugosité **K=0,1mm**, avec les paramètre suivants :

L=1.2, M=1.89, N= 5.19.

Les résultats de calculs sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau V.5 Les résultats de calculs hydraulique

N° du tronçon	Longueur du trnçon L(m)	Longueur du trnçon L(km)	débit Q(l/s)	débit Q(M3/S)	Diamètre calculé	Diamètre Normalise	V réelle (m /s)	Perte de charge total Δ Ht (m)	Cote terrain amont CTN (m)	Cote terrain aval Z (m)	cote piézométrique (m)	Pression au point P(m)
bassin-CP1	1250	1,25	316,11	0,316	0,53	600	1,11	2,41	765	711	762,59	51,59
Bassin-CP3(VS ₁)	700	0,7	349,12	0,349	0,60	60	1,4	2,3	765	722	764,2	42,2
VS ₁ -1	216	0,216	283,40	0,283	0,50	500	1,4	0,8	722	710	740,40	30,5
1-2	432	0,432	225,63	0,225	0,45	500	1,14	1,09	710	683	730,8	47,8
2-3	432	0,432	164,59	0,164	0,38	400	1,3	1,84	683	679	731	52
3-4	432	0,432	100,28	0,100	0,30	315	1,27	2,39	679	670	718,5	48,5
VS1-6	216	0,216	137,6	0,137	0,35	400	1,09	0,65	722	701	733,06	32,06
6-7	377	0,377	94	0,094	0,29	315	1,20	1,86	701	694	726	32
7-8	432	0,432	76,55	0,076	0,26	315	0,97	1,42	694	680	714,9	34,9
8-9	240	0,24	64,04	0,064	0,24	250	1,30	1,8	680	682	713,5	31,5

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié le système d'adduction du périmètre des ARRIBS, cette phase de calcul nous a permis :

De calculer le réseau d'adduction qui est constitué d'une conduite de refoulement en diamètre 1200mm ;

De projeter le réseau de distribution, du bassin de régulation 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.

Chapitre VI
Dimensionnement à la parcelle

Introduction

Le but de l'étude de dimensionnement est de concevoir un réseau d'irrigation localisée où la pression au niveau de chaque distributeur dans la rampe est suffisante pour lui permettre d'assurer le débit nécessaire. Ceci pour assurer une meilleure uniformité d'application de l'eau sur les parcelles de cultures. Le réseau établi doit être en mesure de cultures et répondre aux besoins de pointe en eau des cultures.

VI.1 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée

VI.1.1 Influence du taux de couverture du sol

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

K_r dépend du taux de couverture du sol ($C_s = 60\%$) pour les plantes peut être calculé par diverses formules proposées ci-après :

- KELLER et KARMELI (1974) :

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

- La formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_s + 0,5(1 + C_s)$$

Pour notre cas on considère un taux de couverture égal à 60% donc :

$K_r = 0.71$ selon Keller et Karmeli

$K_r = 0.80$ selon Freeman et Garzoli

On prendra un coefficient $K_r = 0.80$

VI.1.2 Dose nette (dose pratique)

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

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot D_a \cdot Z$$

Tel que : H_{cc} : humidité à la capacité au champ (26%)

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

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

Z : profondeur d'enracinement

D_a : densité apparente du sol ($D_a = 1$)

P : Pourcentage du sol humidifié, il est calculé comme suit :

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

Maraichères

P : Volume du sol humidifié

N : Nombre de point de distribution par arbre (1)

S_{pd} : Distance entre deux points de distribution voisins (1)

S_h : Largeur de la bande humidifiée (0,50m)
 S_r : Ecartement entre rangs de plants (1m)
 S_a : espacement des plants sur les rangs (0,8m)
 $P = 78\%$

Donc la dose nette corrigée devient: $Dp = Dp * 0,78$

VI.1.3 Calcul de la dose brute :

$$D_{brute} = \frac{Dp}{Cu * eff}$$

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

Eff : efficacité du réseau d'irrigation $Eff = 90\%$

VI.1.4 Fréquence des arrosages :

La fréquence des arrosages se calcule à partir des besoins en eau journaliers de la culture et de la dose nette apportée à chaque arrosage. La fréquence d'arrosage (intervalle entre 2 arrosages) est donnée par la formule suivante :

$$Fr = \frac{Dose\ nette}{Bjl}$$

Donc on prend un intervalle de **6 jours**.

VI.1.5 Durée d'arrosage par mois

$$\theta = \frac{Db * Sa * Sr}{n * qg}$$

VI.1.6 Durée d'arrosage journalier :

$$Dj = \frac{durée\ d'arrosage}{Fr}$$

VI.1.7. Nombre de poste : Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{Temps\ de\ travail}{Durée\ d'arrosage\ journalier}$$

VI.1.8 Surface de la parcelle :

$$Sp = \frac{Surface\ totale}{Nombre\ de\ poste}$$

Tableau VI.1 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée

Cultures	B _j (mm/j)	K _r	B _{jl} (mm/j)	dose nette (mm)	dose nette corrigé	Dose brute (mm)	Durée d'arrosage par mois	Durée d'arrosage journalier	Nombre de poste	Surface de la parcelle
Pomme de terre	3.84	0.8	3,07	59.40	46,33	57,19	18	3h 50min	4	1,12ha
Tomate	4.04	0.8	3,23	95,04	74,13	91,51	29	4	4	1,12ha

VI.2 Calculs hydrauliques

VI.2.1 Conditions hydrauliques

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

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

La variation maximale de la pression

$q = K.H$ avec $x=0.5$ (caractéristique du goutteur)

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

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

$H(n)$ pression nominal

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

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

VI.2.2 Le débit :

$$Q_r = Q_g \cdot N_r$$

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

Avec:

Q_r : Débit de rampe

Q_g : Débit des goutteur

N_g/r : Nombre des goutteurs par rampe

Nr : Nombre des rampes
Qpr: Débit de porte rampe

Avec : La longueur de la rampe (Lr) : 200. m
La longueur de la porte rampe (Lpr): 200 m

VI.2.2 1.Le nombre des plants par rampe:

$$N = L_r/E_r=200/0,8 = 250 \text{ plants}$$

VI.2.2 2.Nombre de goutteurs par rampe

$$N_g=P_{\text{plants}} * n =250*1= \mathbf{250 \text{ goutteurs}}$$

VI.2.2.3.Le nombre de rampes:

$$N_r=L_{pr}/E_r= 200/1=200 \text{ rampes}$$

Nombre goutteur total : 200*250= 50000

VI.2.2 4.Débit de la rampe:

$$Q_r=N_g*Q_g$$

$$Q_r= 250 *2 = 500 \text{ l/h}$$

VI.2.2.5.Débit de la porte rampe:

$$Q_{pr}=Q_r*N_r= 500*200=100000 \text{ l/h}$$

VI.3 Dimensionnement des différentes parties du réseau :

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

Le diamètre de rampes ainsi que des portes rampes est calculé d'après les formule suivante :

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

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

Avec :

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

VI.3.1 Vérification des pertes de charges :

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, on applique la formule de « Tison ».

La perte de charge unitaire

$$i = \frac{0.478}{2.75} \cdot D^{-4.75} \cdot Q^{1.75}$$

La perte de charge le long de la conduite en (m)

$$j = \frac{L}{2.75} \cdot i$$

Ou : L : la longueur de la conduite ;

Q : débit (l/h) ;

D : diamètre intérieur de la canalisation ;

VI.3.2 Calcul de caractéristique de la rampe :

Tableau VI.2 Caractéristique de la conduite de la rampe

culture	Surface ha	Lr(m)	Ng	Qr (l/h)	hr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse m/s	hcal(m)
Pomme de terre	4.45	200	250	500	1.2	18.4	20	0.442	0.442

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

VI.3.3. Calcul de caractéristique de la porte rampe :

Tableau VI.3 Caractéristique de la conduite de la porte rampe

culture	Surface ha	Lpr(m)	Nr	Qpr (l/h)	hpr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vitesse (m/s)	hcal(m)
Pomme de terre	4.45	200	250	125 000	0.6	160	160	11.572	0.683

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

D'après les deux tableaux précédents, on voit que les pertes de charges totales n'ont pas dépassé la limite imposée par la règle de Christiansen.

VI.3.4 Calcul des diamètres de la conduite tertiaire :

La conduite tertiaire alimente les deux parcelles de pomme de terre ayant une surface de 4.45ha.. Pour calculer le diamètre on doit fixer la Vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1.25 m/s tel que :

$$D = \sqrt{\frac{4.Q}{\pi V}} \text{ avec : } Q : \text{débit de la conduite considérée (m}^3\text{/s);}$$

$$V : \text{Vitesse d'écoulement (m/s).}$$

VI.3.5 Calcul de caractéristique de conduites tertiaire

Tableau VI.4 Caractéristique de la conduite tertiaire

culture	Surface ha	L(m)	Q (l/h)	V supposée (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
Pomme de terre	8.93	50	100 000	1.25	168	200	0.84.	0.057

VI.3.6 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 goutteur le plus défavorable (éloigné ou élevé).

A partir de ces résultats on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'à le goutteur le plus défavorable ; Donc la pression demandée à la borne égale a la pression nominale plus la somme des pertes de charges.

$$\Delta h = 10+0.44+0.68+0.057+1,25= 11.17\text{m ;}$$

Conclusion

En effet la réussite de ce type d'irrigation nécessite une bonne conception du projet, une installation bien faite, une bonne conduite et pilotage des arrosages et de la fertigation, et un bon entretien du réseau.

Chapitre VII : Calcul technico-économique

Introduction

L'étude économique d'un projet est indissociable de l'étude technique, car c'est à partir de ses résultats qui vont nous orienter vers la faisabilité économique du projet.

À titre d'exemple nous pouvons citer les enjeux de l'étude technico-économique :

- L'enveloppe à débloquer pour la réalisation du projet et sa disponibilité.
- Les intérêts économiques et sociaux du projet face à l'importance de l'enveloppe budgétaire débloquée.

Dans le cadre de notre travail, l'étude qui va suivre n'a pour but que de donner une estimation générale sur le coût que peut occasionner un projet de ce genre.

Après l'étude ou l'élaboration d'un tel projet, un aspect économique doit être pris en considération, pour cette raison on doit faire une estimation des frais.

VII.1. Devis du système d'adduction jusqu'à la borne

Les globaux des pièces sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau VII.1. Factures pro-forma des pièces d'adduction

Pièces	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Conduite de refoulement Ø1200 fonte	m/l	2900	22565	20202444,5
Conduite principal CP3 TubeØ600 PEHD	m/l	700	18414,38	1841438
Conduite principal CP1 TubeØ600 PEHD	m/l	1200	18414,38	76600690,3
TubeØ500 PEBD	m/l	648	11878,44	6442390,71
TubeØ400 PEBD	m/l	648m	7837,53	11522971,73
TubeØ315 PEHD	m/l	1296	4789,47	3052329,23
TubeØ250 PEHD	m/l	432	3036,16	1174295,60
Vanne de sectionnement	U	1	632 442	632 442
Borne d'irrigation	U	8	95 800	766400
Ouvrages de purge sur conduite	U	2	55 200	110400
Purgeur d'antennes	U	8	48 000	384000
Vanne	U	2	347 973	695946
Clapet anti retour Ø315	U	1	2 8748	28748
Conteur d'eau	U	8	2600	20800
Filtre à tamis métallique	U	1	13500	31200

Manomètre glycérine 10bars	U	1	832.92	13500
TOTAL 1				123519996,07

Sur 4ha on à : une porte rampe de 200m Ø 160mm
250 rampes sur un longueur de 200 mm Ø 20
250 goutteur

Tableau VIII.2: Factures pro-forma des pièces du réseau goutte à goutte

	Quantité	Longueur	Diamètre	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Porte rampes	1	200	Ø 160	420.14	420.14
Rampe	250	200	Ø20	34.01	1700500
Goutteur	62500			6.13	383125
TOTAL pour 4 ha					2125639
TOTAL Pour 400 Ha					212563900

VII.2.Calcul du volume de terrassement

VIII.2.1 Largeur du fond de la tranchée

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

$$B = d + (0.5-1.2)$$

Avec :

B : largeur de la tranchée (m)

d : diamètre de la conduite (m)

VII.2.2 profondeur de la tranchée

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

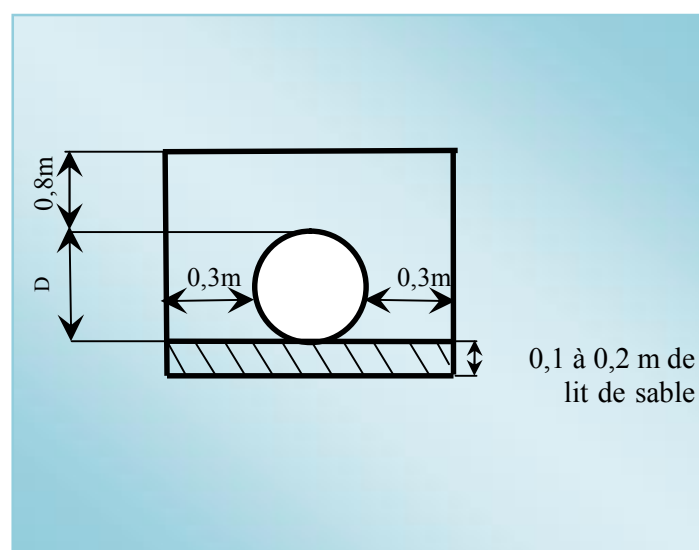


Figure VIII.1 :
tranchée

Schéma d'une

$H = e + d + h$ (m) Avec :

H : profondeur de la tranchée. (m)

- e : hauteur de lit de pose. (m)
 d : diamètre de la conduite. (m)
 h : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite.

VII.3 la conduite refoulement et principale

VIII.3.1 Calcul du volume de déblai

La surface à calculer est la surface rectangulaire

$$S=B*H$$

$$B = d + (0.5-1.2)$$

$$\text{Donc : } B=1+ \emptyset$$

$$H= 1+ \emptyset \text{ m}$$

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau V-2

Tableau VII.3: calcul du volume de déblai

Diamètre (mm)	longueur de la conduite (m)	largueur d'une tranchée b :(m)	Hauteur de La tranchée(m)	Volume de déblai (m3)
1200	2900	1,8	2,2	5222,2
600	700	1 .2	1.5	1260

VII.3.2 Calcul du volume de remblai

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

$$V_r = V_d-(V+V_s)$$

V_r : Volume du remblai compacté (m³)

V_d : Volume du déblai (m³)

V_s : Volume du sable

V : Volume occupé par la conduite (m³) ; $V = L * \left(\frac{\pi D^2}{4}\right)$

L : Longueur de la conduite

D : Diamètre de la conduite.

Dont les volumes des travaux pour la conduite sont représentés dans le tableau V-4.

Tableau VIII.4 .Calcul du volume de remblai

Diamètre (mm)	Déblai (m3)	Conduite (m3)	Sable (m3)	Remblai (m3)
1200	5222,2	3278,16	1044	900,04
600	1260	197,82	84	978,18

V.2.3. Devis estimatif pour le terrassement

Tableau VIII.5.Factures pro-forma terrassement, station de pompage et le réservoir.

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
1) déblai en terrain	m3	6482,2	300	1944660
2) lit de sable	m3	1128	800	902400
3) remblaiement de la tranchée	m3	1878,22	200	375644
TOTAL 02				3222704

VIII.2.4. Devis estimatif total

$D = \text{total 01} + \text{total 02} = 339306600,07 \text{ DA}$

Les prix unitaires sont fournis par la STPM-CHIALI en toute taxe.

Conclusion

D'après le coût de la projection des réseaux que nous avons obtenus, on remarque que l'estimation financière du réseau d'irrigation localisée est relativement importante. Cette élévation

est due à l'utilisation d'un nombre de conduites assez important, et à la filtration qui demande des équipements trop chers.

Cependant, tenant compte des potentialités qu'offre la wilaya d'Oum El Bouaghi, le projet est rentable à long terme.

Chapitre VIII
Tarifications de l'eau à usage agricole

Introduction :

Le coût énergétique du m³ de l'eau pompé est inabordable qu'il connut une augmentation progressive allant de 2005 à 2014 (environ **17%**) en plus d'autres charges liées à l'exploitation du périmètre irrigué des « Arribs ». Devant l'accroissement de ces charges en l'absence de la révision des tarifs, nous avons eu recours à un outil de simulation pour déterminer une nouvelle tarification qui vise à arrêter le coût réel du m³ d'eau pompé et délivré à la borne.

VII.1 Objectif de la tarification :

La mise en place d'une nouvelle tarification tend à couvrir les charges d'exploitation et de maintenance du périmètre irrigué en vue de garantir l'équilibre budgétaire, étant donné que l'office est sujette à un déficit financier, enregistré chaque année en raison de l'application du prix réglementé à 3.00 da /m³ pompé fixé dans le cadre du code des eaux – un tarif dérisoire, insuffisant et inférieur au coût de revient.

VII.2 Présentation de la formule tarifaire :

La formule du calcul de ce nouveau prix est présentée sous le format ci-dessous et utilisé suivant un outil de simulation pour le calcul des différents paramètres liés à la gestion de l'eau à usage agricole telles que :

Redevance eau, coût de revient, besoins par aides de l'état (subvention d'équilibre ou compensation tarifaire).

Tableau VII.1 Formule tarifaire :

Partie fixe		Partie variable
(cf_{globale} - sb_{etat}) x s	+	(Rd_{anbt} + Rd_{energie}) x v
<ul style="list-style-type: none"> • Cf: charges fixes à l'hectare da/ha • Sb : aide de l'état (da/ha) • S : superficie irrigable (ha) 		<ul style="list-style-type: none"> • Rd: redevance (da/m³) • V : volume utilisé (m³)

Le calcul est basé sur deux (02) paramètres principaux :

- Les charges fixes ou bien charges non proportionnelles au volume.
- Les charges proportionnelles au volume.

VII.2.1 Evaluation des charges fixes :

Elles représentent toutes les charges non proportionnelles au volume telles que les charges du personnel, entretien, provisions de renouvellement, partie fixe contrat sonelgaz, charges fiscales, et autres taxes liées à l'exploitation,

VII.2.2 Charges proportionnelles au volume :

Elles représentent la consommation du kw/m³ selon la répartition de la consommation en rapport aux différentes plages des horaires suivant le code **E41 (moyenne tension)** du tarif fixé dans le contrat d'abonnement établi entre l'o.p.i.bo/sonelgaz. A noter que le calcul du coût de la consommation d'énergie est amputé des redevances fixes, de la puissance mise

en disposition (**PMD**) et de la puissance maximale absorbée (**PMA**) qui, sont comptabilisées dans les charges fixes

VII.2.3 Principe de fonctionnement de l'outil de simulation :

La feuille de calcul principale est dénommée « formules » alors que les autres feuilles de calcul ne servent qu'aux détails des charges ou à l'extraction des données de cette feuille. Dans la feuille de calcul ou onglet « formules » se trouve le bouton servant au démarrage de la macro de calcul qui permet de tester les nombreuses hypothèses de volumes par niveau de redevances ANBT. Après avoir changé une des valeurs des hypothèses (par exemple, superficie, volume), il faut refaire tourner le modèle en cliquant sur l'onglet « formules » en appuyant sur le bouton.

A terme, les feuilles de calcul seront bloquées, seules seront modifiables les cellules en blanc. Pour l'instant, à titre de démonstration, seul l'onglet « aides etat » est verrouillé

VII.2.3.a) Paramétrage :

L'outil de simulation utilise les paramètres suivants :

- Volume pompé.
- L'efficacité.
- Besoins en eau de la culture en place. (pomme de terre culture dominante).
- Coût de la consommation en énergie électrique
- La capacité de contribution de l'utilisateur
- Satisfaction des besoins des plantes
- Taux de recouvrement.

VII.2.3.b) Caractéristiques de l'outil de simulation :

L'outil de simulation est caractérisé par :

- Un fichier EXCEL.
- Un onglet ou feuille de calcul par thèmes.
- Automatisation de certains calculs en boucle (macro) pour faire varier les hypothèses de volume affecté.
- Facilité de mise à jour de certaines données d'entrée (non bloquées) comme la tarification Sonelgaz, les salaires, redevance ANBT.

VII.2.3.c) Données de sortie (résultats obtenus) :

Pour une série de volumes affectés à l'irrigation, on doit prendre en compte :

- Le coût de revient du m³ d'eau distribué.
- La formule tarifaire proposée.
- Le montant annuel de la subvention d'équilibre
- Le montant de la compensation tarifaire.
-

VII.3 Methode d'estimation pour la subvention d'équilibre et la compensation tarifaire :

la méthode d'estimation interprétant les définitions du décret 05-183 du 05 mai 2005.

VII.3 .1 Compensation tarifaire (ct)

Elle est basée sur le coût de revient de l'eau selon le volume théorique, affecté (volume projet) , arrêté à 09 hm³.

- Si le coût de revient est inférieur à la capacité de contribution de l'utilisateur (redevance) . Dans ce cas , la compensation tarifaire serait nulle suivant formule :

$$C_r v_p < c_c \quad c_t = 0$$

- Dans le cas où le coût de revient du volume projet est supérieur à la capacité de contribution de l'utilisateur (redevance) , la compensation tarifaire correspond à la différence entre le coût de revient du volume projet et la capacité de contribution suivant formule :

$$C_t = C_{rvp} - c_c$$

VII.3 .Subvention d'équilibre (s_{eq}) :

Elle est basée sur le coût de revient de l'eau selon le volume théorique affecté (volume projet de 09 hm³) et d'autre part en rapport au cout de revient du volume réel , disponible (alloué) durant la campagne en cours .

- la subvention d'équilibre devra compenser la différence entre le coût de revient du volume projet et le cout de revient du volume disponible, ce qui provoque une sorte de variation dans la montant de la subvention annuelle attribuée en fonction de la disponibilité de la ressource en eau et qu'elle peut-être toutefois , estimée à l' avance sur la base des volumes moyens affectés sur les dernières années.

$$S_{eq} = c_r v_p - c_r v_d$$

Conclusion :

La tarification de l'eau à usage agricole a été basée initialement sur le principe du calcul d'un prix de vente réglementé, fixé à 2.00 da/m³ (code des eaux) – une redevance en pratique depuis la création de l'office en 1988 à ce jour . Au vu du déficit budgétaire, généré par le coût de revient, supérieur au prix de vente, nécessite une nouvelle tarification, exigeant un calcul avec la prise en compte de toutes les charges (exploitation, entretien et energie etc..). L'étude ordonnée par le bureau d'études étranger (b.r.l-france) avait donné des résultats encourageants, visant à éviter l'insolvabilité de l'o.p.i.bo sur la base d'un calcul avec un outil de simulation (logiciel) mettant en évidence tous les paramètres liés au fonctionnement de l'office.

L'étude avait fait estimé un coût de revient de **6.61 da/m³** pompé, délivré à la borne obligeant l'utilisateur à l'utilisation rationnelle de l'eau sans gaspillage.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE :

Ce mémoire de fin d'études que nous avons élaboré durant notre stage pratique à l'Office des Périmètres Irrigués de la Wilaya de Bouira, s'intitule « Etude de réhabilitation du Périmètre des Arribs ». Il est issu des prospections et recherches au niveau de cette structure dans le but de recueillir le maximum d'informations utiles à l'entame de cette étude sur la base des infrastructures existante. Cette étude vise une analyse et une réflexion dans le sens de la reconversion de systèmes d'irrigation classiques en système modernes tels que le système goutte à goutte.

En priorité, Nous avons mis en évidence une analyse sur les ressources naturelles caractérisant la région d'Ain-Bessam, lieu d'implantation du Périmètre des Arribs. Une région se trouvant dans une zone climatique, reconnue semi-aride. Cette condition, révèle, la faiblesse des ressources en eau où on ne compte qu'un seul barrage mixte (A.E.P/Irrigation) d'une capacité de 30 Hm³ à remplissage intermittent, ce qui provoque chaque année l'octroi d'une dotation en eau d'irrigation que partielle par rapport au volume réel affecté à l'irrigation.

Cette rétrospective générale sur la disponibilité de l'eau dans la région, nous a obligé à faire état d'un diagnostic détaillé avec illustration qui tend à innover un nouveau système d'irrigation (Goutte à Goutte) au lieu de systèmes classiques, dans le but d'économiser l'eau, la préserver, améliorer l'efficacité et augmenter les rendements.

En conséquence, nous avons constaté la vétusté des équipements et le dysfonctionnement de certains ouvrages hydrauliques (absence en particulier des compteurs volumétriques) et nécessitant une rénovation. A partir de l'indisponibilité de l'eau (quota partiel), nous avons jugé utile d'estimer les besoins en eau à usage agricole et selon l'historique des cultures mises en place, ce qui révèle que la culture de la pomme de terre est la plus dominante.

A cet effet, nous avons abouti aux résultats suivants : celles de prévoir l'octroi d'une dotation régulière, la nécessité d'un programme d'entretien permanent , la mise en place d'une conduite autonome (Bassin/CP1) , la reconversion unique du système d'irrigation vers le « Goutte à goutte » aux maraichages dans le secteur CP3 , l'aspersion pour les cultures céréalières et **la nécessité de la mise en application de la tarification obtenue en vue d'éviter le gaspillage de l'eau et la sensibilisation des usagers sur l'importance de cette ressource vitale .**

Nous espérons que ce travail théorique trouve un aspect pratique, et une réalisation sur terrain, et ceci pour mieux valoriser les grands périmètres d'irrigation en Algérie.

Bibliographie

BIBLIOGRAPHIQUES

BOULAINE, J, Pédologie appliquée (Masson, paris, 1980)

TOUIBIA.B; Manuel pratique d'Hydrologie, Presses MADANI Frères, Guerouaou-Blida, (2004), 166P.

MESSAHEL.M ; L'irrigation au goutte à goutte, Office Centrale des Publications Universitaires, Ben Aknoun-Alger, (1988), 339P.

TIERCELIN.J-R; Traité d'Irrigation 1^{ère} Edition, Lavoisier Tec & Doc, (1998), 1011P.

ZELLA.L; MICRO-IRRIGATION Théorie et Application, Office Centrale des Publications Universitaires, Ben Aknoun-Alger, (2010), 300P.

BULLTIN DE FAO N° 24, Irrigation et drainage, irrigation des vergers (INAF

DANIEL HILLAL L'eau et le sol ; principe et processus physique LOUVAIN – LA – VEUVE (1984).

Dénis Baize, Guide des analyses en pédologie, 2eme édition (É dition INRA 2000)

Jean_Robert Tiercelin, Traité de l'irrigation (Technique et documentation 1998).

Meghar M. 2008 : Dimensionnement d'un réseau d'adduction et de distribution du

Annexe I

Annexe I.1 : caractéristique hydrique 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 I.2 : valeurs de Z pour diverses cultures

2

Cultures	Z m
Tomates	1 - 1,2
Cultures maraîchères	<u>0,3</u> - <u>0,6</u>
Agrumes	1 - 1,2
Arbres fruitiers à feuilles caduques	1 - 2
Vigne	1 - 3

Annexe I.3 : les 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
Maïs doux	0.3-0.5	0.7-0.9	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Maïs grain	0.3-0.5*	0.7-0.85*	1.05-1.2*	0.8-0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
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						0.65-0.75
Agrumes sans sarclage						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 I.4 : durée des phases de développement des cultures

Culture	Init.	Dével	Mi	Arrière	Total	Date Plant	Région
Arachide	25 35	35 45	45 35	25 25	130 140	Saison sèche Mai/Juin	Afrique de l'Ouest Méditerranéen
Artichaud	40 20	40 40	250 220	30 30	360 310	Avr (1 an) Mai (2 yr)	Californie (couper en mai)
Aubergine	30 30	40 45	40 40	20 25	130 140	Octobre Mai/Juin	Régions arides Méditerranéen
Betterave	15 25	25 30	20 25	10 10	70 90	Avr/Mai Fév/Mars	Méditerranéen Méditerr. & R. Arides
Betterave sucrière	45 25 35	75 35 60	80 50 70	30 50 40	230 160 205	Novembre Mai Novembre	Méditerranéen Méditerranéen Régions arides
Blé/Orge	15 20 15	25 25 30	50 60 65	30 30 40	120 135 150	Novembre Mars/Avril Juillet	Inde (Centrale) 35-45 °Lat Afrique de l'Est
Blé d'hiver	30	140	40	30	240	Novembre	Méditerranéen
Carotte	20 30	30 40	50/30 60	20 20	100 150	Oct/Jan Fév/Mars	Climats arides Méditerranéen
Carthame	20 35	35 55	45 60	25 40	125 190	Avril Oct/Nov	Californie, USA Régions arides
Céleri	25 25	40 40	95 45	20 15	180 125	Oct Avril	Climats (semi)-arides Méditerranéen
Céréales	20 25	30 35	60 65	40 40	150 165	Avril Oct/Nov	Méditerranéen Pakistan; Rég. arides
Citrouille	20 25	30 35	30 35	20 25	100 120	Mars, Août Juin	Méditerranéen Europe
Concombre	20 25	30 35	40 50	15 20	105 130	Juin/Août Nov; Fév	Régions arides Régions arides
Coton	30 30 30	50 50 50	60 60 55	55 55 45	195 195 180	Mars;Avr/Mai Sept Avril	Egypte; Pakistan Yemen Texas
Courgette	25 20	35 30	25 25	15 15	100 90	Avril Mai/Juin	Médit.; R. Arides Médit.; Europe
Crucifères	20 25 30	30 35 35	20 25 90	10 10 40	80 95 195	Avril Février Oct/Nov	Méditerranéen Méditerranéen Méditerranéen
Epinard	20 20	20 30	25 40	5 10	70 100	Avr; Sep/Oct Novembre	Méditerranéen Régions arides
Haricots (sec)	20 15	30 25	40 35/50	20 20	110 95	Mai/Juin Juin	Climats Continental Pakistan, Calif.
Haricot (vert)	20 15	30 25	30 25	10 10	90 75	Fév/Mars Août/Sep	Calif., Méditerranéen Calif., Egypte, Liban
Laitue	20 30 25	30 40 35	15 25 30	10 10 10	75 105 100	Avril Nov/Jan Oct/Nov	Méditerranéen Méditerranéen Régions arides
Lentille	20 25	30 35	60 70	40 40	150 170	Avril Oct/Nov	Europe Régions arides

Culture	Init.	Dével	Mi	Arrière	Total	Date Plant	Région
Lin	25 30	35 40	50 100	40 50	150 220	Avril Octobre	Europe Arizona
Maïs (doux)	20 20 20	20 25 30	30 25 50/30	10 10 10	80 80 90	Mars Mai/Juin Oct/Déc	Philippines Méditerranéen Climats arides
Maïs (grain)	30 25 20 20 30	50 40 35 35 40	60 45 40 40 50	40 30 30 30 30	180 140 125 125 150	Avril Déc/Jan Juin Octobre Avril	Afrique de l'Est (alt.) Climats arides Nigeria (humide) Inde (sec, froid) Spain (spring, sum.)
Melon	25 30	35 45	40 65	20 20	120 160	Mai Déc/Jan	Méditerranéen Régions arides
Mil	15 20	25 30	40 55	25 35	105 140	Juin Avril	Pakistan USA (centre)
Oignon (sec)	15 20	25 35	70 110	40 45	150 210	Avril Octobre	Méditerranéen Régions arides
Oignon (vert)	25 20	30 45	10 20	5 10	70 95	Avril/Mai Octobre	Méditerranéen Régions arides
Pois	15 20	25 30	35 35	15 15	90 100	Mai Mars/Avril	Europe Méditerranéen
Poivron	25/30 30	35 40	40 110	20 30	125 210	Avril/Juin Octobre	Europe & Méditerr. Régions arides
Pomme de terre	25 25 30+15	30 30 35	30/45 45 50	30 30 30	115/130 130 145	Jan/Nov Mai Avril	Climats (semi)-arides Climat Continental Europe
Radis	10 10	10 10	15 15	5 5	40 40	Mars/Avril Hiver	Méditerr.; Europe Régions arides
Ricin	25	40	65	50	180	Mars	Climats (semi)-arides
Soja (fève)	20 20	30/35 25	60 75	25 30	140 150	Mai Juin	USA (Centre) Japon
Sorgho	20 20	35 35	40 45	30 30	130 140	Mai/Juin Mars/Avril	USA, Pakis., Méd. Régions arides
Tomate	30 35 30	40 45 40	40 70 45	25 30 30	135 180 145	Janvier Oct/Nov Avril/Mai	Régions arides Régions arides Méditerranéen
Tournesol	25	35	45	25	130	Avril/Mai	Médit.; Californie

Source : bulletin FAO d'irrigation et drainage n°24, tableau 22

Annexe II

Annexe II.1 Diamètres nominaux, extérieurs et intérieur des conduites en PEBD, PEHD

1) PEBD

Ø	PN 2.5	PN 4	PN 6	PN 10
16	1.2	1.4	1.8	2.7
20	1.3	1.5	2.3	3.4
25	1.4	1.9	2.8	4.2
32	1.6	2.4	3.6	5.4
40	---	3.0	4.5	6.7
50	---	3.7	5.6	8.3
63	---	4.7	7.1	10.5
75	---	5.6	8.4	12.5
90	---	6.7	10.1	15.0
110	---	8.1	12.3	18.3

Source : Chialli

2) PEHD

matériau	PN	Type de matériau	DN	Diamètre extérieur (mm)	Epaisseur (mm)	Diamètre intérieur (mm)
PEHD	PN16	PE80 - SDR9	20	20	2.3	15.4
			25	25	3	19
			32	32	3.6	24.8
			40	40	4.5	31
			50	50	5.6	38.8
			63	63	7.1	48.8
			75	75	8.4	58.2
		PE100 - SDR11	90	90	8.2	73.6
			110	110	10	90
			125	125	11.4	102.2
			140	140	12.7	114.6
			160	160	14.6	130.8
			180	180	16.4	147.2
			200	200	18.2	163.6
			225	225	20.5	184
			250	250	22.7	204.6
			315	315	28.6	257.8
			400	400	36.3	327.4
			500	500	45.4	409.2
			630	630	57.2	515.6

Source : Chialli