



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

**Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre Collo
secteur 2 (180ha) à partir du barrage Béni Zid (W. Skikda)**

Présenté par :

MELIANI Amina

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
MEDDI Mohamed	Professeur	Président
SADOUNE Samra	M.C.A	Examineur
MAZOUZI Sabra	M.A.A	Examineur
BENKACI Ali Tarek	M.C.A	Promoteur

Dédicaces:

Du fond de mon cœur, je dédie ce modeste travail à tous ceux qui me sont chers,

À ma chère maman, ma raison de vivre, la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, en témoignage de ma reconnaissance pour son amour sa patience et ses sacrifices.

À mon cher papa, mon pilier dans cette vie, l'homme qui m'a appris m'a supporté et m'a dirigé vers la gloire.

À vous mes parents, je dis merci d'avoir fait de moi celle que je suis aujourd'hui aucune dédicace ne pourra exprimer mes respects mes considérations et ma grande admiration pour vous. Puisse ce travail vous témoigne mon affection et mon profond amour.

À ma chère sœur Anissa, et mes chers frères Belkacem et Sid Ali, qui je le sais, ma réussite est très importante à leurs yeux. Qu'Allah vous garde pour moi.

À mon trio préféré Nabila, Zineb et Yasmine, celles qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de mon parcours vous êtes mes sœurs pas mes cousines.

A toutes les personnes de ma grande famille je vous dédie ce travail.

À ma plus belle rencontre à l'ENSH mes meilleures copines Aya et Fella merci d'être toujours là pour moi, et moi je serai toujours là pour vous, qu'Allah garde notre amitié.

À la personne qui fait ressortir la meilleure version de moi-même, je te souhaite une vie pleine de réussite. Que ton nouveau départ t'apporte le bonheur que tu mérites.

MELIANI Amina

Remerciements:

بسم الله الرحمن الرحيم

Avant tout je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers Allah tout puissant de m'avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, ce travail n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de

Mr T. BENKACI, je le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant la préparation de ce mémoire.

Mes vifs remerciements vont aussi à Mme K. TEBIZI chef de département étude à l'ONID Alger pour les données nécessaires qu'elle m'a fournies tout l'aide qu'elle m'a apporté, je remercie également tout le personnel de l'ONID Alger qui ont contribué de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

Mes remerciements s'adressent également à tous mes professeurs à l'école nationale supérieure d'hydraulique qui m'ont fourni une bonne formation et pour m'avoir transmis des connaissances et des compétences dans le domaine d'hydraulique en particulier et l'ingénierie en générale.

Je remercie aussi mes copines LATRECHE Fella et LAIBI Aya Anfal pour tous les aventures et les souvenirs, merci d'être mes partenaires de vie.

Je ne saurais terminer ces remerciements sans un mot de gratitude aux membres de jury qui m'ont fait l'honneur d'accepter de juger ce modeste travail et d'avoir pris sur eux la charge d'examiner et d'évaluer le fruit de mes efforts.

ملخص :

تهدف هذه المذكرة في الأساس إلى تخطيط شبكة سقي جديدة في سهل الفل بولاية سكيكدة. تعتمد دراستنا على نظام السقي من سد بني زيد بهدف سقي القطاع 2 بمساحة 180 هكتار من الأراضي الصالحة للزراعة. وبعد تحليل المعطيات المناخية والتربة والزراعية، أصبح من الممكن اختيار المحاصيل التي سيتم زراعتها في المنطقة بحكمة مع تقدير الاحتياجات المائية. وأوصينا باستخدام تقنيات السقي الفعالة لضمان إمدادات المياه الكافية من حيث التدفق والضغط، مع ضمان الاستخدام الأمثل للموارد المائية. توفر هذه الطريقة إمكانية زيادة غلة المحاصيل مع تقليل التكاليف.

الكلمات المفتاحية: شبكة سقي، أراضي زراعية، محاصيل.

Résumé :

Ce mémoire vise principalement à projeter un nouveau réseau d'irrigation dans la plaine de Collo dans la wilaya de Skikda. Notre étude repose sur un système d'irrigation à partir du barrage de Béni Zid, en vue d'irriguer le secteur 2 d'une superficie de 180 ha de terres cultivables. Après analyse des données climatologiques, pédologiques et agronomiques, il a été possible de choisir de manière judicieuse les cultures à planter dans la région et d'estimer les besoins en eau. Nous avons recommandé l'utilisation de techniques d'irrigation efficaces afin d'assurer un approvisionnement en eau adéquat en termes de débit et de pression, tout en veillant à une utilisation optimale des ressources en eau. Cette méthode offre la possibilité d'accroître les rendements des cultures tout en minimisant les coûts.

Mots clés: réseau d'irrigation, terres cultivables, cultures

Abstract:

This dissertation mainly aims to plan a new irrigation system in the Collo plain in the wilaya of Skikda. The study is based on an irrigation system from the Beni Zid dam, to irrigate sector 2 with an area of 180 ha of arable land. After analysis of climatological, soil and agronomic data, it was possible to judiciously choose the crops to be planted in the region and to estimate water needs. We recommended the use of efficient irrigation techniques to ensure adequate water supply in terms of flow and pressure, while ensuring optimal use of water resources. This method offers the possibility of increasing crop yields while minimizing costs.

Key words: Irrigation system, Arable land, Crop.

Table des matières:

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale

Chapitre I: analyse des conditions naturelles

Introduction

I.2: Situation géographique de la wilaya de Skikda.....	4
I.3: Présentation de la zone d'étude: le périmètre de Collo.....	5
I.4: Aperçu géologique et hydrogéologique.....	6
I.5: Géomorphologie et Relief.....	7
I.6: Analyse de la situation climatologique.....	7
I.6.1: Choix de la station de référence.....	8
I.6.1.1: La température.....	8
I.6.1.2: La pluviométrie.....	9
I.6.1.3: Le vent.....	10
I.6.1.4: L'humidité relative.....	10
I.6.1.5: L'insolation.....	11
I.6.1.6: Le sirocco.....	11
I.6.2: Calcul des indices Agro-météorologiques.....	11
I.6.2.1: Indice d'aridité de Martonne.....	11
I.6.2.2: Quotient Ombrothermique d'Emberger.....	12
I.6.2.3: Indice de Bagnouls et Gaussen.....	12
I.7: Etude socio-économique.....	13

Conclusion

Chapitre II : Ressources en eau-Ressources en sol

Introduction

II.2: Ressources en eau.....	16
II.2.1: Caractéristiques du Barrage de Beni Zid.....	16
II.2.2: Qualité de l'eau du barrage de Béni Zid.....	17
II.3: Classification des eaux de l'irrigation.....	17
II.3.1: Risque lié à la salinité.....	17
II.3.2: Risques d'alcalinisation.....	18
II.4: Ressources en sol.....	20
II.4.1: Description et classification des sols du périmètre.....	20
II.4.1.1: Classe des vertisols.....	20
II.4.1.2: Textures du sol.....	21
II.4.1.3: Interprétations des résultats.....	22

II.4.2: Les paramètres hydrodynamiques des sols.....	22
II.5: Etude des aptitudes culturales.....	23
II.6: Calcul de la pluie de projet.....	23
II.6.1: Choix de la station pluviométrique.....	23
II.6.2: Test de d'homogénéisation de Mood.....	24
II.6.3: Ajustement de la série pluviométrique.....	25
II.6.3.1: Ajustement à la loi de Gauss (loi normale).....	25
II.6.3.2: Ajustement à la loi de Galton ou loi log –Normale.....	26
II.6.3.3: Test de fiabilité des ajustements.....	26
Conclusion	

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Introduction	
III.2: Besoins en eau du périmètre.....	29
III.2.1: Estimation des besoins en eau pour l'irrigation.....	29
III.2.2: L'évapotranspiration de référence (ET ₀).....	30
III.2.2.1: Les méthodes directes.....	30
III.2.2.2: Les méthodes indirectes.....	30
III.2.3: Calcul de la pluie efficace.....	31
III.2.4: Calcul de la réserve en eau du sol (RS _i).....	32
III.3: Choix des cultures.....	32
III.3.1: Assolement et rotation des cultures.....	33
III.3.2: Estimation des coefficients culturaux (K _c).....	34
III.3.3: Estimation des besoins en eau des cultures.....	35
III.3.3.1: Les céréalicultures.....	35
III.3.3.2: Les cultures maraîchères.....	36
III.3.3.3: L'arboriculture.....	38
III.4: Besoins en eau pour les assolements (1) et (2).....	39
III.5: Calcul du débit spécifique.....	40
III.6: Calcul du débit caractéristique.....	40
III.7: Estimation des volumes d'eau d'irrigation.....	41
Conclusion	

Chapitre IV : Etude de système d'adduction-distribution

Introduction	
IV.2: Alimentation en eau du périmètre.....	43
IV.3: Organisation du périmètre.....	44
IV.3.1: Îlots et bornes d'irrigation.....	44
IV.3.2: Choix de diamètre et de type de bornes.....	44
IV.3.2.1: Calcul hydraulique des bornes.....	44

IV.3.3: Description de l'aménagement hydro-agricole du périmètre.....	46
IV.4: Etude du système de pompage.....	46
IV.4.1: Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation.....	47
IV.4.2: Calcul de la hauteur géométrique Hg.....	47
IV.4.3: Calcul des pertes de charge totales.....	48
IV.5: Calcul des frais d'exploitation.....	49
IV.6: Calcul des frais d'investissement.....	49
IV.7: Le bilan total des frais.....	50
IV.8: Choix du nombre et du type de pompes.....	51
IV.8.1: Choix des pompes.....	51
IV.8.2: Protection contre la cavitation.....	52
IV.8.3: Protection contre le coup de bélier.....	53
IV.9: Dimensionnement du réservoir de stockage.....	54
IV.10: Etude de système adduction-distribution (desserte gravitaire).....	54
IV.10.1: Choix du matériau des conduites.....	54
IV.10.2: Calculs hydrauliques.....	55
IV.10.2.1: Calcul des pressions des nœuds et des bornes.....	55
Conclusion	

Chapitre V : Techniques d'irrigation

Introduction

V.2: L'irrigation de surface.....	60
V.2.1: Irrigation par sillons.....	60
V.2.2: Irrigation par planches.....	61
V.2.3: Irrigation par bassins.....	61
V.2.4: Avantages et inconvénients de l'irrigation de surface par gravité.....	62
V.3: L'irrigation sous-pression.....	62
V.3.1: L'irrigation par aspersion.....	62
V.3.1.1: Schéma d'un réseau d'aspersion.....	63
V.3.1.2: Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion.....	63
V.3.2: L'irrigation goutte à goutte.....	63
V.3.2.1: Schéma d'un réseau goutte à goutte.....	63
V.3.2.2: Avantages et inconvénients de l'irrigation goutte à goutte.....	64
V.4: Choix de la technique d'irrigation.....	65
V.4.1: Contraintes naturelles.....	65
Conclusion	

Chapitre VI: Dimensionnement à la parcelle

Introduction

VI.2: Dimensionnement d'un réseau d'irrigation au goutte à goutte.....	67
VI.2.1: Données générales.....	67
VI.2.1.1: Choix de culture.....	67
VI.2.1.2: Choix de réseau d'irrigation.....	67
VI.2.2: Calcul de l'évapotranspiration corrigée.....	67
VI.2.3: Calcul de la dose d'irrigation corrigée.....	68
VI.2.4: Fréquence d'arrosage.....	68
VI.2.5: Calcul de la dose réelle et brute.....	68
VI.2.6: Temps d'arrosage.....	69
VI.2.7: Calcul hydraulique des rampes et la porte rampe.....	69
VI.2.7.1: Condition de Christensen.....	69
VI.2.7.2: Les débits.....	70
VI.2.7.3: Nombre des ceps de vigne par rampe.....	70
VI.2.7.4: Nombre des goutteurs par rampe.....	70
VI.2.7.5: Nombre des rampes.....	70
VI.2.7.6: Diamètre des rampes et la porte rampe.....	70
VI.2.7.7: Vérification des pertes de charge.....	71
VI.2.8: Dimensionnement de la conduite tertiaire.....	71
VI.2.9: Récapitulatif de réseau d'irrigation au goutte à goutte.....	72
VI.3: Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion.....	72
VI.3.1: Données générales.....	72
VI.3.1.1: Choix de parcelle.....	72
VI.3.1.2: Choix de culture.....	72
VI.3.2: Calcul de la dose pratique.....	72
VI.3.3: Dimensionnement de l'asperseur.....	73
VI.3.3.1: Choix du diamètre de la buse.....	73
VI.3.3.2: Calcul de la portée.....	73
VI.3.3.3: Calcul des écartements.....	73
VI.3.3.4: Vérification de la pluviométrie de la buse.....	73
VI.3.4: Détermination des paramètres d'arrosages.....	74
VI.3.4.1: Calcul du tour d'eau.....	74
VI.3.4.2: Dose réelle.....	74
VI.3.4.3: Dose brute.....	74
VI.3.4.4: Temps d'arrosage.....	74
VI.3.4.5: Débit d'équipements.....	75

VI.3.5: Calcul hydraulique des rampes et la porte rampe.....	75
VI.3.5.1: Calcul de la longueur du la rampe.....	75
VI.3.5.2: Nombre des asperseurs par rampe.....	75
VI.3.5.3: Nombre des rampes.....	75
VI.3.5.4: Diamètre de la rampe.....	75
VI.3.5.5: Calcul du la longueur de la porte rampe.....	76
VI.3.5.6: Débit de la porte rampe.....	76
VI.3.5.7: Diamètre de la porte rampe.....	76
VI.3.6: Vérification des pertes de charge de la rampe et la porte rampe.....	76
VI.3.7: Dimensionnement de la conduite tertiaire.....	76
VI.3.8: Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion.....	77
Conclusion	

Chapitre VII: Analyse technico-économique

Introduction

VII.2: Les phases des réalisations des réseaux d'adduction et de distribution.....	79
VII.3: Volumes de terrassement.....	80
VII.3.1: Dimensions des tranchées.....	80
VII.3.1.1: Profondeur de la tranchée.....	80
VII.3.1.2: Section de la tranchée.....	80
VII.3.1.3: Volume de la tranchée.....	80
VII.3.2: Calcul des volumes de terrassement.....	81
VII.3.2.1: Volume de déblai.....	81
VII.3.2.2: Lit de pose.....	81
VII.3.2.3: Volume occupé par la conduite.....	82
VII.3.2.4: Volume de remblai.....	82
VII.4: Calcul de coût de projet.....	83
VII.4.1: Coût de réseau d'adduction et de distribution.....	83
VII.4.2: Coût du réservoir de stockage.....	84
VII.4.3: Coût de la station de pompage.....	84
VII.4.4: Coût total de projet.....	85

Conclusion

Conclusion générale

Références bibliographique

Annexe

Liste des figures et des photos:

Chapitre I: analyse des conditions naturelles

Figure I.1 : Carte de situation géographique de la wilaya de Skikda.....	4
Figure I.2 : Situation géographique de la plaine de Collo.....	5
Figure I.3 : Carte géologique de l'Algérie nord-orientale.....	6
Figure I.4 : La Géomorphologie de la zone de l'étude.....	7
Figure I.5 : Evolution des températures mensuelles de l'air.....	8
Figure I.6 : Répartition des pluies moyennes annuelles en mm.....	9
Figure I.7 : Evolution de l'humidité moyenne mensuelle (en %).....	10
Figure I.8 : le diagramme bioclimatique d'Emberger.....	12
Figure I.9 : Le diagramme Ombrothermique de Gaussen.....	13

Chapitre II : Ressources en eau-Ressources en sol

Figure II.1 : Diagramme de la classification des eaux d'irrigation de l'USSL (1954).....	19
Figure II.2 : Analyse texturale des sols (selon l'USDA).....	22
Figure II.3 : Histogramme des données pluviométriques de la station Tamalous.....	24
Figure II.4 : ajustement des pluies à la loi log-normale et à la loi normale.....	26

Chapitre IV : Etude de système d'adduction-distribution

Figure IV.1 : Carte Satellite du périmètre d'étude de Collo et le barrage de Beni Zid.....	43
Figure IV.2 : Analyse technico-économique du diamètre de refoulement.....	51

Chapitre V : Techniques d'irrigation

Photo V.1 : Irrigation par sillons.....	60
Photo V.2 : Irrigation par bassins.....	61
Photo V.3 : Irrigation par asperseurs.....	62
Photo V.4 : Irrigation au goutte à goutte.....	64

Liste des tableaux:

Chapitre I: analyse des conditions naturelles

Tableau I.1 : caractéristiques de la station météorologiques de Skikda.....	8
Tableau I.2 : Températures moyennes mensuelles (2000-2021).....	8
Tableau I.3 : caractéristiques de la station météorologiques de Tamalous.....	9
Tableau I.4 : Pluies moyennes mensuelles.....	9
Tableau I.5 : Vitesses mensuelles du vent.....	10
Tableau I.6 : L'humidité relative moyenne mensuelle en %.....	10
Tableau I.7 : Durée d'insolations moyennes mensuelles en heures.....	11
Tableau I.8 : Classification du climat selon de Martonne.....	11

Chapitre II : Ressources en eau-Ressources en sol

Tableau II.1 : Caractéristiques principales de barrage Béni Zid.....	16
Tableau II.2 : Résultats de l'analyse de l'eau de barrage Béni Zid.....	17
Tableau II.3 : Risque d'irrigation en fonction de la salinité.....	18
Tableau II.4 : Le risque d'irrigation en fonction de la valeur du SAR.....	19
Tableau II.5 : profil pédologique.....	21
Tableau II.6 : les caractéristiques hydrodynamiques des sols argilo-limoneux.....	23
Tableau II .7 : Caractéristiques de la station pluviométrique Tamalous.....	23
Tableau II.8 : Caractéristiques de la série pluviométrique de pluies annuelles.....	24
Tableau II.9 : Test de la médiane de la série pluviométrique.....	25
Tableau II.10 : les paramètres de test de KHI carré.....	26
Tableau II.11 : Résultats de l'ajustement des pluies annuelles par la loi de log-normale...	27
Tableau II.12 : les pluies moyennes mensuelles pour l'année sèche.....	27

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Tableau III.1: Evapotranspiration de référence ET_0 calculée par logiciel CROPWAT.....	31
Tableau III.2: Pluie efficace calculée par logiciel CROPWAT.....	32
Tableau III.3: Les cultures proposées pour le périmètre Collo.....	33
Tableau III.4 : Assolement proposé.....	34
Tableau III-5 : Le cycle végétatif des cultures proposées.....	34
Tableau III-6 : Les besoins en eau de Blé.....	35
Tableau III-7 : Les besoins en eau de l'Orge en vert.....	35
Tableau III.8 : Les besoins en eau de l'Orge en grain.....	36
Tableau III.9 : Les besoins en eau de la Pomme de terre (S).....	36
Tableau III.10 : Les besoins en eau de la Pomme de terre (AS).....	36
Tableau III.11 : Les besoins en eau de la Tomate.....	37
Tableau III.12 : Les besoins en eau de Betterave.....	37
Tableau III.13 : Les besoins en eau du Haricot.....	37

Tableau III.14 : Les besoins en eau de l’Ail.....	38
Tableau III.15 : Les besoins en eau de l’Oignon sec.....	38
Tableau III.16 : Les besoins en eau de Cerisier.....	38
Tableau III.17 : Les besoins en eau du Vigne.....	39
Tableau III.18 : Besoins en eau nets de l’assolement (1).....	39
Tableau III.19 : Besoins en eau nets de l’assolement (2).....	39
Tableau III.20 : Volumes d’eau d’irrigation.....	41

Chapitre IV : Etude de système d’adduction-distribution

Tableau IV.1 : Choix du diamètre de la borne en fonction de débit de la borne.....	45
Tableau IV.2 : Choix du type des bornes.....	45
Tableau IV.3 : Calcul des débits des ilots et choix du type des bornes.....	45
Tableau IV.4 : Les résultats du calcul de la HMT pour les différents diamètres.....	48
Tableau IV.5 : Calcul des frais d’exploitation.....	49
Tableau IV.6 : Calcul des frais d’investissement.....	50
Tableau IV.7 : bilan des frais.....	50
Tableau IV.8 : résultat de choix des pompes par le logiciel CAPRARI.....	52
Tableau IV.9 : calcul de réservoir d’air.....	53
Tableau IV.10 : Calcul du réseau de distribution.....	56

Chapitre VI: Dimensionnement à la parcelle

Tableau VI.1 : Récapitulatif de réseau d’irrigation au goutte à goutte.....	72
Tableau VI.2 : Récapitulatif de réseau d’irrigation par aspersion.....	77

Chapitre VII: Analyse technico-économique

Tableau VII.1 : Calculs des dimensions des tranchées pour différents diamètres.....	81
Tableau VII.2 : les résultats de calcul des volumes de terrassement.....	82
Tableau VII.3 : Estimation du réseau d’adduction et de distribution.....	83
Tableau VII.4 : Estimation du coût des pièces spéciales du réseau d’adduction.....	83
Tableau VII.5 : Estimation de coût du réservoir de stockage.....	84
Tableau VII.6 : Estimation de coût de la station de pompage.....	85
Tableau VII.7 : Estimation de coût total de projet.....	85

Liste des planches:

Planche 1: Plan de situation du périmètre Collo secteur 2.

Planche 2: Plan de réseau adduction-distribution.

Planche 3: Plan des profils en long.

Planche 4: Plan d'une parcelle goutte à goutte.

Introduction générale

Introduction générale

A l'échelle mondiale, l'agriculture consomme plus de 70% de l'eau mobilisée, mais avec une efficacité inférieure à 50%, ce qui fait que l'agriculture est le secteur d'activité le plus consommateur d'eau. Depuis le début du XXe siècle, la superficie des terres cultivées a considérablement augmenté pour faire face à l'accroissement de la population et des besoins alimentaires. Mais les conditions climatiques particulièrement le manque de précipitations et leur mauvaise répartition dans l'espace et dans le temps se sont répercutées négativement sur les pratiques agricoles et les rendements des cultures.

En Algérie, avec l'accroissement démographique, les besoins en eau agricoles se sont accrus, et afin d'assurer la sécurité alimentaire, il faudra mobiliser plus de 10 milliards de m³/an, sachant que les sécheresses consécutives ont abaissé le potentiel hydrique du pays. Pour cela l'irrigation joue un rôle crucial car elle constitue un outil de gestion durable de l'eau, et permet la diversification des cultures et garantit un équilibre entre les cultures saisonnières, ce qui renforce la sécurité alimentaire.

La plaine de Collo dans la wilaya de Skikda, représente un véritable grenier de produits agricoles, de par ses terres fertiles et sa situation stratégique, elle alimente plusieurs régions de l'Est Algérien en produits maraîchers.

Cependant, à défaut d'une irrigation planifiée, et en l'absence d'un réseau d'irrigation efficace, plusieurs périmètres sont mal gérés, et les rendements agricoles sont relativement bas, aboutissant ainsi à une agriculture extensive.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre mémoire, il a pour but l'aménagement hydro-agricole de la plaine de Collo, où notre étude sera focalisée sur le périmètre du secteur 2, d'une surface de 180 hectares, qui sera irrigué à partir du barrage de Beni Zid. L'objectif principal est de projeter un réseau d'adduction efficace, avec des techniques d'irrigation modernes au niveau des parcelles, ce qui permettra d'augmenter les rendements agricoles à court et à moyen terme.

Chapitre I :
Analyse des conditions
naturelles

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Introduction

Dans un projet d'irrigation il est indispensable d'analyser toutes les conditions naturelles de la région d'étude, ce qui permet de caractériser le périmètre du point de vue physique et climatique.

L'objectif de ce chapitre est de mieux comprendre les particularités de la zone d'étude et ses caractéristiques, afin de mieux concrétiser un aménagement hydro-agricole et d'optimiser les ressources en eau et en sol du périmètre qui est situé dans la plaine de Collo dans la wilaya de Skikda.

I.2 Situation géographique de la wilaya de Skikda :

La wilaya de Skikda est située dans la partie Nord-Est du pays. Elle s'étend sur une superficie de 4 118 km² et elle compte 13 daïras et 38 communes.

La wilaya de Skikda est limitée :

- ♣ Au nord, par la mer Méditerranée ;
- ♣ A l'est, par la wilaya d'Annaba ;
- ♣ Au sud, par les wilayas de Constantine, Mila et Guelma ;
- ♣ A l'ouest, par la wilaya de Jijel.

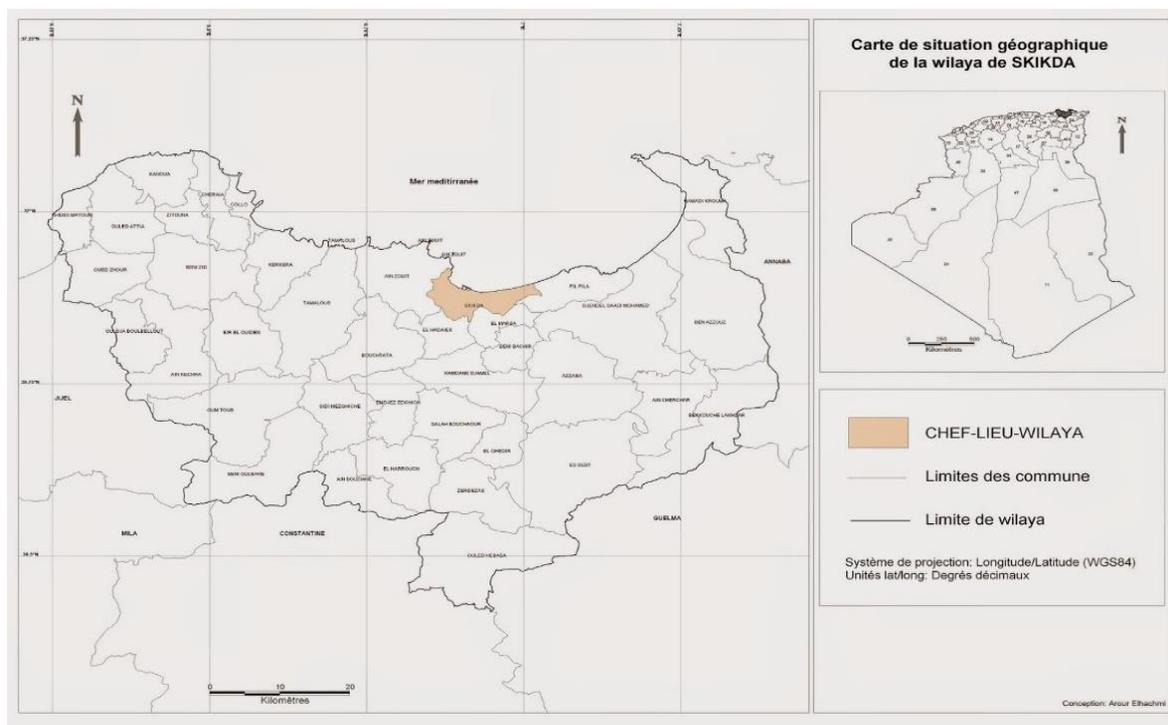


Figure I.1 : Carte de situation géographique de la wilaya de Skikda.

I.3 Présentation de la zone d'étude: le périmètre de Collo :

La plaine de Collo, est une plaine littorale de 1600 ha environ, bien individualisée au milieu d'un cadre montagneux, située en bordure de la mer bénéficiant ainsi des faveurs du climat. Cette plaine correspond au bassin inférieur de deux oueds :

- L'oued Guebli provenant du Sud Est, long de 40 km
- L'oued Beni zid, provenant du sud-ouest et qui sera partiellement contrôlé par le barrage de Beni Zid.

L'air d'étude correspond à la plaine alluviale septentrionale de l'oued Guebli qui s'organise en un triangle encaissé et liseré dans sa partie et qui s'élargit au Nord, elle est limitée :

- A l'Est par les monts de Tokla.
- Au Sud et au Sud-Est par les villages de Sidi Ali Charef, Boulgartoum et Kerkra.
- A l'Ouest par l'oued Cheurka.
- Au nord par le cordon Dunaire.

La surface totale de la plaine étudiée est environ 1600 ha (surface brute) mais après l'analyse, le périmètre finalement retenue occupe une surface de 1200 ha.

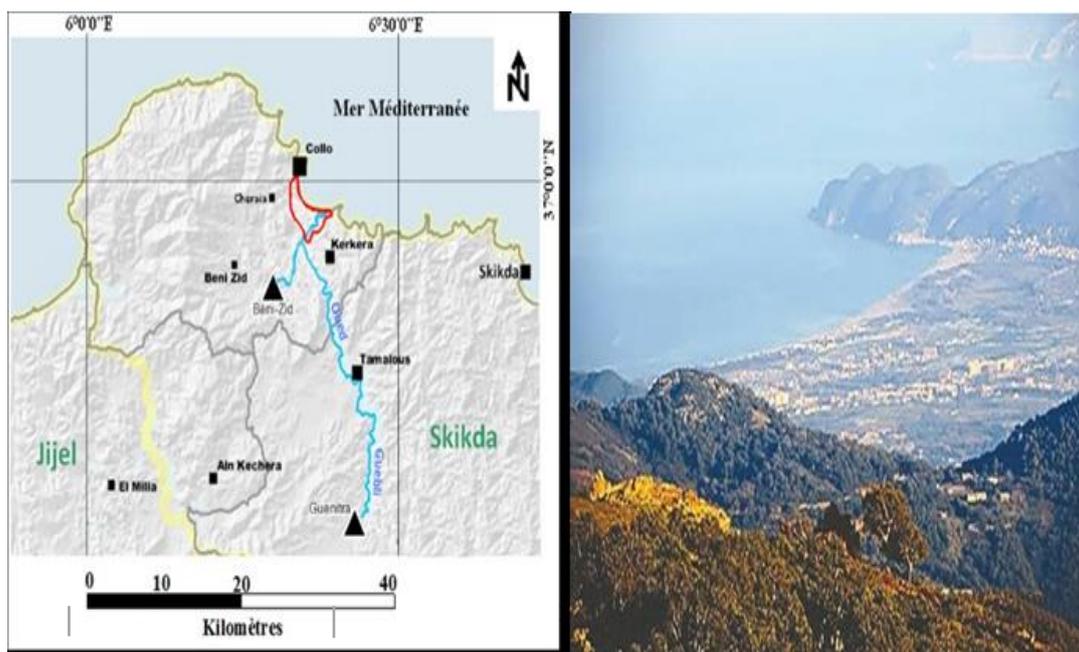


Figure I.2 : Situation géographique de la plaine de Collo.

(Djabri L. & al. / Larhyss Journal, 38(2019))

En vue d'une organisation de la production agricole, la plaine de Collo **1200 ha** est divisée en plusieurs secteurs, notre périmètre concerne le secteur « 2 » d'une superficie totale de de **180 ha**. Notre étude vise à équiper cette zone avec un système d'irrigation par adduction, utilisant de l'eau provenant du barrage Beni Zid.

I.4 Aperçu géologique et hydrogéologique :

La plaine de Collo comprend les zones alluviales de l'oued Beni Zid et surtout la vallée de l'oued Guebli. Cette vallée d'origine tectonique datant du pliocène est taillée dans un massif de roches métamorphiques (micaschistes et gneiss) au pied duquel est construite la vallée de Collo.

Sur cette roche métamorphique des sédiments marins en majeure partie argileuse se sont déposés :

- Des marnes à lentilles gréseuses du miocène (Numidien).
- Des marnes bleues du pliocène inférieur.

La plaine côtière de Collo, plaine alluviale des oueds Beni Zid et Guebli a été formée par les apports solides des oueds partiellement remaniés par la mer au voisinage du littoral.

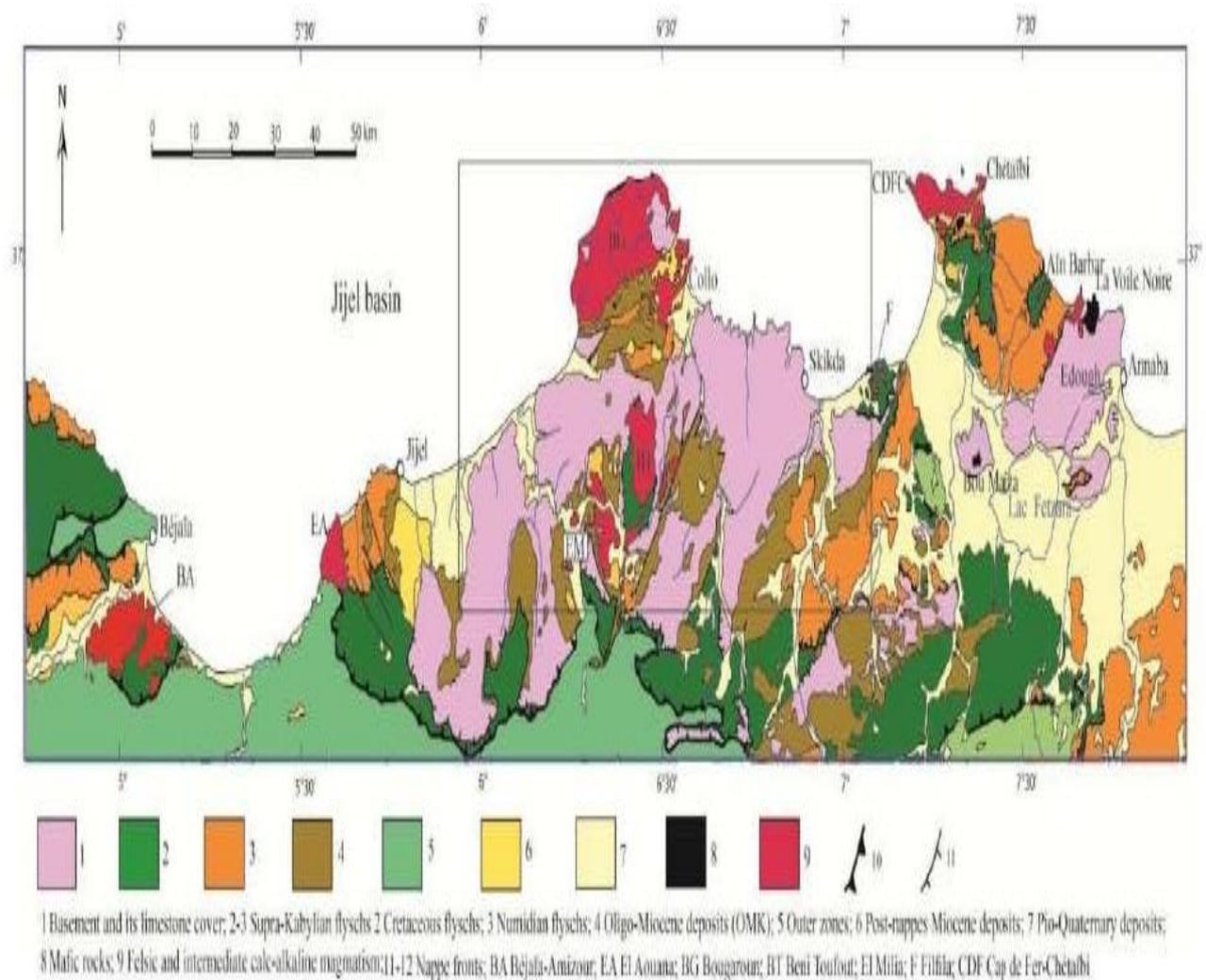


Figure I.3 : carte géologique de l'Algérie nord-orientale (Roubault, Abassenne (2017)).

I.5 Géomorphologie et Relief :

La région de Collo présente une diversité topographique :

- Au Nord-Ouest par un alignement de dômes éruptifs dégagés dans les marnes miocènes ;
- Dans la limite Nord on trouve une chaîne de montagne faisant front à la mer, elle accuse des coupures au niveau des embouchures des oueds importants (La chaîne de montagnes El Goufi regroupe un point culminant de 1183m).

- Au Sud-ouest, le relief s'adoucit et s'étale, formant de véritables petits plateaux, tel que le Plateau de Kanoua. La plaine de Collo se termine par une série de collines plus ou moins importante.

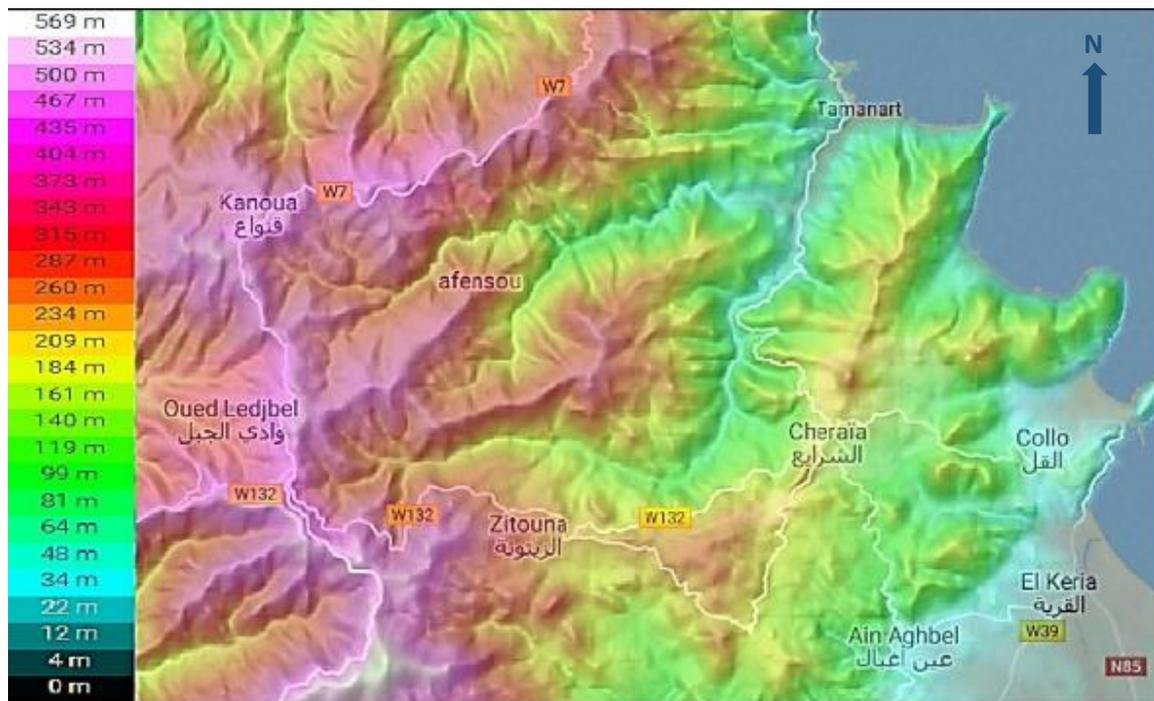


Figure I.4 : Extrait de la Géomorphologie de Collo. (Topographic-map.com)

I.6 Analyse de la situation climatologique :

L'étude des facteurs climatiques a une importance majeure en irrigation, pour améliorer l'efficacité de l'utilisation des ressources car ces facteurs interviennent dans l'estimation des besoins en eau des cultures et de la disponibilité de la ressource hydrique garantissant une production agricole optimale.

Les facteurs les plus déterminants sont la température, l'humidité de l'air, la pluviométrie et le vent, ils constituent un ensemble d'éléments décisifs dans l'estimation des besoins en eau des cultures.

I.6.1 Choix de la station de référence :

Les données climatiques de la zone d'étude, où le périmètre est situé, sont recueillies par la station météorologique de l'ONM, également localisée dans cette région. La station de Skikda présente les caractéristiques suivantes :

Tableau I.1 : caractéristiques de la station météorologiques de Skikda. (ONM Alger)

Station	Latitude	Longitude	Altitude	Période d'observation
Skikda	36°53 N	06°54 E	20m	2000-2021

I.6.1.1 La température :

Ce paramètre est un facteur très influant dans l'évaluation du déficit hydrique ainsi il permet d'évaluer en premier lieu l'évapotranspiration. Les données des températures sont réparties dans le tableau I.2 :

Tableau I.2 : Températures moyennes mensuelles (2000-2021)

Mois	jan	fév	mar	avr	mai	jui	juil	aou	sep	oct	nov	dec	moy
T (C°) minimal	2,8	2,9	4,9	7,3	11,1	15,4	18,6	19,2	16,3	12,4	7,4	4,1	10,2
T (C°) maximal	12,5	13,6	16,9	20,6	25,3	30,7	37,9	34,7	29,5	24,6	17,8	13,7	22,9
T(C°) moy	6,8	7,5	10,2	13,4	17,7	22,6	26,2	26,3	22	17,5	11,6	8	15,8

Source : ONM Skikda

D'après les données de tableau I.2, on constate que la région de Collo possède un climat tempéré méditerranéen. La période la plus chaude de l'année s'étend de Juin, Juillet et Août avec une température maximale de 34.9°C. Alors que la période la froide correspond aux mois de Janvier, Février et Mars avec une température minimale de 2.8°C.

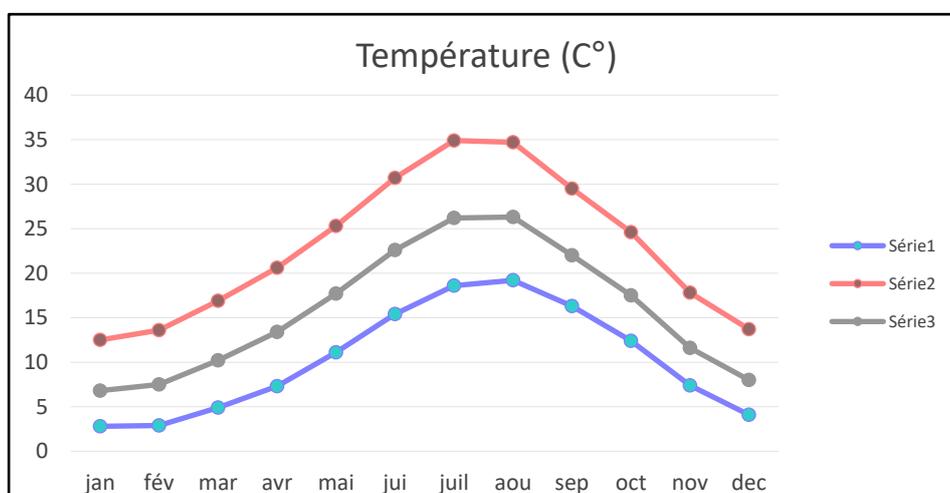


Figure I.5 : Evolution des températures mensuelles de l'air (Station Skikda)

I.6.1.2 La pluviométrie:

L'analyse des données des précipitations mensuelles permet de bien comprendre la répartition de la pluviométrie pendant l'année, afin d'estimer le déficit hydrique pour chaque mois, et de calculer les besoins en eau des cultures.

Les données de pluies mensuelles de la station de Skikda présentent des lacunes, dans ce cas, nous avons pris en considération la station la plus proche de notre périmètre à savoir celle de Tamalous gérée par l'ANRH (030710), dont les caractéristiques sont détaillées comme suit :

Tableau I.3 : caractéristiques de la station météorologiques de Tamalous.

Station	Longitude	Latitude	Altitude	Période d'observation
Tamalous	6°38' 36''E	36°50' 13''N	60	2000-2021

(ANRH Alger)

Les données des précipitations enregistrées au cours de la période 2000-2021 telles que présentées le tableau ci-dessous :

Tableau I.4 : Pluies moyennes mensuelles (station Tamalous, 2000-2021)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Annuel
Pmoy	35,17	56,61	105,13	117,30	110,24	87,87	73,90	49,25	25,13	3,62	1,13	4,38	666,70

(Source : ANRH)

D'après les données des pluies mensuelles, on voit que le régime pluviométrique de la région de Skikda révèle une saison sèche qui s'étend du mois de juin à Août, où les précipitations sont inférieures à 5mm/mois.

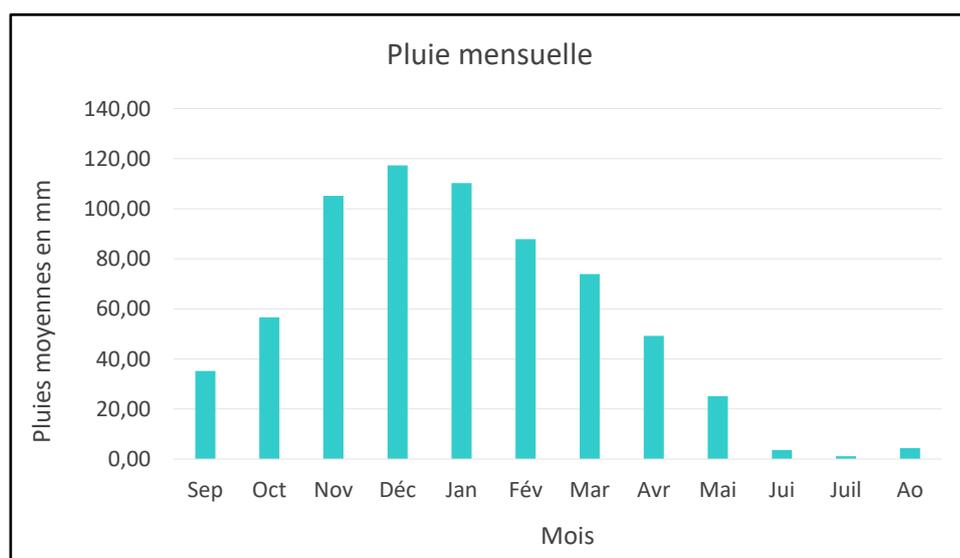


Figure I.6 : Répartition des pluies moyennes annuelles en mm

I.6.1.3 Le vent:

C'est un facteur déterminant pour le choix du système d'irrigation, dans les régions où les vents sont constants et forts, l'utilisation du système d'irrigation par aspersion peut être compromise.

Tableau I.5 : Vitesses mensuelles du vent (2000-2021)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
Vents (m/s)	2.6	2.6	2.1	2.1	2.5	2.5	2.6	2.5	2.7	2.8	2.7	3.0	2.56

(Source : ONM)

D'après le tableau I.5, la zone de notre étude est soumise à des vents relativement faibles pendant toute l'année avec des vitesses qui peuvent atteindre jusqu'au 3 m/s (mois de décembre).

I.6.1.4 L'humidité relative :

Il est important de connaître le taux l'humidité présent dans l'air (quantité de vapeur d'eau), puisqu'elle intervient dans le calcul de l'évapotranspiration.

Le tableau I.6 donne l'humidité relative moyenne mensuelle de la zone d'étude :

Tableau I.6 : L'humidité relative moyenne mensuelle en % (2000-2021)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
Moy mensuelle %	76,7	75	71,7	70	71	71	70	71,3	75,3	72,3	72,3	74,7	72,67

Source : ONM Alger

D'après le tableau I.6, on remarque que la région d'étude est soumise à des valeurs d'humidité de l'air relativement importante et constante, tout au long de l'année atteignant une valeur maximale de 76.7 % en mois de Janvier.

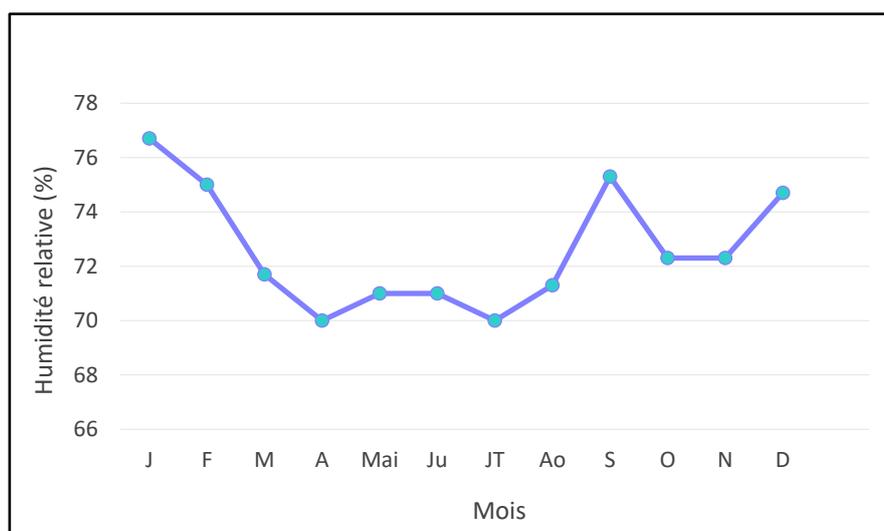


Figure I.7 : Evolution de l'humidité moyenne mensuelle (en %)

I.6.1.5 L'insolation :

L'insolation ou l'ensoleillement est la durée de la lumière de soleil dans une journée, elle implique la lumière du soleil direct non interrompue par les nuages. On peut mesurer l'insolation par l'héliographe type Campbell, elle est exprimée en heures.

Tableau I.7 : Durée d'insolations moyennes mensuelles en heures (2000-2021)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuel
Ins(h)	146,6	171,7	230	241,6	279,5	320	345,6	306,5	243,5	215,7	149,5	134,8	232,1

I.6.1.6 Le sirocco : Le sirocco est un vent chaud et sec qui souffle de Sahara principalement en été, il est peu fréquent.

I.6.2 Calcul des indices Agro-météorologiques :

Les indices agro-météorologiques permettent de déterminer le contexte agro-climatique en se basant sur différentes variables comme les précipitations et les températures dans le but de définir le type de climat et l'actions de ces variables sur les cultures.

Dans notre cas d'étude on distingue les trois indices suivants :

I.6.2.1 Indice d'aridité de Martonne :

L'indice d'aridité de Martonne est donné par la relation suivante :

$$I_A = \frac{P}{T+10} \quad \text{I-1}$$

Avec :

I_A : indice d'aridité de Martonne.

P : pluie moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (C°).

$$\text{A.N} : \frac{666.7}{15.8+10} = 25.84.$$

Tableau I.8 : Classification du climat selon de Martonne.

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

Donc : la région de Collo se caractérise par un climat relativement humide où l’irrigation et parfois utile.

I.6.2.2 Quotient Ombrothermique d’Emberger :

Cet indice permet de déterminer l’étage bioclimatique en utilisant la formule et le diagramme bioclimatique d’Emberger tel que :

$$Q = \frac{100 \times P}{(M+m)(M-m)/2} = \frac{2000 \times P}{M^2 - m^2} \quad \text{I-2}$$

Avec :

Q : coefficient Ombrothermique d’Emberger

P : pluie moyenne annuelle (mm)

M : moyenne des températures maximales (kelvin)

m : moyenne des températures minimales (kelvin)

$$\text{A.N : } \frac{2000 \times 666.7}{(37.9 + 273.15)^2 - (2.8 + 273.15)^2} = 64.7$$

Le diagramme bioclimatique d’Emberger est représenté dans la figure suivante :

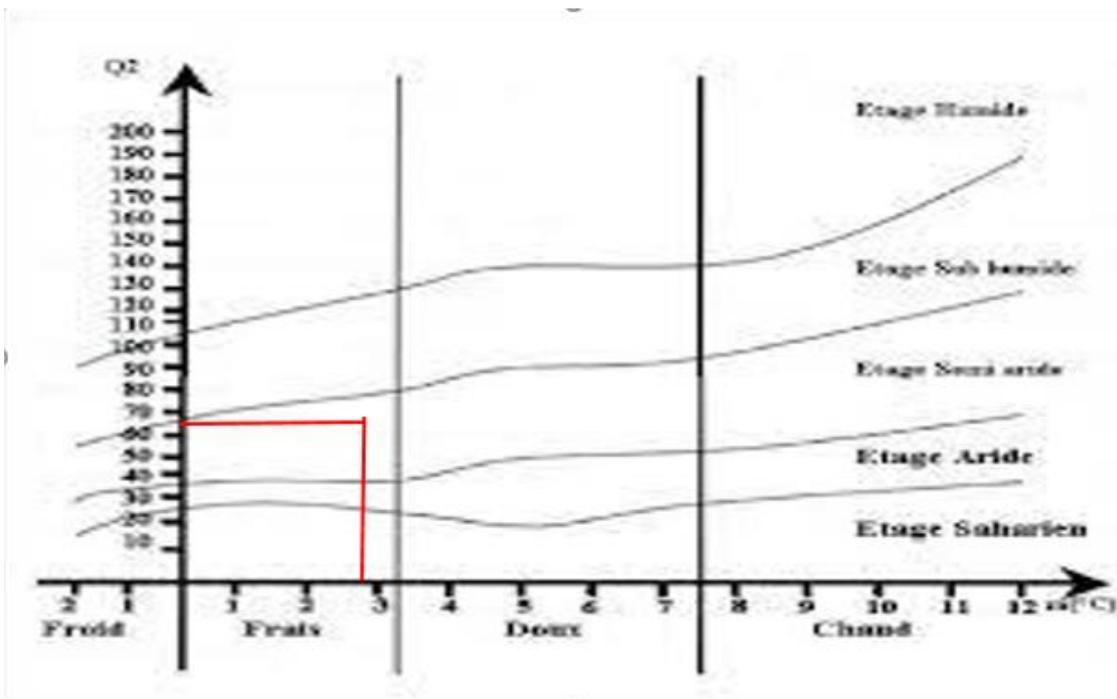


Figure I.8 : le diagramme bioclimatique d’Emberger.

D’après le diagramme ci-dessus on constate que la région de Collo a un climat semi-aride avec un hiver frais.

I.6.2.3 Indice de Bagnouls et Gausсен :

Les diagrammes Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен permet de définir l'intensité et la durée de la période sèche durant une année. Lorsque la courbe des précipitations se situe en dessous de la courbe des températures moyennes la période sèche apparaisse.

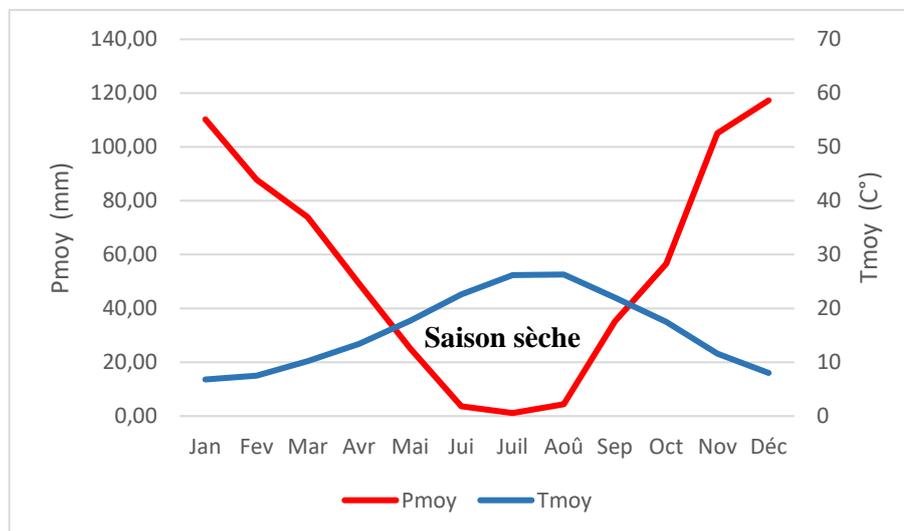


Figure I.9 : Le diagramme Ombrothermique de Gausсен.

D'après le diagramme Ombrothermique de Gausсен on remarque que dans la région de Collo, la saison sèche s'étale durant la période allant du mois de Mai au mois d'Octobre.

I.7 Etude socio-économique :

La wilaya de Skikda est la troisième ville de l'Est Algérien après Annaba et Constantine de part de ses richesses historiques et patrimoniales, de ses ressources naturelles et de son importance socio-économique par ses activités agricoles.

L'économie de la région de Collo repose sur l'agriculture vivrière ou relativement l'agriculture extensive irriguée au niveau des plaines côtières et sur les terrasses des oueds, la superficie agricole utilisée (SAU) est de 131 829 ha avec 28 550 ha surface irrigable.

La prédominance des cultures herbacées est constatée dans la répartition des terres agricoles. En effet, ces cultures occupent 61,86% de la SAU alors que les cultures pérennes s'étendent sur 17,07 % de la SAU, les 21,06 % de la SAU restantes représentent les terres laissées en jachère. En zone de montagne, malgré les contraintes physiques (l'érosion, le glissement de terrain), elle favorise l'activité forestière et l'élevage.

Conclusion

La plaine de Collo qui se situe dans la partie ouest de la wilaya de Skikda, se trouve en amont de barrage Beni-Zid, le périmètre d'étude (Secteur 2) se caractérise par un climat méditerranéen semi-aride avec un hiver frais et un été sec et chaud ce qui implique un déficit pluviométrique : une saison sèche pour les mois allant de Mai à Octobre.

L'exploitation du périmètre pour l'amélioration des rendements du secteur agricole de la wilaya de Skikda, et en raison de ses conditions climatologiques, nécessite un aménagement hydro-agricole et une implantation d'un réseau d'irrigation efficient.

**Chapitre II : Ressources
en eau-Ressources en sol**

Chapitre II : Ressources en eau-Ressources en sol

Introduction

Dans le cadre d'une étude d'aménagement hydro-agricole d'un périmètre il est nécessaire de prendre en considération les deux ressources existantes à savoir l'eau et le sol, car ces deux facteurs jouent un rôle très important dans le choix des cultures et les systèmes d'irrigation à projeter. Ce qui implique une évaluation de la structure et la texture du sol, et une analyse de la qualité de l'eau destinée à l'irrigation.

Dans ce chapitre nous allons donc analyser les propriétés du sol de notre périmètre ainsi que les caractéristiques de l'eau d'irrigation du périmètre d'étude.

II.2 Ressources en eau :

Le périmètre de Collo, sera alimenté à partir de barrage de Beni Zid, qui a été mis en service en 1995 pour la régularisation du fleuve Béni Zid, ce barrage est d'une capacité de rétention de 40 hm³ avec un volume régularisable de 20 hm³. L'affectation des eaux du barrage de Beni Zid en volume estimé à la base de la superficie du périmètre d'irrigation de la plaine de Collo dont la superficie totale retenue est de 1200ha, avec une régularisation d'un volume de 8.207 hm³, parallèlement avec les besoins des populations pour l'alimentation en eau potable qui sont estimés à 8.2hm³.

II.2.1 Caractéristiques du Barrage de Beni Zid :

Le site du barrage est construit sur le lit de l'Oued Beni Zid à 22km de la ville de Collo. La superficie du sous bassin versant est de 55.5 km.

Le barrage de Béni-Zid est destiné pour l'irrigation de la plaine de Collo et l'AEP de la région de 11 agglomérations sur quatre communes : Collo, Cheraia, kerkra, Béni Zid.

Les caractéristiques du barrage de Béni-Zid sont présentées dans le tableau II.1:

Tableau II.1 : Caractéristiques principales de barrage Béni Zid

Caractéristiques	Unités	Valeurs
Côte volume mort	m NGA	44
Côte niveau normal	m NGA	66
Côte PHE (0.10%)	m NGA	71.60
Crête de la digue	m NGA	72.60
Longueur en crête	m	141
Capacité	Hm ³	40
Volume régularisé	Hm ³	20

(Source : ANBT 2020)

II.2.2 Qualité de l'eau du barrage de Béni Zid :

L'eau destinée à l'irrigation doit être analysée pour évaluer ses différentes caractéristiques, afin de déterminer sa qualité et son adéquation à une utilisation agricole, et de prévenir ses impacts négatifs sur le sol et sur les cultures.

Les résultats des analyses des eaux provenant du barrage Béni Zid sont présentés dans le tableau II.2 :

Tableau II.2 : Résultats de l'analyse de l'eau de barrage Béni Zid.

Paramètre	Résultat
PH	7.3
Sulfates (SO_4^{-2})	11.10 (mg/l)
Carbonates	00 (mg/l)
Bicarbonates	116 (mg/l)
Potassium (K^+)	1.45 (mg/l)
Sodium (Na^+)	162.15 (mg/l)
Calcium (Ca^{++})	61.5 (mg/l)
Magnésium (Mg^{++})	204.60 (mg/l)
Conductivité à 25 C°	296 ($\mu\text{s/cm}$)

(Source : ANBT 2020)

II.3 Classification des eaux de l'irrigation :

Les qualités de l'eau, en vue de son utilisation à des fins agricoles, sont différenciées selon les critères suivants:

- Taux de salinité (Conductivité, CEw en mmho/cm ou ds/m)
- Taux de d'alcalinité
- Taux de toxicité.

II.3.1 Risque lié à la salinité :

Elle caractérise la présence de sels de sodium, de sulfate et de bicarbonates néfastes pour la culture.

Pour évaluer la salinité de l'eau et la présence excessive de sels, on mesure la conductivité électrique (CE) de l'eau par un conductimètre.

La classification américaine du risque encouru par l'irrigation en fonction de la salinité de l'eau d'irrigation est donnée dans le tableau suivant :

Tableau II.3 : Risque d'irrigation en fonction de la salinité.

Conductivité électrique (mmhos/cm)		Risque	Remarque
C1	$CE \leq 0,25$	Eau de risque faible	Convient pour toutes les cultures
C2	$0,25 < CE \leq 0,75$	Eau de risque moyen	Convient pour les plantes moyennement tolérantes
C3	$0,75 < CE \leq 2,25$	Eau de risque élevé	Ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes
C4	$CE > 2,25$	Eau de risque très élevé	Eau difficilement utilisable sur sol bien drainé

Nous avons la CE égale à 0.296 mmhos/cm donc d'après le tableau II.3 on constate qu'on a un risque moyen de salinité et notre eau convient pour toutes les plantes moyennement tolérantes.

II.3.2 Risque d'alcalinisation :

Une eau riche en sodium (Na) provoque une dispersion des argiles dans le sol, ce qui perturbe sa structure, et par conséquent le sol devient imperméable à long terme.

Le taux de sodium absorbé est calculé à partir des cations suivants : Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} en (méq/l), est donné par le SAR :

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \quad \text{II.1}$$

Avec :

- Na^+ : sodium dans la solution du sol en (méq/l) ;
- Ca^{++} : calcium dans la solution du sol en (méq/l) ;
- Mg^{++} : magnésium dans la solution du sol en (méq/l).

$$Na^+(\text{méq/l}) = \frac{Na^+(\frac{mg}{l}) \times valence}{masse molaire} = \frac{162.15 \times 1}{22} = 7.37$$

$$Ca^{++}(\text{méq/l}) = \frac{Ca^{++}(\frac{mg}{l}) \times valence}{masse molaire} = \frac{61.5 \times 2}{40} = 3.07$$

$$Mg^{++}(\text{méq/l}) = \frac{Mg^{++}(\frac{mg}{l}) \times valence}{masse molaire} = \frac{204.6 \times 2}{24} = 17.05$$

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} = \frac{0.73}{\sqrt{\frac{1.08 + 0.38}{2}}} = 2.32$$

Tableau II.4 : Le risque d’irrigation en fonction de la valeur du SAR.

Classe	SAR	Danger d’alcalinisation
S1	$SAR \leq 10$	Risque faible
S2	$10 < SAR \leq 18$	Risque moyen
S3	$18 < SAR \leq 26$	Risque élevé
S4	$SAR > 26$	Risque très élevé

D’après le tableau II.4, on remarque que les eaux d’irrigation du barrage de Beni Zid appartiennent à la classe S1, avec un faible risque d’alcalinisation.

Le diagramme de classification des eaux du barrage Beni Zid est présenté comme suit :

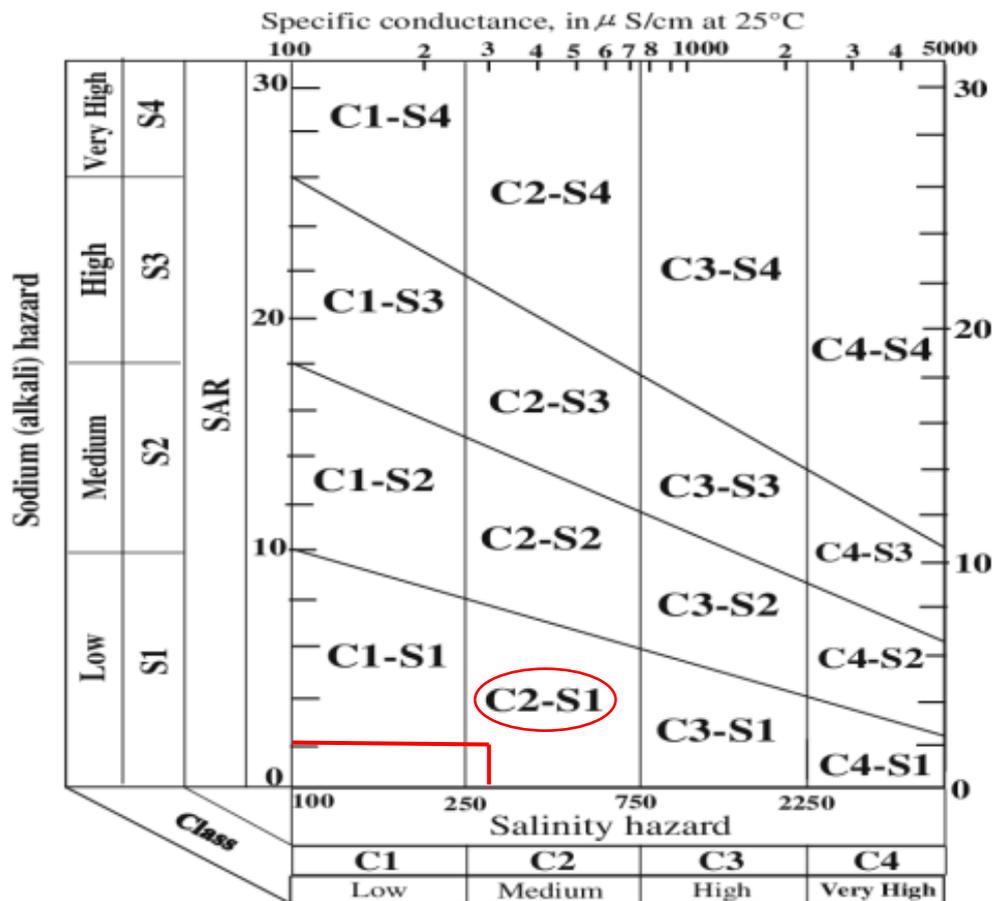


Figure II.1 : Diagramme de la classification des eaux d’irrigation de l’USSSL (1954)

D’après la figure II.1 on note que l’eau de barrage Béni Zid est de classe C2-S1 donc il est caractérisé par une salinité moyenne et une faible alcalinité.

II.4 Ressources en sol :

L'étude pédologique est indispensable dans un projet d'irrigation car elle définit chaque unité de sol et de son profil. La connaissance des caractéristiques de sol nous permet de connaître le milieu dans lequel les cultures pourront se développer et prélever l'essentiel de leurs aliments.

Le but de cette étude pédologique est d'évaluer les caractéristiques du sol telles que texture et la structure et de calculer la dose d'irrigation.

II.4.1 Description et classification des sols du périmètre :

La classification utilisée dans le cadre de la présente étude est celle de la Commission de pédologie et de cartographie des sols de France (C.P.C.S, 1967), qui repose essentiellement sur la détermination des unités supérieures (classe, sous-classe, groupe, sous-groupe) ainsi que les unités inférieures (famille et série).

L'étude pédologique a été effectuée par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH) au niveau de la commune de Collo, elle a montré la présence de sols peu évolués et des vertisols.

II.4.1.1 Classe des vertisols :

C'est la catégorie de sols la mieux représentée dans la région d'étude, les vertisols occupent 82% de la zone totale. Ils sont caractérisés par leur teneur élevée en matière organique et leur texture argilo-limoneuse.

Classe des vertisols :**Profil pédologique :**

Situation : Sud-Ouest de Collo

Topographie : pente multiple 0 E et SO NE 5%

Végétation : inculte

Géomorphologie : glacis de colline

Classe : Vertisols - S/classe : à drainage externe possible

Groupe : à structure anguleuse sur les 15cm supérieurs - S/groupe : modal

Description :

0-38cm : frais à humide, brun gris, compacité assez élevée, très argileux

38-67cm : structure prismatique à lamellaire grossière, texture très argileuse

67-130cm : plus humide, structure prismatique grossière, couleur beige, très argileux.

Tableau II.5 : profil pédologique.

Profondeur (cm)		0-38	38-67	67-130
granulométrie	argile %	49	48	57
	limon fins%	26	27	26
	limon grossier%	8	9	4
	sable fins %	8	6	8
	sable grossier %	1	1	8
matière organique	MO%	1.36	1.20	1.07
	N%	0.98	0.90	0.88
	C/N	8	8	7
réserve minérale	CaCO3 total %	6.8	6.1	12.2
complexe absorbant	Ca en méq/100g	20	13	22
	Mg en méq/100g	3	9	16
	K en méq/100g	0.16	0.16	0.16
	Na en méq/100g	0.4	0.3	0.3
	T en méq/100g	28.70	30	25.7
Ph		7.5	7.6	7.7
conductivité		0.7	0.6	0.6

II.4.1.2 Textures du sol :

La texture d'un sol est la répartition granulométrique de ses constituants. C'est la proportion entre les argiles, les limons et les sables. Elle apporte des informations utiles sur la gestion de l'eau et de la fertilisation afin de choisir des cultures adaptées au sol.

Le triangle des textures de sol est l'outil le plus utilisée dans la détermination de la texture d'un sol donné. Dans notre cas le triangle des textures des sols est le suivant :

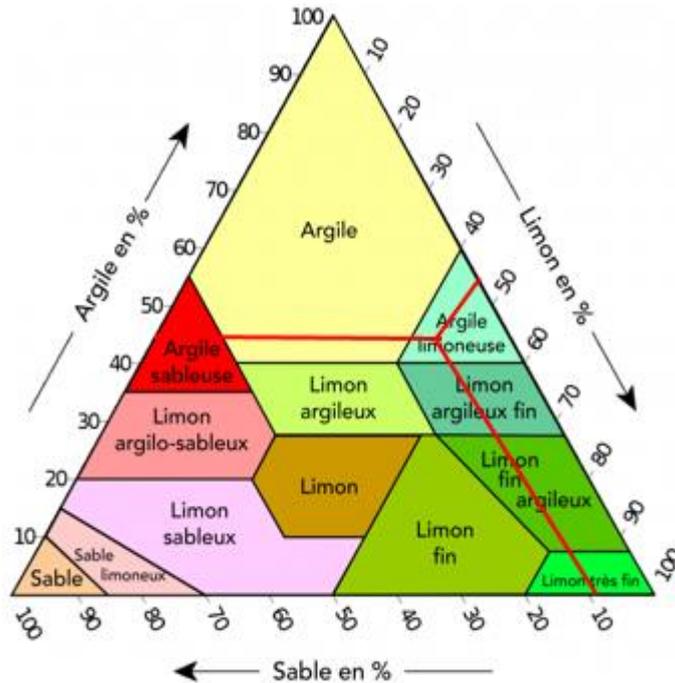


Figure II.2 : Analyse texturale des sols (selon l'USDA).

II.4.1.3 Interprétations des résultats :

Les résultats des analyses physico-chimiques des sols du périmètre Collo ont prouvé la possibilité d'y effectuer des travaux agricoles car :

- La texture du sol est argilo-limoneuse selon le triangle des textures (USDA).
- Le sol contient des taux remarquables de matière organique nécessaire pour les plantes.
- Il existe des nutriments tels que le phosphore, l'azote et le carbone.
- La conductivité de sol ne pose aucun problème de salinité.

II.4.2 Les paramètres hydrodynamiques des sols :

Les propriétés hydrodynamiques des sols, représentées par les fonctions de rétention en eau et de conductivité hydraulique, telles que la densité apparente, la porosité, la perméabilité, la capacité au champ (H_{cc}) et l'humidité au point de flétrissement permanent (H_{pf}).

Les propriétés hydrodynamiques des sols de la plaine de Collo sont données dans le tableau suivant :

Tableau II.6 : les caractéristiques hydrodynamiques des sols argilo-limoneux.

Paramètre	Valeur
Texture	Argilo-limoneux
Densité apparente D_a en g/cm^3	1.4
Perméabilité K (mm/h)	8.5
Humidité à la capacité au champ H_{cc} (%)	28-27
Humidité point de flétrissement H_{pf} (%)	15-14

Source : ONID Alger (2020)

II.5 Etude des aptitudes culturales:

L'étude des aptitudes culturales des sols d'un périmètre vise à déterminer les cultures pouvant être exploitées sans aucune restriction. Cette étude est basée sur les critères morphologiques des sols tels que sa profondeur, sa teneur en matière organique, etc.

Ce qui nous a permis d'envisager les spéculations agricoles suivantes :

- Céréales et fourragères : blé dur, blé tendre, maïs, orge.
- Maraîchages : pomme de terre, oignon, betterave, ail, tomate, fraise, haricot.
- Arboricultures : figuiers, et cerisier, pommier, chêne liège qui seront implantés généralement dans la zone des Vertisols.

II.6 Calcul de la pluie de projet:

Le calcul de l'apport pluviométrique a pour but de définir les précipitations de courte et de longue durée qui peuvent inonder le périmètre à étudier.

II.6.1 Choix de la station pluviométrique :

L'observation des précipitations de la plaine de Collo se fait par la station météorologique de Tamalous qui a les caractéristiques suivantes :

Tableau II .7 : Caractéristiques de la station pluviométrique Tamalous.

Station	Longitude	Latitude	Altitude	Période d'observation
Tamalous	6°38' 36''E	36°50' 13''N	60	2000-2021

Source : ANRH Alger.

Les données pluviométriques de la station Tamalous pour la période de 2000-2021 (annexe N°1) sont présentées dans l'histogramme suivant:

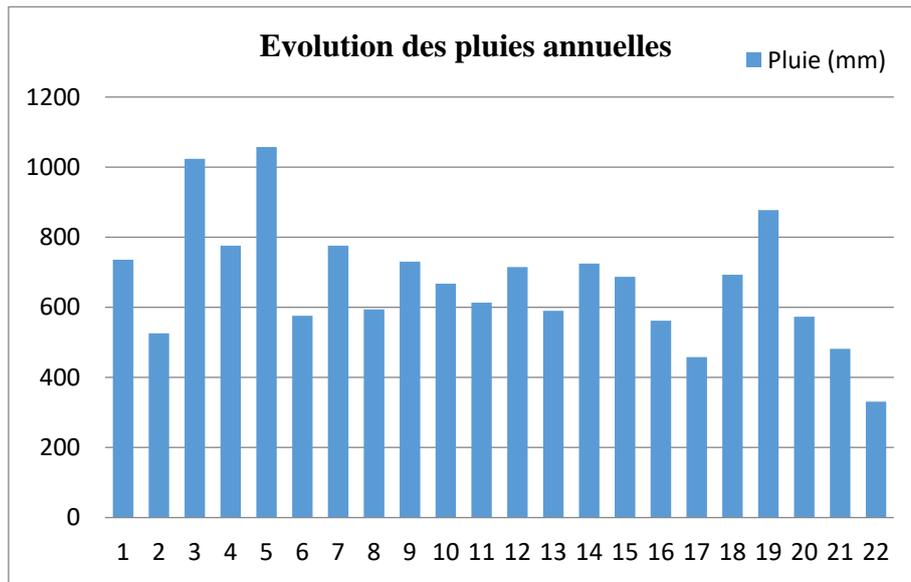


Figure II.3 : Histogramme des données pluviométriques de la station Tamalous.

La série des pluies moyennes annuelles de la station météorologique Tamalous a les caractéristiques suivantes :

Tableau II.8 : Caractéristiques de la série pluviométrique de pluies annuelles.

paramètre	résultat
moyenne	671
écart-type	171
coefficient de variation	0,255
pluie moyenne annuelle max	1060
pluie moyenne annuelle min	330

II.6.2 Test de d'homogénéité de Mood :

La vérification de l'homogénéité des données est nécessaire avant tout ajustement statistique.

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

Soit un échantillon x_1, x_2, \dots, x_n ; déterminons sa médiane m qui est une constante de telle sorte que 50% des x_i lui soit inférieures et le reste lui soit supérieures.

Remplaçons donc la série des valeurs non classées par une suite de signe :

+ pour les $x_i > m$

- pour les $x_i < m$

Calculons les quantités N_s et T_s avec :

Ns : nombre total de séries de + ou de – dans la série initiale ;

Ts : taille de la plus grande série de + ou de – au-dessus de la médiane dans la série initiale.

Ns suit approximativement une loi normale de moyenne $\frac{N+2}{2}$ et de variance $\frac{1}{4}(N-1)$ et T suit une loi binominale. Ceci a permis d'établir que pour un seuil de signification compris entre 91% et 95%, les conditions du test sont les suivantes :

$$Ns > \frac{1}{2}(N+1 - u_{1-\frac{\alpha}{2}}\sqrt{N+1}) \quad \text{II.2}$$

$$Ts < 3.3(\log_{10}N + 1) \quad \text{II.3}$$

Si les conditions du test sont vérifiées, on conclut que la série à étudier est homogène au seuil de signification $1-\alpha$.

Tableau II.9 : Test de la médiane de la série pluviométrique.

Opération	Résultat
médiane	677,3
Ns	22
Ns(-) cond	7,01
Ns(+) cond	15,99
Ts	3
Ts cond	4,49

D'après les résultats de Tableau II.9 on constate que la condition de Mood est vérifiée donc la série pluviométrique de (2000-2021) est homogène.

II.6.3 Ajustement de la série pluviométrique

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

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

II.6.3.1 Ajustement à la loi de Gauss (loi normale) :

La formule mathématique de cette loi est la suivante :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{u^2}{2}} \quad \text{II.4}$$

Avec :

$$\mathbf{u} : \text{variable réduite de Gauss égale à } u = \frac{x-x}{\delta} \quad \text{II.5}$$

II.6.3.2 Ajustement à la loi de Galton ou loi log –Normale :

La loi log-normale est une distribution de probabilité continue qui est utilisée pour modéliser des variables positives qui ont des variations relatives relativement constantes, c'est-à-dire des variables dont le logarithme suit une loi normale. La formule de la loi est la suivante :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{u^2}{2}} \quad \text{II.6}$$

Avec u est la transformation logarithmique des pluies.

Le résultat d’ajustement par le logiciel HYFRAN est donné par la figure ci-dessous :

II.6.3.3 Test de fiabilité des ajustements :

Le test de validité est une étape importante dans une étude d’un périmètre d’irrigation car elle sert à choisir la meilleure loi d’ajustement pour les précipitations annuelles. Le résultat d’ajustement par le logiciel HYFRAN est donné par la figure ci-dessous :

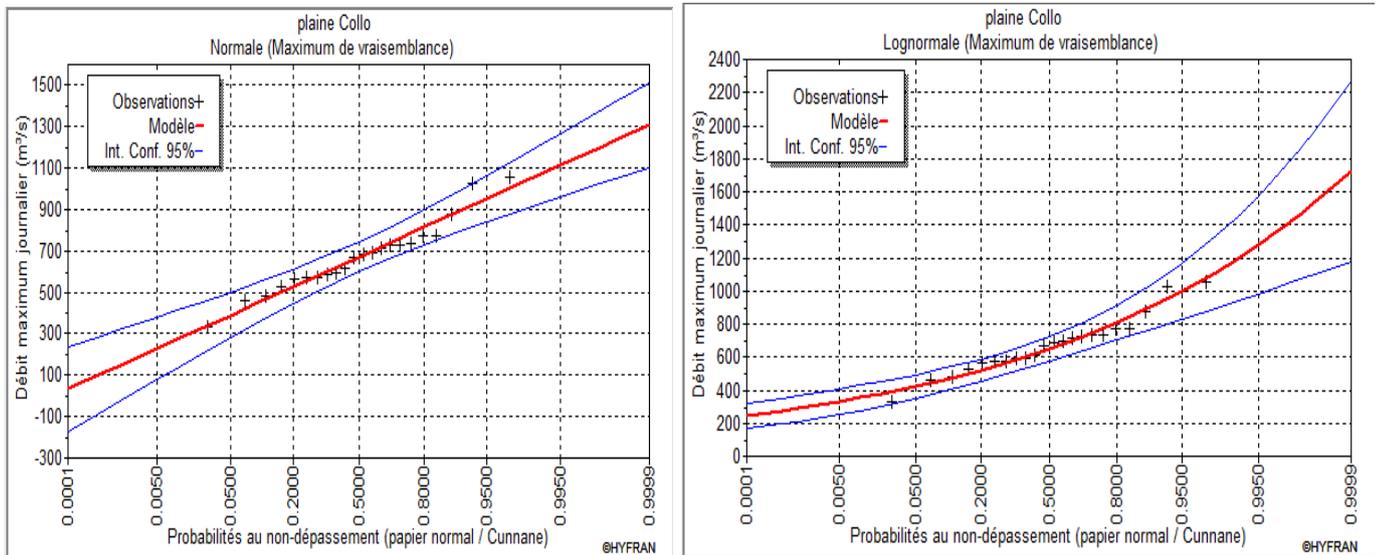


Figure II.4 : ajustement des pluies à la loi log-normale et à la loi normale.

Dans notre étude, nous avons choisi d'utiliser le test du KHI carré (χ^2) pour un risque de $\alpha= 5\%$. Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau II.10 : les paramètres de test de KHI carré.

Paramètre	La loi normale	La loi log-normale
KHI carré χ^2 calculé	0.91	4.73
Probabilité $p(\chi^2)$	0.82	0.19
Degré de liberté	3	3
χ^2 théorique	7.8	7.8

D’après le tableau II.10, on remarque que la loi normale, s’ajuste mieux à notre série pluviométrique (χ^2 est le plus faible 0.91), mais d’après les données de la figure II.4 on a un

risque d'avoir des quantiles négatifs pour la loi normale, pour cela nous prendrons en compte la loi log-normale pour le calcul de la pluie de projet.

La pluie mensuelle de probabilité 80% est déterminée comme suit :

$$P_{80\%}^{sec} = P_{moy.i} \times \frac{P_{80\%}}{P_{50\%}} \quad \text{II.7}$$

Les résultats de l'ajustement par la loi log-normal est donné par le tableau suivant :

Tableau II.11 : Résultats de l'ajustement des pluies annuelles par la loi de log-normale.

T	q	Xt	écart-type	intervalle de confiance
2.0	0.5000	650	36.3	579 - 721
1.25	0.2000	521	34.1	454 - 588

$$\text{Donc : } P_{80\%}^{sec} = P_{moy.i} \times \frac{521}{650} = P_{moy.i} \times 0.8$$

Les pluies moyennes mensuelles de fréquence 80% sont estimées comme suit :

Tableau II.12 : les pluies moyennes mensuelles pour l'année sèche.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Ao
$P_{moy.i}(mm)$	35,17	56,61	105,13	117,30	110,24	87,87	73,90	49,25	25,13	3,62	1,13	4,38
$P_{80\%}^{sec}$	28,19	45,38	84,27	94,02	88,36	70,43	59,23	39,48	20,15	2,90	0,90	3,51

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons analysé les ressources d'un périmètre à savoir les ressources en sol et en eau.

En premier lieu, nous avons examiné la qualité de l'eau provenant de barrage Béni de Zid, nous a conclu que cette eau est adéquate et ne présente aucun risque quant à son utilisation.

En second lieu, une étude approfondie des sols de la plaine de Collo a été réalisée ce qui nous a permis de déterminer ses principales caractéristiques telles que la texture qui est argilo-limoneuse, et fixé quelques paramètres liés à l'irrigation. De plus, le sol est propice à la culture de plusieurs spéculations céréalières, maraichères et même arboricoles.

En dernier lieu, une analyse de la série pluviométrique recueillie à partir de la station météorologique de Tamalous nous a mené à calculer les précipitations moyennes mensuelles de l'année sèche pour la planification agricole et la gestion la ressource en eau.

Chapitre III :
Besoins en eau des
cultures

Chapitre III : Besoins en eau des cultures

Introduction

En irrigation, pour atteindre des objectifs de production satisfaisants, il convient de mettre les cultures dans des conditions hydriques optimales. Vu les aléas climatiques, les conditions optimales peuvent être assurées grâce à une bonne connaissance des besoins en eau de la culture, des stocks d'eau dans le sol et des apports d'eau extérieures (pluie, irrigation).

Dans ce chapitre on va se focaliser sur l'estimation des besoins en eau de différentes cultures afin de piloter l'irrigation de manière plus fine et ciblée dans le périmètre Collo.

III.2 Besoins en eau du périmètre :

Le périmètre Collo, qui couvre une superficie de 1200 hectares, est situé dans une région au climat méditerranéen semi-aride, caractérisée par l'irrégularité des précipitations, souvent insuffisantes pour satisfaire les besoins en eau des cultures. Dans ce contexte, l'estimation des besoins en eau d'une zone joue un rôle très important dans un aménagement hydro- agricole, car elle permet une gestion rationnelle des ressources hydriques et la prévision des impacts de la sécheresse des cultures.

III.2.1 Estimation des besoins en eau pour l'irrigation :

Le concept de bilan hydrique exprime l'équilibre des changements entre toutes les ressources en eau qui entrent dans un système et celles qui le quittent, il joue un rôle majeur dans la détermination de la quantité d'eau disponible pour une utilisation dans une région donnée.

Le bilan hydrique qui caractérise le besoin en eau d'irrigation qui se calcule selon l'équation suivante :

$$B_i = ETM - (P_{eff} + RS_{i-1}) \quad III.1$$

Où :

- **ETM**: est la valeur de l'évapotranspiration maximale en mm, elle est égale à $ET_0 \times K_c$
- **P_{eff}** : est la pluie efficace.
- **RS_{i-1}**: La réserve en eau de sol du mois précédent.

III.2.2 L'évapotranspiration de référence (ET₀) :

L'évapotranspiration potentielle est définie comme la quantité maximale d'eau susceptible d'être évaporée par évapotranspiration sous un climat donné par un couvert végétal continu bien alimenté en eau. Elle comprend donc l'évaporation de sol et la transpiration de la végétation.

L'estimation de l'évapotranspiration de référence peut être effectuée de deux méthodes en deux types parues qui sont :

- La méthode directe sur le terrain en utilisant des appareils et instruments.
- Les méthodes indirectes en utilisant des formules empiriques.

III.2.2.1 Les méthodes directes :

La mesure de l'évapotranspiration est effectuée au moyen d'un dispositif appelé lysimètre ou plus précisément un évapotranspiromètre. Il s'agit d'une cuve enterrée avec des parois verticales, ouverte en surface d'une épaisseur variable (généralement entre 0.5 et 2 mètres). Au bas du lysimètre se trouve un dispositif pour collecter l'eau de drainage. L'évaporation à la surface du terrain est calculée en observant les variations du stock d'eau dans le lysimètre. Cela peut se faire en utilisant la pesée directe du lysimètre ou en mesurant l'eau du sol et du drainage. Les données de précipitations provenant d'un pluviomètre situé à proximité sont également prises en compte.

III.2.2.2 Les méthodes indirectes :

Ces méthodes permettent d'estimer l'ET₀ à partir de formules basées sur des paramètres climatiques tels que la température, la vitesse du vent, l'humidité et l'insolation.

Plusieurs formules ont été élaborées en vue d'une estimation assez précise de l'évapotranspiration de référence. Cependant, la plupart d'entre elles donnent des valeurs de l'ET₀ relativement erronées ou très différentes des valeurs réelles.

Dans notre cas, l'estimation de l'ET₀ a été faite en s'appuyant sur l'équation de Penman-Monteith recommandée par la FAO et très utilisée en irrigation.

La formule de Penman-Monteith est la suivante :

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{cste}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0.34u_2)} \quad \text{III.2}$$

Avec :

- **ET₀** : évapotranspiration de référence [mm/ jour].
- **Rn** : rayonnement net à la surface de la culture [MJ m⁻²/ jour].
- **G** : densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m⁻² /jour].
- **T** : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [°C].

- u_2 : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m/s].
- e_s : pression de vapeur saturante [kPa].
- e_a : pression de vapeur réelle [kPa].
- Δ : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C-1].
- γ : constante psychrométrique [kPa °C-1].

Pour l'estimation de l' ET_0 , nous avons utilisé le logiciel CROPWAT (FAO, 2008), qui repose sur la méthode de Penman-Monteith Modifiée, en entrant des données climatiques mensuelles spécifiques. Les résultats sont récapitulés dans le tableau III.2 :

Tableau III.1: Evapotranspiration de référence ET_0 calculée par logiciel CROPWAT.

Pays		Algérie	Station		Skikda		
Altitude	20	m.	Latitude	36.00	°N		
			Longitude	6.00	°E		
Mois	Temp Moy	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ET_0	
		°C	%	m/s	heures	MJ/m ² /jour	mm/mois
Janvier	6.8	76	2.6	6.9	10.6	36.33	
Février	7.5	75	2.6	7.4	13.5	42.58	
Mars	10.2	71	2.1	8.2	17.5	69.09	
Avril	13.4	70	2.1	9.1	21.4	92.68	
Mai	17.7	71	2.5	9.7	23.9	123.25	
Juin	22.6	71	2.5	10.6	25.7	147.45	
Juillet	26.2	70	2.6	9.8	24.2	166.02	
Août	26.3	73	2.5	9.7	22.8	156.13	
Septembre	22.0	75	2.7	8.6	18.8	114.04	
Octobre	17.5	72	2.8	7.5	14.4	85.92	
Novembre	11.6	72	2.7	7.0	11.2	53.06	
Décembre	8.0	74	3.0	6.8	9.8	40.07	
Moyenne	15.8	73	2.6	8.4	17.8	1126.62	

III.2.3 Calcul de la pluie efficace :

Les pluies efficaces sont les précipitations qui atteignent la zone racinaire et contribuent réellement à alimenter les cultures, elles sont exprimées en mm.

Dans notre étude, l'estimation de la pluie efficace a été faite par la méthode de pourcentage fixe suivant la relation ci-après :

$$\text{Pluies efficaces} \left(\frac{\text{mm}}{\text{mois}} \right) = \alpha \times \text{Pluies totales} \left(\frac{\text{mm}}{\text{mois}} \right) \quad \text{III.3}$$

Avec : α : coefficient de pertes dans notre cas il est égal 0.7

Tableau III.2: Pluie efficace calculée par logiciel CROPWAT.

Mois	Pmoy	Peff
Sep	35,17	19,7
Oct	56,61	31,8
Nov	105,13	59,0
Déc	117,30	65,8
Jan	110,24	61,9
Fév	87,87	49,3
Mar	73,90	41,5
Avr	49,25	27,6
Mai	25,13	14,1
Jui	3,62	2,0
Juil	1,13	0,6
Ao	4,38	2,5

III.2.4 Calcul de la réserve en eau du sol (RS_i) :

Le sol constitue un réservoir d'eau pour les cultures plus au moins accessible selon son degré d'humidité, il dépend des généralement des propriétés du sol, et la de culture.

La réserve en eau du sol est définie par la relation suivante :

$$RS_{i-1} = K \times RFU_{i-1} \quad \text{III.4}$$

La valeur de K est nulle dans le cas de mois chauds et secs, au contraire elle est de 1 si le mois précédent est très froid et humide. Pour les mois intermédiaires, cas où l'évapotranspiration est proche de la pluie efficace, on prend $K=1/2$ pour l'arboriculture, et $1/3$ pour les cultures céréalières et maraichères.

Avec **RFU** la réserve en eau facilement utilisable correspondant à une humidité de sol pour laquelle le flétrissement des plantes est temporaire. Elle se calcul par la formule ci-après :

$$RFU = (H_{cc} - H_{pf}) \times Y \times Z \times da \quad \text{III.5}$$

H_{cc} : humidité à la capacité au champs.

H_{pf} : humidité au point de flétrissement.

Y : degré de tarissement de sol, en général on prend ($Y=2/3$).

Z : profondeur racinaire en mm.

da : densité apparente du sol.

III.3 Choix des cultures :

La région de Collo est une zone de production intensive des cultures maraichères, fruitières, et fourragères. La prédominance des cultures herbacées est constatée dans la

répartition des terres agricoles alors que les cultures pérennes sont moins dominantes. Cela implique que notre choix des cultures repose sur le maraîchage.

Dans ce cas, le choix des cultures sera basé sur la vocation agricole de la région, des caractéristiques climatiques et du sol. Les cultures proposées sont :

Tableau III.3: Les cultures proposées pour le périmètre Collo.

Type de culture	Les cultures	Surface occupée en %	Surface occupée en Ha
La Céréaliculture	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Blé ▪ Orge en vert ▪ Orge en grain 	26%	47ha
Le maraîchage	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pomme de terre (S) ▪ Pomme de terre (AS) ▪ Tomate ▪ Betterave ▪ Haricot ▪ Petit pois ▪ Ail ▪ Oignon ▪ Fraise 	49%	88ha
L'arboriculture	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vigne ▪ Cerise 	25%	45ha
	Total	100%	180ha

III.3.1 Assolement et rotation des cultures :

L'assolement est le découpage des terres nécessaires pour organiser une rotation qui consiste à établir une succession des cultures différentes au fil des cycles sur une même parcelle.

Les objectifs de ces techniques millénaires sont nombreux :

- La fertilisation naturelle du sol suite à l'alternance de cultures aux différentes racines ;
- Réduire l'impact des maladies et des ravageurs ;

- La biodiversité est encouragée ;
- Amélioration des rendements.

Tableau III.4 : Assolement proposé.

Assolement 1	Assolement 2
Blé	Orge en vert
Betterave	Orge en grain
Fraise	Petits pois
Pomme de terre (S)	Ail
Pomme de terre (AS)	Haricot
Tomate	Oignon
Hors assolement : Cerise	Hors assolement : Cerise
Hors assolement : Vigne	Hors assolement : Vigne

Le cycle végétatif des cultures envisagées est détaillé dans le tableau III-5 :

Tableau III.5 : Le cycle végétatif des cultures proposées.

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
Blé			■	■	■	■	■	■	■	■		
Orge en vert			■	■	■	■	■	■	■			
Orge en grain			■	■	■	■	■	■	■	■		
P.d.t (AS)						■	■	■	■			
P.d.t (S)	■	■	■	■								
Tomate							■	■	■	■		
Betterave	■	■	■	■								
Haricot	■	■								■	■	■
Petit pois			■	■	■	■	■			■	■	■
Ail		■	■	■	■							
Oignon sec		■	■	■	■	■						
Fraise				■	■	■	■					
Cerise	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Vigne	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

III.3.2 Estimation des coefficients culturaux (K_c) :

Les valeurs du coefficient cultural (K_c) de chaque culture ont été ressorties selon les valeurs établies par Doorenbos (FAO, 2003), en fonction du stade végétatif de la plante, et du climat considéré.

III.3.3 Estimation des besoins en eau des cultures :

Le calcul des besoins nets d'irrigation de chaque culture est réalisé à partir de la formule suivante, définie précédemment :

$$B_i = ETM - (Pe_{eff} + RS_{i-1})$$

Pour la pluie efficace, les valeurs inférieures ou égales à 4mm/mois sont considérées comme nulles.

Les résultats de calcul des besoins en eau des cultures choisis pour le périmètre Collo sont présentés comme suit :

III.3.3.1 Les céréalicultures :

Tableau III-6 : Les besoins en eau de Blé.

Mois	Eto(mm/mois)	P80%(mm)	Pe _{eff} (mm)	Z(m)	RFU(mm)	RS _{i-1} (mm)	Kc	ETM(mm)	B(mm)
Septembre	114,04	28,19	19,73		0				
Octobre	85,92	45,38	31,77		0				
Novembre	53,06	84,27	58,99	0,3	35,88	0	0,4	21,22	0
Décembre	40,07	94,02	65,81	0,5	59,8	11,96	0,7	28,05	0
Janvier	36,33	88,36	61,85	0,5	59,8	29,9	0,85	30,88	0
Février	42,58	70,43	49,30	0,6	71,76	19,93	0,95	40,45	0
Mars	69,09	59,23	41,46	0,6	71,76	23,92	1,05	72,54	0
Avril	92,69	39,48	27,64	0,6	71,76	0	0,95	88,06	48,58
Mai	123,25	20,15	14,11	0,6	71,76	0	0,75	92,44	72,29
Juin	147,45	2,9	0	0,6	71,76	0	0,45	66,35	63,45
Juillet	166,02	0,9	0		0				
Août	156,13	3,51	0		0				

Tableau III.7 : Les besoins en eau de l'Orge en vert.

Mois	Eto(mm/mois)	P80%(mm)	Pe _{eff} (mm)	Z(m)	RFU(mm)	RS _{i-1} (mm)	Kc	ETM(mm)	B(mm)
Septembre	114,04	28,19	19,73		0				
Octobre	85,92	45,38	31,77		0				
Novembre	53,06	84,27	58,99	0,3	35,88	0	0,3	15,92	0
Décembre	40,07	94,02	65,81	0,5	59,8	17,94	0,3	12,02	0
Janvier	36,33	88,36	61,85	0,5	59,8	29,9	0,5	18,17	0
Février	42,58	70,43	49,30	0,6	71,76	29,9	0,5	21,29	0
Mars	69,09	59,23	41,46	0,6	71,76	35,88	1	69,09	0
Avril	92,69	39,48	27,64	0,6	71,76	0	1,15	106,59	67,114
Mai	123,25	20,15	14,11	0,6	71,76	0	0,9	110,93	90,775
Juin	147,45	2,9	0		0				
Juillet	166,02	0,9	0		0				
Août	156,13	3,51	0		0				

Tableau III.8 : Les besoins en eau de l'Orge en grain.

Mois	Eto(mm/mois)	P80%(mm)	Peff(mm)	Z(m)	RFU(mm)	RS _{i-1} (mm)	Kc	ETM(mm)	B(mm)
Septembre	0	28,19	19,733						
Octobre	114,04	45,38	31,766						
Novembre	85,92	84,27	58,989	0,2	23,92	0	0,4	34,368	0
Décembre	53,06	94,02	65,814	0,45	53,82	7,97	0,6	31,836	0
Janvier	40,07	88,36	61,852	0,6	71,76	17,94	0,75	30,0525	0
Février	36,33	70,43	49,301	0,6	71,76	23,92	0,9	32,697	0
Mars	42,58	59,23	41,461	0,6	71,76	23,92	0,95	40,451	0
Avril	69,09	39,48	27,636	0,6	71,76	23,92	0,75	51,8175	0
Mai	92,69	20,15	14,105	0,6	71,76	0	0,6	55,614	35,464
Juin	123,25	2,9	2,03	0,6	71,76	0	0,4	49,3	46,4
Juillet	147,45	0,9	0,63						
Août	166,02	3,51	2,457						

III.3.3.2 Les cultures maraîchères :

Tableau III.9 : Les besoins en eau de la Pomme de terre (AS).

Mois	Eto(mm/mois)	P80%(mm)	Peff(mm)	Z(m)	RFU(mm)	RS _{i-1} (mm)	Kc	ETM(mm)	B(mm)
Septembre	114,04	28,19	19,73		0				
Octobre	85,92	45,38	31,77		0				
Novembre	53,06	84,27	58,99		0				
Décembre	40,07	94,02	65,81		0				
Janvier	36,33	88,36	61,85		0				
Février	42,58	70,43	49,30	0,2	23,92	0	0,5	21,29	0
Mars	69,09	59,23	41,46	0	0	11,96	0,7	48,36	0
Avril	92,69	39,48	27,64	0,5	59,8	0	1	92,69	53,21
Mai	123,25	20,15	14,11	0,5	59,8	0	0,75	92,44	72,29
Juin	147,45	2,9	0		0				
Juillet	166,02	0,9	0		0				
Août	156,13	3,51	0		0				

Tableau III.10 : Les besoins en eau de la Pomme de terre (S).

Mois	Eto(mm/mois)	P80%(mm)	Peff(mm)	Z(m)	RFU(mm)	RS _{i-1} (mm)	Kc	ETM(mm)	B(mm)
Septembre	114,04	28,19	19,73	0,2	23,92	0	0,5	57,02	28,83
Octobre	85,92	45,38	31,77	0	0	0	0,7	60,14	14,76
Novembre	53,06	84,27	58,99	0,5	59,8	0	1	53,06	0
Décembre	40,07	94,02	65,81	0,5	59,8	29,9	0,75	30,05	0
Janvier	36,33	88,36	61,85		0				
Février	42,58	70,43	49,30		0				
Mars	69,09	59,23	41,46		0				
Avril	92,69	39,48	27,64		0				
Mai	123,25	20,15	14,11		0				
Juin	147,45	2,9	0		0				

Juillet	166,02	0,9	0	o	0			0	0
Août	156,13	3,51	0		0			0	0

Tableau III.11 : Les besoins en eau de la Tomate.

Mois	Eto(mm/mois)	P80%(mm)	Peff(mm)	Z(m)	RFU(mm)	RS _{i-1} (mm)	Kc	ETM(mm)	B(mm)
Septembre	114,04	28,19	19,73		0				
Octobre	85,92	45,38	31,77		0				
Novembre	53,06	84,27	58,99		0				
Décembre	40,07	94,02	65,81		0				
Janvier	36,33	88,36	61,85		0				
Février	42,58	70,43	49,30		0				
Mars	69,09	59,23	41,46	0,4	47,84	0	0,5	34,55	0
Avril	92,69	39,48	27,64	0,8	95,68	15,95	0,85	78,79	23,36
Mai	123,25	20,15	14,11	1	119,6	0	1,15	141,74	121,59
Juin	147,45	2,9	0	0,9	107,64	0	0,85	125,33	122,43
Juillet	166,02	0,9	0		0				
Août	156,13	3,51	0		0				

Tableau III.12 : Les besoins en eau de Betterave.

Mois	Eto(mm/mois)	P80%(mm)	Peff(mm)	Z(m)	RFU(mm)	RS _{i-1} (mm)	Kc	ETM(mm)	B(mm)
Septembre	114,04	28,19	19,73	0,3	0	0	0,4	45,62	17,43
Octobre	85,92	45,38	31,77	0,5	0	0	0,7	60,14	14,76
Novembre	53,06	84,27	58,99	0,5	35,88	0	0,95	50,41	0
Décembre	40,07	94,02	65,81	0,5	59,8	11,96	0,65	26,05	0
Janvier	36,33	88,36	61,85		59,8			0	0
Février	42,58	70,43	49,30		71,76			0	0
Mars	69,09	59,23	41,46		71,76			0	0
Avril	92,69	39,48	27,64		71,76			0	0
Mai	123,25	20,15	14,11		71,76			0	0
Juin	147,45	2,9	0		71,76			0	0
Juillet	166,02	0,9	0		0			0	0
Août	156,13	3,51	0		0			0	0

Tableau III.13 : Les besoins en eau du Haricot.

Mois	Eto(mm/mois)	P80%(mm)	Peff(mm)	Z(m)	RFU(mm)	RS _{i-1} (mm)	Kc	ETM(mm)	B(mm)
Septembre	114,04	28,19	19,73	0,7	83,72	0	0,9	102,64	74,45
Octobre	85,92	45,38	31,77	0,7	83,72	0	0,85	73,03	27,65
Novembre	53,06	84,27	58,99		0				
Décembre	40,07	94,02	65,81		0				
Janvier	36,33	88,36	61,85		0				
Février	42,58	70,43	49,30		0				
Mars	69,09	59,23	41,46		0				
Avril	92,69	39,48	27,64		0				

Mai	123,25	20,15	14,11		0				
Juin	147,45	2,9	0	0,5	59,8	0	0,5	73,73	70,83
Juillet	166,02	0,9	0	0,5	59,8	0	0,65	107,91	107,01
Août	156,13	3,51	0	0,7	83,72	0	0,95	148,32	144,81

Tableau III.14 : Les besoins en eau de l'Ail.

Mois	Eto(mm/mois)	P80%(mm)	Peff(mm)	Z(m)	RFU(mm)	RS _{i-1} (mm)	Kc	ETM(mm)	B(mm)
Septembre	114,04	28,19	19,73		0				
Octobre	85,92	45,38	31,77	0,5	59,8	0	0,5	42,96	0
Novembre	53,06	84,27	58,99	0,5	59,8	0	0,75	39,80	0
Décembre	40,07	94,02	65,81	0,5	59,8	29,9	0,95	38,07	0
Janvier	36,33	88,36	61,85	0,5	59,8	29,9	0,9	32,70	0
Février	42,58	70,43	49,30		0				
Mars	69,09	59,23	41,46		0				
Avril	92,69	39,48	27,64		0				
Mai	123,25	20,15	14,11		0				
Juin	147,45	2,9	0		0				
Juillet	166,02	0,9	0		0				
Août	156,13	3,51	0		0				

Tableau III.15 : Les besoins en eau de l'Oignon sec.

Mois	Eto(mm/mois)	P80%(mm)	Peff(mm)	Z(m)	RFU(mm)	RS _{i-1} (mm)	Kc	ETM(mm)	B(mm)
Septembre	147,38	28,19	19,73		0				
Octobre	95,83	45,38	31,77	0,2	23,92	0	0,4	38,33	0
Novembre	55,81	84,27	58,99	0,4	47,84	0	0,75	41,86	0
Décembre	42,23	94,02	65,81	0,4	47,84	15,95	0,95	40,12	0
Janvier	9	88,36	61,85	0,4	47,84	15,95	0,9	8,10	0
Février	11,5	70,43	49,30	0,4	47,84	23,92	0,7	8,05	0
Mars	14,5	59,23	41,46		0				
Avril	16,5	39,48	27,64		0				
Mai	20,5	20,15	14,11		0				
Juin	26,5	2,9	0		0				
Juillet	29,5	0,9	0		0				
Août	29	3,51	0		0				

III.3.3.3 L'arboriculture :

Tableau III.16 : Les besoins en eau de Cerisier.

Mois	Eto(mm/mois)	P80%(mm)	Peff(mm)	Z(m)	RFU(mm)	RS _{i-1} (mm)	Kc	ETM(mm)	B(mm)
Septembre	114,04	28,19	19,73	1,5	179,4	0	0,55	62,72	34,53
Octobre	85,92	45,38	31,77	1,5	179,4	0	0,55	47,26	1,876
Novembre	53,06	84,27	58,99	1,5	179,4	0	0,55	29,18	0
Décembre	40,07	94,02	65,81	1,5	179,4	89,7	0,55	22,04	0
Janvier	36,33	88,36	61,85	1,5	179,4	89,7	0,55	19,98	0
Février	42,58	70,43	49,30	1,5	179,4	89,7	0,75	31,94	0
Mars	69,09	59,23	41,46	1,5	179,4	59,8	0,75	51,82	0

Avril	92,69	39,48	27,64	1,5	179,4	0	0,75	69,52	30,04
Mai	123,25	20,15	14,11	1,5	179,4	0	0,55	67,79	47,64
Juin	147,45	2,9	0	1,5	179,4	0	0,55	81,10	78,20
Juillet	166,02	0,9	0	1,5	179,4	0	0,55	91,31	90,41
Août	156,13	3,51	0	1,5	179,4	0	0,55	85,87	82,36

Tableau III.17 : Les besoins en eau du Vigne.

Mois	Eto(mm/mois)	P80%(mm)	Peff(mm)	Z(m)	RFU(mm)	RS _{i-1} (mm)	Kc	ETM(mm)	B(mm)
Septembre	114,04	28,19	19,73	1	119.6	0	0,4	45,62	17,43
Octobre	85,92	45,38	31,77	1	119.6	0	0,4	34,37	0
Novembre	53,06	84,27	58,99	1	119.6	0	0	0	0
Décembre	40,07	94,02	65,81	1	119.6	119.6	0	0	0
Janvier	36,33	88,36	61,85	1	119.6	119.6	0	0	0
Février	42,58	70,43	49,30	1	119.6	119.6	0	0	0
Mars	69,09	59,23	41,46	1	119.6	119.6	0,15	10,36	0
Avril	92,69	39,48	27,64	1	119.6	59.8	0,45	41,71	0,00
Mai	123,25	20,15	14,11	1	119.6	0	0,6	73,95	53,80
Juin	147,45	2,9	2,03	1	119.6	0	0,9	132.71	129.81
Juillet	166,02	0,9	0,63	1	119.6	0	0,9	149.42	148.52
Août	156,13	3,51	2,46	1	119.6	0	0,7	109.29	105.78

III.4 Besoins en eau pour les assolements (1) et (2) :

Tableau III.18 : Besoins en eau nets de l'assolement (1) :

mois	Blé	Betterave	Ail	Fraise	P.D.T (AS)	P.D.T (S)	Tomate	cerise	vigne	Total
septembre	0	17,43	0	0	0	28,83	0	34,53	17,43	98,22
Octobre	0	14,76	0	0	0	14,76	0	1,88	0	31,40
novembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
décembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Janvier	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Février	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
mars	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
avril	48,58	0	0	0	53,21	0	32,36	30,04	0,00	164,18
mai	72,29	0	0	0	72,29	0	121,59	47,64	53,80	367,60
juin	63,45	0	0	0	0	0	122,43	78,20	129.81	393.89
juillet	0	0	0	0	0	0	0	90,41	148.52	238.93
août	0	0	0	0	0	0	0	82,36	105.78	188.14

Tableau III.19 : Besoins en eau nets de l'assolement (2) :

mois	Orge en vert	Orge en grain	Tomate	Ail	Haricot	Petit pois	Oignon Sec	Cerise	Vigne	Total
septembre	0	0	0	0	74,45	0	0	34,53	17,43	126,40
octobre	0	0	0	0	27,65	0	0	1,88	0	29,53
novembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
décembre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
janvier	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
février	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

mars	9,86	0	0	0	0	0	0	0	0	9,86
avril	67,11	0	32,36	0	0	0	0	30,04	0,00	129,51
mai	90,78	35,464	121,59	0	0	0	0	47,64	53,80	349,26
Juin	0	46,4	122,43	0	70,83	0	0	78,20	129,81	447.66
Juillet	0	0	0	0	107,01	0	0	90,41	148.52	345.94
Août	0	0	0	0	144,81	0	0	82,36	105.78	332.96

III.5 Calcul du débit spécifique :

Le débit spécifique est défini par la formule suivante :

$$qs = \frac{B_{net} \times 1000 \times 10}{N_i \times N_j \times E_i} \quad \text{III.6}$$

Avec :

Bnet : besoin mensuel maximum net en mm ;

Ni : nombre des heures d'irrigation égal à 22h ;

Nj : nombre de jours de mois de pointe égal à 30j ;

Ei : coefficient d'efficacité globale du système d'irrigation égal à 0.75.

D'après les tableaux des nets des assolements on remarque que l'assolement le plus exigeant c'est le deuxième assolement d'où les besoins de pointe correspondent au mois de Juin :

Bnet= 447.66 mm/mois

qs= 2.51 l/s/ha > 1.5 l/s/ha

Il y a un risque de surdimensionnement car le débit spécifique calculé est important > 1.5 l/s/ha

Dans ce cas on a deux méthodes pour estimer le débit spécifique :

- Prendre la moyenne des débits spécifique de l'ensemble des cultures ;
- Prendre en considération le débit spécifique de la culture la plus exigeante.

Pour notre cas, nous avons pris en considération les besoins de la culture la plus exigeante à savoir la vigne en mois de Juillet.

Bnet= 148.52 mm/mois, donc qs= 0.83 l/s/ha.

Le débit spécifique est de **0.9 l/s/ha**

III.6 Calcul du débit caractéristique :

Le calcul de débit caractéristique permet de définir le débit maximum que le système de desserte aura à fournir pour l'irrigation de chaque parcelle, il est défini par la formule suivante :

$$Q_s = qs \times S \quad \text{III.7}$$

Avec :

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

S : surface net à irriguer en ha qui est égal à 180ha.

Qs= 0.9 × 180 = 162 l/s = 0.162 m³/s ~ 0.2 m³/s

III.7 Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

Le volume d'eau = Besoin bruts de la culture (m³) x la surface occupée par la culture en ha.

Les résultats sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.20 : volumes d'eau d'irrigation.

Type de culture	Surface(ha)	Besoins nets(mm)	Besoins bruts(m ³ /ha)	Besoins totaux(m ³)
Blé	20	198	2640	52800
Orge en grain	15	82	1093,33	16400
Orge en vert	12	168	2240	26880
Pomme de terre (S)	20	125	1666,67	33333,33
Pomme de terre (AS)	15	44	586,67	8800
Tomate	10	283	3773,33	37733
Betterave	7	32	426,67	2986,67
Petit pois	7	0	0	0
Haricot	7	425	5666,67	39666,67
Ail	7	0	0	0
Oignon sec	8	0	0	0
Fraise	7	0	0	0
Cerise	20	365	4866,67	97333
Vigne	25	455	6066,67	151667
Total	180		Total	467600

Conclusion

L'estimation des besoins en eau des cultures est une étape cruciale dans tout aménagement hydro-agricole.

Dans ce chapitre, et en premier lieu nous avons choisi les cultures appropriées pour notre périmètre, en se basant sur les paramètres climatiques et les caractéristiques du sol, tout en se focalisant sur la vocation agricole de la zone étudiée, nous avons estimé l'évapotranspiration de référence en utilisant le logiciel CROPWAT afin d'évaluer avec précision les besoins en eau de chaque culture pour déterminer enfin le débit caractéristique à fournir pour l'irrigation de chaque parcelle.

En dernier lieu, nous avons estimé les volumes d'eau nécessaires pour notre périmètre qui s'élèvent à près de 500 000 m³ d'eau, ces volumes peuvent être assurée par le barrage de Béni Zid qui présente une capacité de stockage de 8.2Hm³, destinée principalement à l'irrigation.

Chapitre IV :
Etude de système
d'adduction-distribution

Chapitre IV : Etude de système d'adduction-distribution

Introduction

L'objectif d'un réseau d'irrigation est d'amener l'eau depuis le barrage jusqu'à n'importe quel point du périmètre d'une façon fiable, avec la quantité et la qualité requise, au moyen d'infrastructures appropriées tels que les stations de pompes et les réservoirs.

Dans ce chapitre, nous allons étudier en profondeur tous les éléments du réseau d'irrigation du périmètre de Collo, incluant la conception des infrastructures hydrauliques et des conduites enterrées du réseau d'adduction et de distribution jusqu'aux parcelles.

IV.2 Alimentation en eau du périmètre :

Le périmètre d'irrigation de la plaine de Collo dont la superficie totale est de 1200ha, sera alimenté à partir du barrage de Beni Zid, qui dispose d'un volume régularisé de 20Hm³, ce barrage permet l'alimentation en eau potable des agglomérations adjacentes, ainsi que l'irrigation de la plaine de Collo, dont les volumes alloués à l'irrigation sont de l'ordre de 8.2Hm³.

Les quantités d'eau nécessaires pour l'irrigation sont assurées à travers un système intégré consistant en une station de pompage, un réseau d'adduction et de distribution et un ouvrage de stockage. Elle revêt une importance capitale en raison de la position stratégique du barrage par rapport au périmètre.

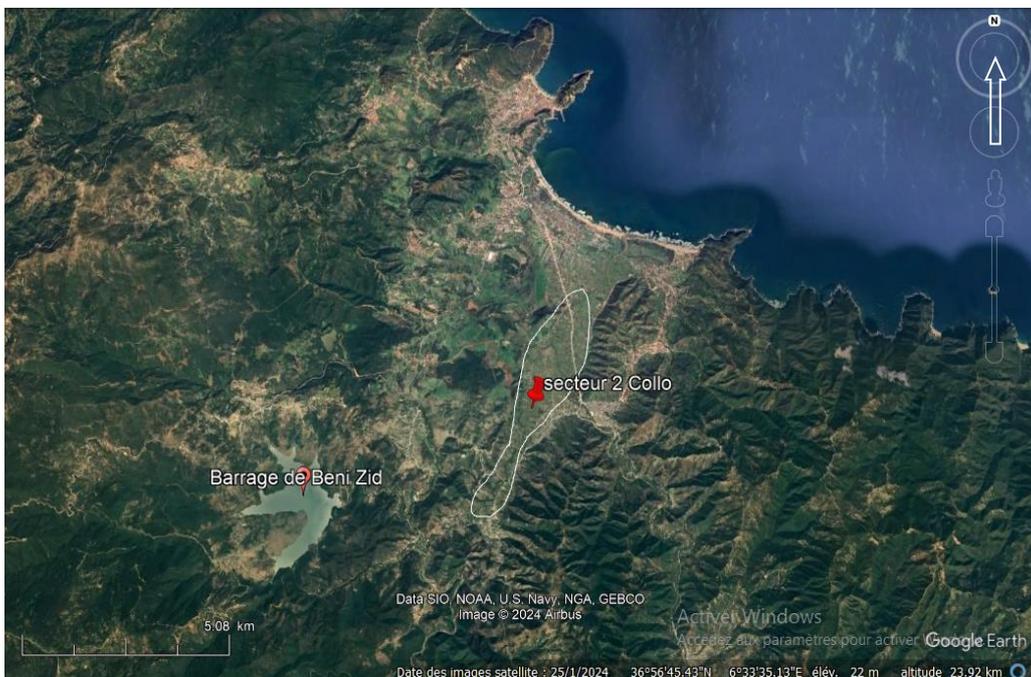


Figure IV.1 : Carte Satellite du périmètre d'étude de Collo et le barrage de Beni Zid.

IV.3 Organisation du périmètre :

L'organisation d'un périmètre sous pression permet une meilleure gestion de l'eau et une organisation efficace des parcelles.

Notre périmètre s'étend sur une superficie totale de 180ha, il est composé de 20 îlots de surfaces qui varient de 2.1 ha à 23 ha.

IV.3.1 Îlots et bornes d'irrigation :

Pour une meilleure gestion de l'eau d'irrigation, on procède au découpage du périmètre en plusieurs îlots. Un îlot d'irrigation est une unité d'arrosage composée de plusieurs parcelles et alimenté par une borne d'irrigation.

La décomposition en îlots d'irrigation est basée sur des critères tels que la topographie les facteurs technico-économiques de réseau d'irrigation, les facteurs organisationnels, et le foncier.

La mise en place des bornes pour les zones de petites et moyennes exploitations est généralement reconnue comme répondant aux critères suivants :

- Une prise par l'îlot d'exploitation ;
- Un maximum de quatre (04) prises sur une même borne ;
- Bornes situées aux extrémités des îlots ou au centre pour les îlots de grande taille.

Il est essentiel que chaque borne, et même chaque sortie, remplisse toutes les fonctions suivantes :

- Réguler le débit, ou plus précisément le limiter au débit de l'îlot.
- Régler la pression, et éliminer les suppressions accidentelles.
- Évaluer la répartition des volumes par la prise.

IV.3.2 Choix de diamètre et de type de bornes :

IV.3.2.1 Calcul hydraulique des bornes:

On calcule le débit de chaque borne capable de desservir un îlot de la manière suivante :

$$Q_B = q_s \times S_i \quad \text{IV.1}$$

Avec :

Q_B : débit de chaque îlot en (l/s) ;

q_s : débit spécifique (l/s/ha) ;

S_i : Surface de chaque îlot en (ha).

Les diamètres des bornes d'irrigation varient principalement en fonction des débits nécessaires pour chaque îlot, comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.1 : Choix du diamètre de la borne en fonction de débit de la borne.

Débit de l'ilot	Diamètre de l'entrée de la borne (mm)
$Q < (40 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 11.11 \text{ l/s})$	D = 65mm-80mm
$(40 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 11.11 \text{ l/s}) < Q \leq (80 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 22.22 \text{ l/s})$	D = 100mm
$(80 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 22.22 \text{ l/s}) < Q \leq (120 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ou } 33.33 \text{ l/s})$	D= 100mm-150 mm

Le choix de type des bornes se fait en fonction de la surface des ilots et le nombre de parcelles, selon le tableau suivant :

Tableau IV.2 : Choix du type des bornes.

Nombre de parcelles	Type	Entrée	Sorties
2 (S<5ha)	A2	Une entrée Ø 65 ; 80 mm	2 sorties Ø 65 mm
4-8 (1<S<20ha)	A4	Une entrée Ø 80, 100, 125 mm	4 sorties Ø 65 mm
2(S≈20 ha)	B2	Une entrée Ø 80, 100 ,125 mm	2 sorties Ø 100 mm
1 (S=100ha)	C	Une entrée 100, 125, 150 mm	Une sortie Ø 150 mm Une sortie Ø 100 mm

Pour notre périmètre d'étude, et vu sa décomposition en 20 ilots, le choix des bornes est détaillé dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.3 : Calcul des débits des ilots et choix du type des bornes.

Ilots	surface (ha)	débit(l/s)	Diamètre entrée (mm)	N° de Parcelles	type borne	Matériau
1	2,07	1,86	65	2	A2	Fonte
2	8,70	7,83	65	4	A4	Fonte
3	3,62	3,26	65	2	A2	Fonte
4	5,90	5,31	65	2	A2	Fonte
5	4,02	3,62	65	2	A2	Fonte
6	2,98	2,68	65	2	A2	Fonte
7	5,17	4,65	65	2	A2	Fonte
8	6,40	5,76	65	4	A4	Fonte
9	4,24	3,81	65	2	A2	Fonte
10	13,37	12,03	100	4	A4	Fonte
11	21,76	19,59	100	4	A4	Fonte
12	23,27	20,94	100	4	A4	Fonte
13	8,44	7,59	65	4	A4	Fonte
14	10,87	9,79	65	4	A4	Fonte
15	14,41	12,97	100	4	A4	Fonte
16	8,81	7,93	65	4	A4	Fonte

17	11,96	10,76	80	4	A4	Fonte
18	12,51	11,25	100	4	A4	Fonte
19	7,71	6,94	65	4	A4	Fonte
20	4,60	4,14	65	2	A2	Fonte

IV.3.3 Description de l'aménagement hydro-agricole du périmètre :

Les périmètres d'irrigation sont aménagés en fonction de l'emplacement de barrage par rapport au périmètre.

Variante sans pompage : la prise de fond du barrage Béni Zid se trouve à une altitude de 29m, la tête de secteur du périmètre Collo secteur 2 est située à une distance de 6000m et à une altitude 28.4m Les estimations hydrauliques faites révèlent des pressions au niveau des bornes relativement insuffisantes, généralement inférieures à 1.5 bars, et dans certains cas des pressions négatives pour les cas les plus défavorables. Dans ce cas, cette variante est écartée du fait des faibles pressions obtenues.

Variante avec pompage : pour y remédier et afin d'assurer des pressions adéquates au niveau des bornes (2.5 bars), nous préconisons une variante hydraulique avec :

- Un système de pompage vers un réservoir de stockage implantée à une l'altitude de 70m ;
- Une desserte gravitaire qui débute du réservoir vers le réseau de distribution, jusqu'aux parcelles.

IV.4 Etude du système de pompage :

Une pompe c'est un appareil permettant de faire circuler un fluide sous pression. Grâce à un moteur, la pompe transforme l'énergie mécanique en une énergie hydraulique (débit et pression). Le fonctionnement des pompes se repose sur une action mécanique (augmentation de volume) crée une dépression à l'aspiration. Le fluide parvient à l'orifice d'alimentation de la pompe sous l'action de la pression. Une deuxième action mécanique (diminution de volume) oblige le fluide à pénétrer dans le circuit. C'est la phase refoulement.

Il existe deux grands types de pompes :

Les pompes volumétriques : sont des pompes dont le principe de fonctionnement repose sur des variations de volume permettant le déplacement d'un liquide. En un temps donné, la pompe va prélever une quantité de liquide, qui est aspiré puis transféré grâce à la pression de refoulement.

Les turbopompes/ roto-dynamiques :

Une turbopompe est une machine roto-dynamique qui sert à élever, par l'effet de rotation de la roue à aubes, la pression du fluide qui la traverse. Le principe de fonctionnement des

turbopompes repose sur la variation de vitesse de l'eau pompée. Pratiquement, leur fonctionnement se résume en trois étapes :

L'aspiration : assurée et facilitée par le distributeur ; la vitesse du fluide entrant augmente alors que la pression diminue ;

L'accélération : assurée par le rotor ; la rotation de la roue augmente la vitesse du liquide et les forces centrifuges augmentent la pression ;

Le refoulement : assuré par le diffuseur, la vitesse diminue et la pression augmente. L'énergie cinétique est donc convertie en énergie de pression.

Selon le type du rotor et son mode d'action, on distingue dans la catégorie des turbopompes, les trois principaux types suivants :

- Les pompes centrifuges : les veines liquides au refoulement sont perpendiculaires à celles de l'écoulement à l'aspiration ;
- Les pompes hélices ou axiale : les veines liquides au refoulement sont parallèles à celles de l'écoulement à l'aspiration ;
- Les pompes hélico-centrifuge ou semi-axiales : Les filets liquides se déplacent dans une direction diagonale de l'entrée de roue à sa sortie.

IV.4.1 Calcul de la hauteur manométrique totale d'élévation :

La hauteur manométrique totale est donnée par la formule:

$$HMT = (H_{ref}) + J + Pr \quad \text{IV.2}$$

Avec :

HMT : Hauteur Manométrique Totale en (m).

H_{ref} : hauteur de refoulement (m).

H_g : Hauteur géométrique en (m) = hauteur d'aspiration+ hauteur de refoulement.

J : perte de charge fonction de la longueur du tuyau, des accessoires (vannes, coudes).

Pr : Pression résiduelle (mCE) pression à la sortie du tube de refoulement (0.5-1m).

IV.4.2 Calcul de la hauteur géométrique H_g :

Pour notre cas, nous avons les données suivantes :

H_r : Côte du réservoir = 70 m

H_b : côte axe la pompe : 28.5 m

Donc la hauteur géométrique est de H_g = 70 - 28.5 = **41.5m**

IV.4.3 Calcul des pertes de charge totales :**a) Pertes de charge totales linéaires :**

Pour déterminer les pertes des charges linéaires on utilise la formule de Hazen-Williams qui est la suivante :

$$\Delta H_l = J = \left(\frac{3.592}{CHW}\right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}} \times Q^{1.852} \quad \text{IV.3}$$

Avec :

J : perte de charge en m ;

CHW : Coefficient de Hazen-Williams, CHW=130 pour le cas de la fonte;

L : longueur de la conduite en m, pour notre cas elle est de 3232m ;

D : diamètre en m ;

Q : le débit à refouler en m³/s.

b) Calcul des pertes de charges singulières : elles sont estimées à 10% des pertes de charges linéaire :

$$\Delta H_s = 0.1\Delta H_l \quad \text{IV.4}$$

Les pertes de charges totale :

$$\Delta H = \Delta H_l + \Delta H_s \quad \text{IV.5}$$

Calcul du débit à refouler :

$$Q_c = q_s \cdot Stot = (0.9 \cdot 180) / 1000 = 0.162 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{forcé} = Q_c \cdot 1.05 = 0.1701 \text{ m}^3/\text{s}$$

Calcul de diamètre :

$$D = \sqrt[4]{Q_{ref}} = \sqrt[4]{0.1701} = 0.412 \text{ m} = 412 \text{ mm}$$

Le choix du diamètre de la conduite de refoulement se fait sur la base d'une analyse technico-économique entre le coût d'investissement et coût d'exploitation.

Les résultats du calcul des hauteurs manométriques totales pour les différents diamètres des conduites en fontes sont détaillés dans le tableau suivant :

Tableau IV.4 : les résultats du calcul de la HMT pour les différents diamètres.

Diamètre (mm)	V(m/s)	linéaire(m)	Pdc lin	Pdc sing	Pdc tot	HMT(m)
300	2,41	3232	55,54	5,55	61,10	102,60
400	1,35	3232	13,68	1,37	15,05	56,55
500	0,87	3232	4,62	0,46	5,08	46,58
600	0,60	3232	1,90	0,19	2,09	43,59
700	0,44	3232	0,90	0,09	0,99	42,49

IV.5 Calcul des frais d'exploitation :

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

$$F_{exp} = E \times e \quad \text{IV.6}$$

Avec :

F_{exp}: Frais d'exploitation en DA;

E : Énergie totale dépensée par la pompe (KWh) ;

e : Prix unitaire d'un KWh imposé par la SONELGAZ. (e = 4,67DA)

La puissance des pompes :

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

$$P_u = \frac{\rho \times g \times Q \times HMT}{\eta} \quad \text{IV.7}$$

Avec :

P_u : puissance absorbée par la pompe en KWh ;

ρ : Masse volumique de l'eau liquide en g/cm³ ;

g : accélération de la pesanteur en m/s² ;

Q : débit à refouler en m³/s ;

HMT : hauteur manométrique totale en m ;

η : rendement de pompage (75%).

Energie consommée par la pompe :

On peut estimer l'énergie consommée par la station de pompage par la formule ci-dessous :

$$E = P_u \times t \times 365 \quad \text{IV.8}$$

Avec :

E : énergie consommé par la pompe pendant une année en KWh/an ;

P_u : puissance absorbée en KWh ;

t : temps de pompage en heure (22h).

Tableau IV.5 : Calcul des frais d'exploitation.

Diamètre (mm)	HMT	P(KWh)	P(KWh/an)	F _{exp} (DA)
300	102,60	225,26	1 808 850,54	8 447 332,0
400	56,55	124,16	997 041,16	4 656 182,2
500	46,58	102,27	821 195,34	3 834 982,2
600	43,59	95,71	768 519,21	3 588 984,7
700	42,49	93,28	749 071,14	3 498 162,2

IV.6 Calcul des frais d'investissement

Les frais d'amortissement sont estimés en fonction de la durée d'amortissement de la conduite et du taux d'annuité, on peut les donner par la relation suivante :

$$F_{am} = Prc \times A \quad \text{IV.9}$$

Avec :

Fam : frais d'amortissement en DA ;

Prc : prix de ML de la conduite en DA ;

A : amortissement annuel, il est donné par la formule ci-dessous :

$$A = \frac{i}{1-(i+1)^n} \quad \text{IV.10}$$

Avec :

i : taux d'intérêt ($i = 8\%$) ;

n : durée d'amortissement de la conduite ($n = 30$ ans).

$$\text{A.N: } A = \frac{0.08}{1-(0.08+1)^{30}} = 0.0888$$

Les résultats de l'estimation des frais d'investissements sont donnés dans le tableau ci-joint :

Tableau IV.6 : Calcul des frais d'investissement.

Diamètre (mm)	prix de pose (DA)	Prix de mL(DA)	L(m)	prix total (DA)	A	Finv(DA)
300	500	6500	3232	22624000	0,08883	2009689,92
400	650	7490	3232	26308480	0,08883	2336982,278
500	880	9300	3232	32901760	0,08883	2922663,341
600	950	12000	3232	41854400	0,08883	3717926,352
700	1100	15700	3232	54297600	0,08883	4823255,808

IV.7 Le bilan total des frais :

Afin de déterminer le diamètre économique de la conduite de refoulement on calcule le bilan total des frais et pour chaque diamètre :

Tableau IV.7 : bilan des frais.

Diamètre (mm)	Fexp(DA)	Finv(DA)	Bilan(Da)
300	8447332,007	2009689,92	10457021,93
400	4656182,233	2336982,278	6993164,512
500	3834982,217	2922663,341	6757645,558
600	3588984,721	3717926,352	7306911,073
700	3498162,222	4823255,808	8321418,03

D'après l'étude technico-économique, on constate que le diamètre de notre conduite de refoulement est de **500mm** avec un débit à refouler de **0.17m³/s** et une hauteur manométrique totale de **47m**.

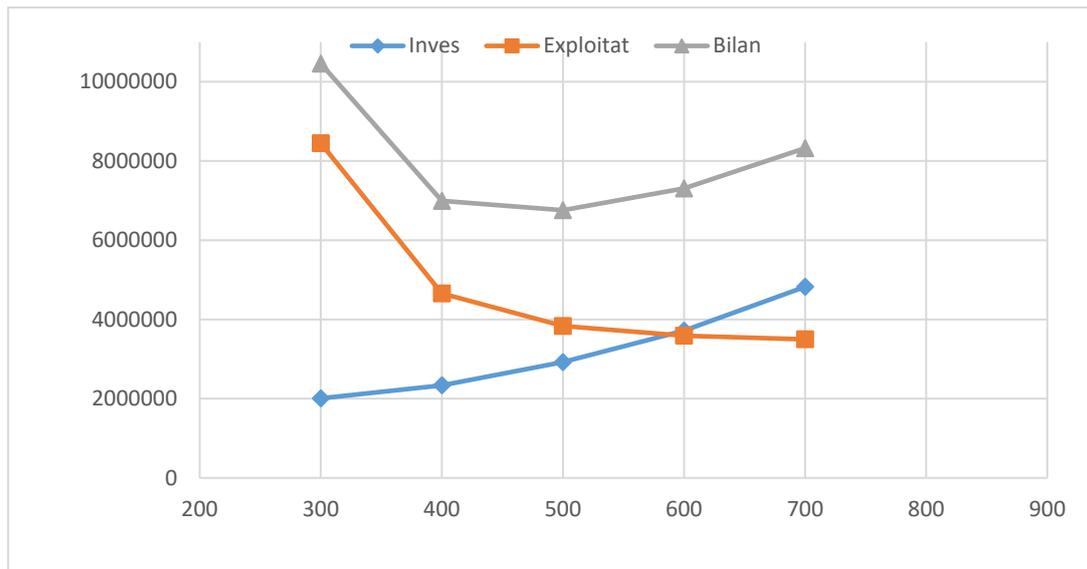


Figure IV.2 : Analyse technico-économique du diamètre de refoulement.

IV.8 Choix du nombre et du type de pompes:

Pour un choix optimal de variante de nombre de pompes, il faut respecter certaines conditions qui sont :

- ✓ Nombre minimale de pompes ;
- ✓ Rendement maximal ;
- ✓ Puissance absorbé minimale ;
- ✓ (NPSH) requis minimal.

Afin de choisir le type de pompes à installer il est impératif de suivre les critères suivant :

- ✓ La pompe doit assurer le débit et la HMT ;
- ✓ Pompe anti cavitation ;
- ✓ Rendement maximal ;
- ✓ Puissance absorbée minimale ;
- ✓ La pompe doit être fabriquée en série.

IV.8.1 Choix des pompes :

D'après l'étude technico-économique précédente on a retiré les données suivantes :

- $Q_{ref} = 0.1701 \text{m}^3/\text{s}$
- $HMT = 47\text{m}$

En utilisant le logiciel des pompes Caprari, on peut déterminer le type et le nombre des pompes qui respectent les conditions fixées, les résultats sont donnés dans le tableau qui suit :

Tableau IV.8 : résultat de choix des pompes par le logiciel Caprari.

Nbre pompes	débit (l/s)	HMT demandé (m)	Type de pompe	Q pompe (l/s)	HMT pompe	puissance (KW)	Rendement (%)	NPSHr (m)
1	170	47	-	-	-	-	-	-
2	170	47	PM150	167	46,8	98,5	78,5	3,15
3	170	47	MEC-A2/100	170	47	105	76,5	5,11
4	170	47	PM80	165	46,8	95	79,6	4,39

D'après les résultats du tableau IV.8, on constate que le système de pompage utilisé pour le périmètre de Collo (secteur 2) est composé de 2 pompes du modèle PM15, et d'une pompe de secours.

IV.8.2 Protection contre la cavitation:

La cavitation est un problème très courant dans les pompes, en particulier les pompes centrifuges, car cet état est directement lié au fonctionnement de l'impulseur de la pompe. La principale cause de cavitation dans une pompe est due à une faible NPSH à l'extrémité d'aspiration de la pompe, le NPSH est l'énergie qui pousse le liquide via la pompe. Lorsque le NPSH tombe, la cavitation se produit.

Pour empêcher la cavitation de se produire dans nos pompes il est nécessaire de vérifier la condition suivante :

$$(NPSH)r + 0.5 < (NPSH)d \quad \text{IV.11}$$

Avec :

(NPSH)r : charge nette d'aspiration requise, elle est donnée par le fournisseur ;

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

Pour le calcul de la (NPSH)d on utilise la formule suivante :

$$(NPSH)d = \frac{P_{atm}}{\rho g} - \frac{P_v}{\rho g} - (Z_e + \Delta h_{asp}) - \frac{V_{asp}^2}{2g} \quad \text{IV.12}$$

Avec :

$\frac{P_{atm}}{\rho g}$: en mCE, la hauteur de pression atmosphérique locale, en fonction de l'emplacement de la station de pompage. Il est égal à 10.33 m ;

$\frac{P_v}{\rho g}$: en mCE, pour la plupart des installations, est en fonction de la température ambiante.

Avec une température d'eau comprise entre 15°C et 20°C, il est recommandé de prendre : $P_v=20\text{hPa}=0.24\text{m}$;

Z_e : la différence de dénivelé entre le niveau de pompage et la bride d'entrée de la pompe ;

Δh_{asp} : Pertes de charge à l'aspiration ;

V_{asp} : vitesse d'écoulement dans la conduite d'aspiration.

A.N :

- $D_{asp} = 200\text{mm}$
- $V_{asp} = 5.41\text{m/s}$
- $(NPSH)_r = 3.15$

$$(NPSH)_d = 10.3 - 0.24 - (2 + 0.016) - \frac{5.41^2}{2 \cdot 9.81} = 6.85\text{m} > 3.15 + 0.5 \rightarrow \text{condition vérifiée.}$$

IV.8.3 Protection contre le coup de bélier :

Le coup de bélier est un phénomène de surpression qui se manifeste lors de la variation soudaine de la vitesse d'un fluide dans un réseau de canalisation.

Lors de la fermeture d'une vanne, l'inertie de l'eau en mouvement est subitement freinée. Cela génère une modification dynamique de la pression ce qui entraîne la rupture de la conduite. Pour éviter ce genre de problème il est nécessaire d'installer un réservoir d'air qui est l'appareil le plus utilisé pour la protection contre le coup de bélier. C'est un récipient contenant de l'air comprimé dans sa partie supérieure et de l'eau dans sa partie inférieure.

Dans notre étude, nous avons utilisé l'abaque de Vibert pour le dimensionnement de réservoir d'air. Les résultats de calcul sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau IV.9 : calcul de réservoir d'air.

Z_0 (m)	51,5
Z_{max} (m)	110
Z_{max}/Z_0	2
V_0 (m/s)	0,87
h_0 (m)	0,038
h_0/Z_0	0,000743
Z_{min}/Z_0	0,5
Z_{min}	25,75
$U_0/L \cdot S$	0,0034
U_0	2.16
U_{max} (m³)	4,32
Maj U_{max} 20%	5.18
pression restante(m)	15,75
dépression (m)	25,75

Le réservoir anti-bélier a un volume de **6m³**.

IV.9 Dimensionnement du réservoir de stockage :

Il est nécessaire d'installer un réservoir de stockage afin d'assurer la disponibilité des eaux d'irrigation en cas de besoin et une charge hydraulique suffisante. Le volume de réservoir de stockage est indiqué comme suit :

$$V_{réservoir} = Q_{forcé} \times tnf \quad \text{IV.13}$$

Avec :

$V_{réservoir}$: Volume de réservoir en m³ pour notre cas il est d'une forme circulaire ;

$Q_{forcé}$: Débit forcé en m³/s ;

tnf : temps de non fonctionnement égal à 1 heure.

A.N: $V_{réservoir} = 0.1701 * 1 * 3600 = 612.36 \text{ m}^3$

On prend le volume de réservoir de stockage **800m³** et on fixe sa hauteur à 4m on obtient :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times V}{\pi \times h}} \rightarrow \mathbf{D = 16m}$$

Pour satisfaire les besoins en eau de périmètre Collo (secteur 2) on a un réservoir avec un Volume égal de 800m³, son diamètre sera égal à 16m ;

IV.10 Etude de système adduction-distribution (desserte gravitaire) :

A partir du réservoir de stockage l'alimentation des bornes et donc les parcelles du périmètre se fait par la force de pesanteur en utilisant des conduites qui sont conçues un matériau choisie en suivant des critères importants.

IV.10.1 Choix du matériau des conduites :

Le choix des matériaux utilisés dépend de la pression supportée, de l'érosion des sols et de l'ordre économique (coût et disponibilité du marché local et de sa production en Algérie) et des bonnes liaisons entre canalisations et équipements, coudes, vannes, etc.).

Actuellement les réseaux d'irrigation sont construits en matériaux suivants :

Conduites en fonte : présentent plusieurs avantages :

- Bonne résistance aux forces internes ;
- Bonne résistance à la corrosion ;

Conduites en PEHD : Ils supportent des pressions élevées et ont une résistance aux contraintes (choc, écrasement, déplacement du terrain), Ils peuvent être adaptés à toutes les conditions de service, et offrent une bonne flexibilité.

Dans notre cas, les conduites seront en PEHD si leur diamètre est inférieur ou égal à 315mm et en fonte dans le cas contraire.

IV.10.2 Calculs hydrauliques :

Le calcul hydraulique est le dimensionnement de réseau qui englobe : la détermination des diamètres et matériaux des conduites, les côtes piézométriques des nœuds et des bornes ainsi que ses pressions.

L'estimation des diamètres des conduites est faite selon la formule de continuité de type Chezy,

- Le diamètre : $D = \sqrt{\frac{4Q}{1.5\pi}}$ **IV.14**

IV.10.2.1 Calcul des pressions des nœuds et des bornes :

- Le calcul des pressions est basé sur le principe de Bernoulli, qui décrit le mouvement d'un fluide réel entre le point 1 et le point 2 :

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta H \quad \text{IV.15}$$

- Côte piézométrique :

Côte piézométrique avale = Cote piézométrique amont – perte de charge.

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

$$\Delta H_L = J = \left(\frac{3.592}{CH_W}\right)^{1.852} * \frac{L}{D^{4.87}} * Q^{1.852}$$

- Pression : Pression = Cote piézométrique - Cote terrain.

Les pertes de charges totales sont les pertes de charges linéaires majorées de 10% pour prendre en compte les pertes de charges singulières.

Les résultats de calcul sont donnés dans le tableau N° IV.10 :

Tableau IV.10 : Calcul du réseau de distribution.

N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	L(km)	s(HA)	Q(l/s)	Dia calculé (mm)	Dia Normalisé (mm)	Matériau	Vitesse V réelle (m/s)	P.ch (m)- Hazan Williams	P.ch totales	Cote terrain Z (m)	côte piézométrique (m)	Pression au point P(m)	P/Bars
R-TS	1517,07	1,5	180	162	370,82	400	Fonte	1,29	5,12	5,63	23,50	68,37	44,87	4,49
TS-N1	75,3	0,075	180	162	370,82	400	Fonte	1,29	0,25	0,28	21,73	68,09	46,36	4,64
N1-B1	52,157	0,052	2,07	1,863	39,77	50	PEHD	0,95	1,13	1,24	21,66	66,86	45,20	4,52
N1-N2	84,47	0,084	177,93	160,14	368,68	400	Fonte	1,27	0,28	0,31	20,06	66,55	46,49	4,65
N2-B2	110	0,110	8,7	7,83	81,52	90	PEHD	1,23	1,94	2,13	19,16	64,42	45,26	4,53
N3-B5	245	0,245	4,02	3,618	55,42	63	PEHD	1,16	5,87	6,46	21,39	60,09	38,70	3,87
N2-N3	48,46	0,048	165,21	148,70	355,26	400	Fonte	1,18	0,14	0,15	19,39	59,94	40,55	4,06
N3-B3	36	0,036	3,62	3,258	52,59	63	PEHD	1,05	0,71	0,78	19,44	59,16	39,72	3,97
N3-N4	37,6	0,038	161,59	145,43	351,35	400	Fonte	1,16	0,10	0,11	19,56	59,04	39,48	3,95
N4-B4	68,8	0,069	5,9	5,31	67,14	75	PEHD	1,20	1,43	1,58	18,10	57,47	39,37	3,94
N4-N5	255,5	0,256	155,69	140,12	344,87	400	Fonte	1,12	0,66	0,72	16,66	56,74	40,08	4,01
N5-B8	65,9	0,066	6,4	5,76	69,92	75	PEHD	1,30	1,60	1,76	17,12	54,98	37,86	3,79
N5-N6	47,3	0,047	149,29	134,36	337,71	400	Fonte	1,07	0,11	0,12	16,45	54,86	38,41	3,84
N6-B7	85,9	0,086	5,17	4,653	62,85	75	PEHD	1,05	1,40	1,54	17,17	53,32	36,15	3,61
N6-B6	275	0,275	2,98	2,682	47,71	63	PEHD	0,86	3,78	4,16	16,43	50,70	34,27	3,43
N6-N7	84,85	0,085	141,14	127,1	328,36	400	Fonte	1,01	0,18	0,20	16,75	54,66	37,91	3,79
N7-B9	264	0,264	4,24	3,82	56,91	63	PEHD	1,22	6,98	7,68	20,10	46,98	26,88	2,69
N6-N8	490	0,490	136,9	123,21	323,39	400	Fonte	0,98	1,00	1,09	16,55	53,77	37,22	3,72
N8-B10	67,42	0,067	13	11,7	99,66	110	PEHD	1,23	0,94	1,03	16,01	52,73	36,72	3,67
N8-N9	221,43	0,221	123,9	111,51	307,66	315	PEHD	1,43	1,20	1,32	15,61	52,45	36,84	3,68
N9-B11	108,12	0,108	21,76	19,584	128,93	160	PEHD	0,97	0,63	0,69	15,56	51,76	36,20	3,62
N9-N10	377,3	0,377	102,14	91,926	279,34	315	PEHD	1,18	1,43	1,57	14,37	50,88	36,51	3,65
N10-B12	105	0,105	23,27	20,943	133,33	160	PEHD	1,04	0,69	0,76	14,56	50,12	35,56	3,56
N10-N11	453,7	0,454	78,87	70,983	245,46	315	PEHD	0,91	1,06	1,17	13,55	49,71	36,16	3,62

N11-B13	55,46	0,055	8,3	7,47	79,63	90	PEHD	1,17	0,90	0,99	13,42	48,73	35,31	3,53
N11-N12	134,85	0,135	70,57	63,51	232,19	250	PEHD	1,29	0,79	0,87	12,77	47,86	35,09	3,51
N12-B14	71,11	0,071	10,87	9,78	91,13	110	PEHD	1,03	0,71	0,78	13,80	47,07	33,27	3,33
N12-N13	203,22	0,203	59,7	53,73	213,56	250	PEHD	1,09	0,88	0,96	11,30	46,89	35,59	3,56
N13-B15	62,43	0,062	14,41	12,97	104,92	110	PEHD	1,36	1,05	1,16	13,60	45,73	32,13	3,21
N13-N14	550,8	0,551	45,29	40,76	186,01	200	PEHD	1,30	4,22	4,64	10,76	42,26	31,50	3,15
N14-B17	58,5	0,059	11,66	10,49	94,38	110	PEHD	1,10	0,67	0,73	12,48	41,52	29,04	2,90
N14-N15	92,62	0,093	33,63	30,27	160,29	200	PEHD	0,96	0,41	0,45	7,50	41,81	34,31	3,43
N15-B16	85	0,085	8,81	7,93	82,04	90	PEHD	1,25	1,53	1,69	14,37	40,12	25,75	2,57
N15-N16	117,8	0,118	24,82	22,34	137,70	160	PEHD	1,11	0,88	0,97	12,25	40,84	28,59	2,86
N16-B19	73,88	0,074	7,71	6,94	76,75	90	PEHD	1,09	1,04	1,14	12,01	39,70	27,69	2,77
N16-N17	122,37	0,122	17,11	15,40	114,33	160	PEHD	0,77	0,46	0,50	11,49	40,34	28,85	2,88
N17-B18	109,02	0,109	12,51	11,26	97,76	110	PEHD	1,18	1,42	1,56	12,10	38,78	26,68	2,67
N17-N18	95	0,095	4,6	4,14	59,28	75	PEHD	0,94	1,25	1,37	11,46	38,96	27,50	2,75
N18-B20	72,1	0,072	4,6	4,14	59,28	75	PEHD	0,94	0,95	1,04	11,80	37,92	26,12	2,61

Conclusion

Au cours de ce chapitre, le système d'adduction et de distribution a été identifié comme élément essentiel d'un projet d'aménagement hydro-agricole. La variante d'aménagement retenue est constituée d'un pompage depuis le barrage Béni Zid vers le réservoir situé à une altitude de 70m, et une desserte gravitaire vers le périmètre, la conduite de refoulement d'une longueur de 3232m présente un diamètre de 500mm s'est avéré le plus adapté parmi les deux variantes présentées, en raison des pressions adéquates.

Après, nous avons effectué des calculs des paramètres hydrauliques pour les conduites de tous les segments du réseau de distribution pour les parcelles de 20 îlots. L'utilisation de conduites en fonte pour un diamètre de 400mm est recommandée, tandis que le PEHD est recommandé lorsque le diamètre est inférieur ou égal à 315 mm. Les pressions obtenues sont généralement satisfaisantes, varient entre 2 et 4 bars.

Chapitre V :
Techniques d'irrigation

Chapitre V : Techniques d'irrigation

Introduction

Pour assurer le développement des plantes, et dans le cas d'un déficit pluviométrique, l'irrigation est indispensable pour couvrir les besoins en eau, ceci afin de garantir des cultures à hauts rendements.

Il existe plusieurs techniques d'irrigation qui permettent d'amener l'eau aux plantes durant les différents stades végétatifs, ces techniques sont développées et visent à mieux exploiter l'eau au niveau d'une parcelle.

Les techniques d'irrigation sont classées en deux grandes catégories : l'irrigation gravitaire ou de surface et les techniques sous pression.

V.2 L'irrigation de surface :

L'irrigation de surface est la méthode la plus ancienne où l'eau s'écoule naturellement et se répand sur dans le périmètre par gravité. Qu'il s'agisse d'une submersion ou par sillons l'eau est écoulee directement sur la surface de sol, sans aucun apport énergétique.

V.2.1 Irrigation par sillons :

Les sillons sont des petites rigoles en terre aménagés dans le sens de pente de terrain pour transporter l'eau entre les rangées de cultures. L'eau s'infiltre dans le sol, principalement par les côtés du sillon, tout le long de son trajet dans le sens de la pente du terrain. Généralement, les plantes sont cultivées sur les raies séparant deux sillons consécutifs.



Photo V.1 : Irrigation par sillons

Les terrains plats ou en pente douce sont les plus adéquats pour cette méthode, car il est indispensable que la pente ne dépasse jamais 2%.

L'irrigation par sillons est recommandée pour différents types de cultures, principalement pour les cultures en lignes et qui ne tolèrent pas la submersion de leur feuillage ou de leur collet par les eaux pour un temps long.

V.2.2 Irrigation par planches :

Les planches sont des bandes de terrain, aménagées en pente douce et séparées par des diguettes qui sont conçues pour guider les filets d'eau dans leur ruissèlement à travers la planche. La lame d'eau introduite ruisselle en descendant la pente de la planche, guidée par les diguettes des deux côtés de celle-ci, la pente doit être faible, généralement inférieure à 2%. Les dimensions des planches dépendent de plusieurs facteurs tels que le type du sol, du débit, de la pente du terrain, de la dose d'arrosage ainsi que les pratiques culturales et la taille de l'exploitation. La pratique des planches est recommandée pour l'irrigation de la luzerne, et les cultures arboricoles.

V.2.3 Irrigation par bassins :

Les bassins sont constitués de cuvettes en terre, aménagés sur des terrains de pente faible ou presque nulle, entourées de diguettes de faible hauteur qui sont conçues pour empêcher l'eau de s'écouler vers les champs adjacents. La technique d'irrigation par bassins est adoptée aux cultures qui tolèrent la submersion telles que les rizières, son inconvénient est qu'elle nécessite de gros volumes d'eau.



PhotoV.2 : Irrigation par bassins.

V.2.4 Avantages et inconvénients de l'irrigation de surface par gravité :

Les avantages :

- Coût relativement faible ;
- La simplicité de la technique ;
- Nécessite des connaissances relativement faibles pour l'exploitation et l'entretien ;

Les inconvénients :

- Nécessite de gros volumes d'eau et pertes en eau importantes ;
- Temps d'irrigation important ;
- Lessivage des engrais ;
- Nécessite de nivellement et d'entretien.

V.3 L'irrigation sous-pression :

Un réseau de conduites sous pression est un système d'irrigation composé de conduites, de raccords et d'autres équipements conçus et installés pour transporter l'eau sous pression de la source jusqu'à la surface à irriguer. Les deux techniques les plus couramment utilisées sont: l'irrigation par aspersion et l'irrigation au goutte à goutte.

V.3.1 L'irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion consiste à fournir l'eau nécessaire aux cultures sous forme de pluie naturelle. L'eau est mise sous pression, généralement par pompage, pour être ensuite distribuée au moyen d'un réseau de canalisations. La distribution d'eau est faite au moyen de rampes d'arrosage équipées d'asperseurs. Cette technique s'adapte à toutes les pentes de terrain cultivable, qu'elles soient uniformes ou irrégulières et elle convient aux cultures en lignes, de plein champ, on distingue les réseaux fixes (asperseurs) et les appareils mobiles tels que le pivot.



Photo V.3 : Irrigation par asperseurs

V.3.1.1 Schéma d'un réseau d'aspersion :

Le schéma type d'un réseau d'irrigation par aspersion comporte les éléments suivants:

- L'unité de pompage : comporte généralement une pompe centrifuge qui puise l'eau de la source et la refoule à la pression requise dans le réseau de canalisations.
- Les canalisations principales et secondaires : servent à transporter l'eau de la pompe jusqu'aux rampes d'arrosage. Ces canalisations sont généralement fixes et posées à la surface du sol ou enterrées tels que les portes rampes et les rampes.
- Les asperseurs : peuvent être soit mono ou double-buse. Ces asperseurs ont pour fonction de générer un jet d'eau sous pression. L'eau s'écoule alors en petites gouttes, tout comme les gouttes de pluie.

V.3.1.2 Avantages et inconvénients de l'irrigation par aspersion :

Les avantages :

- Permet une économie d'eau et une uniformité d'arrosage ;
- Large gamme de matériels et de conduites;
- Convient à tous les types de sol ;
- Possibilité d'automatisation de système donc moins de main d'œuvre.

Les inconvénients :

- Coût d'installation ;
- L'uniformité de la distribution de l'eau est réduite en cas de vent ;
- La pression requise est généralement plus élevée ;

V.3.2 L'irrigation goutte à goutte :

L'irrigation au goutte à goutte, appelée aussi micro-irrigation, consiste à délivrer l'eau à la surface du sol sous forme de gouttes avec une faible dose (2-8 litres par heure). L'eau est délivrée au voisinage immédiat de la culture. En irrigation goutte à goutte, la fréquence des arrosages est supérieure à celle des autres méthodes (généralement tous les 4-5 jours), ce qui maintient une forte humidité du sol, favorable à la croissance des cultures. Cette méthode d'irrigation s'adapte à tout terrain irrigable et elle convient surtout aux cultures en lignes : cultures maraichères, arboriculture, et la vigne.

V.3.2.1 Schéma d'un réseau goutte à goutte :

Une installation type d'irrigation au goutte à goutte comporte les éléments ci-dessous :

- L'unité de pompage : puise l'eau de la source et la refoule à la pression désirée dans le réseau de distribution, pour assurer le bon fonctionnement des goutteurs.
- L'unité de tête ou la station de tête : consiste en une série de vannes pour contrôler le débit et la pression dans le réseau. Elle peut aussi comporter un filtre pour la clarté de l'eau. Les filtres couramment utilisés sont les filtres à sable et les filtres à particules (argiles et limons).
- Les canalisations principales et secondaires et les rampes : transportent l'eau de l'unité de tête pour la délivrer aux champs d'irrigation. Elles sont en PVC ou en PEHD.
- Les goutteurs : sont des dispositifs qui ont pour rôle de délivrer le débit désiré à la plante. L'écartement courant des goutteurs est de 1 m environ, un ou plusieurs goutteurs peuvent être prévus pour irriguer un arbre.



Photo V.4 : Irrigation au goutte à goutte.

V.3.2.2 Avantages et inconvénients de l'irrigation goutte à goutte :

Les avantages :

- Utilisation optimale d'eau et d'engrais, et donc une bonne efficacité de l'eau ;
- Parfait équilibre en apport d'eau, d'engrais et d'oxygène, ce qui favorise un développement plus rapide de la plante
- Forte réduction du risque d'apparition des maladies fongiques par le fait de ne pas mouiller les feuilles ;
- Ce type de système peut fonctionner parfaitement sur une culture à petite échelle comme à très grande échelle (polyvalence importante) ;
- Installation fixe sur le terrain, donc très faible besoin de main d'œuvre.

Les inconvénients :

- Coût d'installation élevé, ce qui fait qu'elle est réservée pour l'irrigation des cultures à forte productivité et de haute qualité.
- Nécessite une filtration de l'eau pour ne pas obturer les goutteurs et un entretien de l'installation.

V.4 Choix de la technique d'irrigation :

Le choix d'un système d'irrigation par rapport à un autre se réfléchit en fonction d'un certain nombre de facteurs, à savoir : selon plusieurs critères : type de culture, type de sol, facteurs économiques ou environnementaux.

V.4.1 Contraintes naturelles :

Le choix de la technique d'irrigation est influencé par les contraintes naturelles telles que : le type de sol, la pente de terrain, le climat et la qualité de l'eau et sa disponibilité.

Le type de sol : il joue un rôle crucial dans l'irrigation car les sols n'ont pas tous la même capacité de rétention d'eau.

La pente de terrain : Il est recommandé d'utiliser l'irrigation par aspersion ou au goutte-à-goutte sur des terrains à forte pente ou à pente irrégulière.

Le climat : Dans des régions à vents forts dominants, l'irrigation au goutte à goutte ou de surface est préférable. Dans le périmètre Collo les vents ne sont pas très forts c'est pourquoi toutes les techniques pourront être utilisées.

La disponibilité et la qualité de l'eau : Il est préférable d'adapter l'irrigation au goutte à goutte ou l'irrigation par aspersion au cas des ressources en eau sont limitées. De plus, pour une eau riche en sédiments l'irrigation par aspersion est plus adaptée que les autres techniques par goutte à goutte par exemple.

Conclusion

Le choix d'une technique d'irrigation adéquate est essentiel pour les exploitations agricoles. Il est important de prendre en compte plusieurs facteurs tels que le type de sol, le type de culture, le climat, la source d'eau et la disponibilité des ressources en eau lors de la sélection du système d'irrigation approprié. Par rapport à d'autres techniques d'irrigation, le goutte à goutte et l'aspersion présentent des avantages et répondent de manière efficace aux besoins de la zone d'étude.

Pour notre zone d'étude, l'irrigation par aspersion est plus adaptée pour la céréaliculture, l'irrigation goutte à goutte est préférée dans le cas des cultures maraichères et arboricoles.

Chapitre VI :
Dimensionnement à la
parcelle

Chapitre VI: Dimensionnement à la parcelle

Introduction

L'alimentation en eau des champs d'irrigation est faite à l'aide de prises d'eau (les bornes), l'eau est acheminée depuis la borne jusqu'à le dernier point de la parcelle avec un système d'irrigation adéquat pour une distribution d'eau équitable et optimum.

L'objectif de ce chapitre est de dimensionner les réseaux d'irrigation au goutte à goutte et par aspersion qui sont les plus adaptés à notre étude pour une meilleure économie d'eau.

VI.2 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation au goutte à goutte :

VI.2.1 Données générales :

Pour élaborer le système d'irrigation au goutte à goutte, nous avons opté pour la parcelle N°55 dans l'îlot N°18, qui possède les caractéristiques suivantes :

- Superficie : 0.72Ha
- Longueur : 90m
- Largeur : 80m

VI.2.1.1 Choix de culture : Pour le dimensionnement de réseau d'irrigation au goutte à goutte nous avons choisi comme culture la vigne. La vigne nécessite une alimentation tout au long de l'année, avec un besoin maximal égal à 148.52mm pendant le mois de Juillet. La plantation de vigne se fait sous forme de rang, la distance entre les ceps sur un même rang est égale à 1m, la distance entre les rangs est égale à 1m.

VI.2.1.2 Choix de réseau d'irrigation : l'irrigation de la vigne se fait par un système au goutte à goutte qui présente les caractéristiques suivantes :

- Un seul goutteur par plant;
- La distance entre les goutteurs est 1m ;
- Débit des goutteurs est 2l/h ;

VI.2.2 Calcul de l'évapotranspiration corrigée :

En irrigation localisée l'eau est apporté au pied des cultures directement à la surface du sol, ou à l'intérieure du sol donc l'évaporation directe à partir du sol est réduite, on applique alors à l'ETM un coefficient de réduction K_r qui dépend de la couverture de sol ($C_s=60\%$) pour les plantes adultes.

K_r peut être calculé par différentes méthodes proposées ci-après :

- KELLER et KARMELI (1974) : $K_r = \frac{C_s}{0.85}$ **VI.1**
- La formule de Freeman et Garzoli : $K_r = C_s + 0.5(1 - C_s)$ **VI.2**
- Le formule de Decroix (CTGREF) : $K_r = 0.1 + C_s$ **VI.3**

Pour notre cas on considère un taux de couverture égal à 60% pour les ceps adultes, Donc $Kr=0.7$ selon KELLER et KARMELI alors :

$$ETMc = ETMr \times Kr = \frac{148.52}{30} \times 0.7 = 3.46 \text{ mm/j}$$

VI.2.3 Calcul de la dose d'irrigation corrigée :

La deuxième étape en micro-irrigation, est la détermination d'une fraction ou pourcentage d'humidification du bulbe humide dans la zone racinaire.

$$Dc = RFU \times P = \left(\frac{Hcc - Hpf}{100} \right) \times Z \times da \times y \times P \quad \text{VI.4}$$

Avec :

Hcc : humidité à la capacité au champ, (Hcc= 28%) ;

Hpf : humidité au point de flétrissement, (Hpf= 15%) ;

Z : profondeur d'enracinement, (Z=1m) ;

da : densité apparente de sol, (da= 1.38)

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

P : pourcentage de sol humidifié.

$$P = \frac{n \times Spd \times Sh}{Sa \times Sr} \quad \text{VI.5}$$

Tel que :

n : nombre de point de goutteurs par cep, (1 goutteur par cep)

Spd : Distance entre deux distributeurs voisins du même cep, (1m) ;

Sh : Largeur de la bande humidifiée, (0.5m) ;

Sa : espacement des ceps sur les rangs (1m) ;

Sr : écartement entre les rangs de ceps, (1m).

A.N : $P = 0.5 = 50\%$, donc **Dose corrigée= 59.8mm.**

VI.2.4 Fréquence d'arrosage :

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

$$Teau = \frac{Dc}{ETMc} \quad \text{VI.6}$$

$Teau = 17.26 \rightarrow$ le tour d'eau est de 15 jours.

VI.2.5 Calcul de la dose réelle et brute :

On peut calculée la dose réelle par la formule suivante :

$$Dréelle = Teau \times ETMc \quad \text{VI.7}$$

A.N : $Dréelle = 51.98 \text{ mm}$

La dose brute :

La dose brute est calculée par la relation ci-après :

$$D_{brute} = \frac{D_{réelle}}{Cu \times Eff} \quad \text{VI.8}$$

Avec :

Cu : coefficient d'uniformité, (Cu=90%) ;

Eff : efficacité de réseau d'irrigation, (Eff=90%).

Donc : $D_{brute} = 64.17 \text{ mm}$

VI.2.6 Temps d'arrosage :

Le temps d'arrosage est calculé par la formule suivante :

$$Tf = \frac{D_{brute} \times Sd \times Sr}{n \times qg} \quad \text{VI.9}$$

Avec :

Sd : espacement entre les distributeurs ;

Sr : espacement entre les rangs ;

n : nombre des goutteurs ;

qg : débit des goutteurs.

Donc : $Tf = 32 \text{ h}$.

Si on souhaite diminuer le temps d'arrosage on augmente à deux rampes par cep.

VI.2.7 Calcul hydraulique des rampes et la porte rampe :**VI.2.7.1 Condition de Christensen :**

La variation maximale de la pression en fonction de H

$$dq = K \cdot x H^{x-1} \cdot dH \quad \text{VI.10}$$

Ce qui donne (avec $q = K \cdot H^x$ avec $x=0.5$ (caractéristique du goutteur))

$$\frac{\Delta q}{q} = x \frac{\Delta H}{H(n)} \quad \text{VI.11}$$

Avec :

q(g) : débit des goutteurs ;

H(n) : pression nominal, $x=0.5$ pour les goutteurs (circuit court) et $H(n) = 10 \text{ mce}$ (1 bar)

A.N: $0.1 = 0.5 \frac{\Delta H(\text{max})}{10} = \Delta H(\text{max}) = 1/0.5 = 2 \text{ mce}$.

Selon la condition de Christensen :

- ΔH singulière totale est égal à $10\% \times \Delta H_{max} = 0.2 \text{ m}$;
- Le reste égal à 1.8 qui est les ΔH Linéaire totale;
- Pour les rampes : $\Delta H_{lr} = \frac{2}{3} \times 1.8 = 1.2 \text{ m}$;
- Pour le porte rampe : $\Delta H_{lpr} = \frac{1}{3} \times 1.8 = 0.6 \text{ m}$.

VI.2.7.2 Les débits :

L'estimation des débits de porte rampe et les rampes se fait par les formules suivantes :

$$Q_r = Q_g \times N_g / \text{rampe} \quad \text{VI.12}$$

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r \quad \text{VI.13}$$

Avec :

Q_r : débit des rampes (l/h) ;

Q_g : débit des goutteurs (l/h) ;

N_{g/rampe} : nombre des goutteurs par rampe ;

Q_{pr} : débit des portes rampes (l/h) ;

N_r : nombre des rampes.

Données :

- La longueur de la rampe est 80m ;
- La longueur du porte rampe est 90m.

VI.2.7.3 Nombre des ceps de vigne par rampe :

Le nombre des ceps de vigne par rampe est calculée selon la formule ci-après :

$$\frac{N_{cep}}{\text{rampe}} = \frac{L_r}{E_{ceps}} \quad \text{VI.14}$$

Donc : $N_{cep}/\text{rampe} = 80\text{ceps}/\text{rampe}$.

VI.2.7.4 Nombre des goutteurs par rampe :

Le calcul du nombre des goutteurs par rampe se fait par la formule suivante :

$$\frac{N_g}{\text{rampe}} = \frac{N_{ceps}}{\text{rampe}} \times E_g \quad \text{VI.15}$$

Alors il existe 80 goutteurs par rampe.

VI.2.7.5 Nombre des rampes :

Le nombre des rampes se calcule par la formule ci-dessous :

$$N_{rampe} = \frac{L_{pr}}{E_r} \quad \text{VI.16}$$

Donc le nombre de rampes existant sur notre parcelle est 90 rampes.

Ce qui implique :

- $Q_r = 320\text{l/h} = 4.4 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$;
- $Q_{pr} = 28800\text{l/h} = 4 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$.

VI.2.7.6 Diamètre des rampes et le porte rampe :

Selon la formule de perte de charge de Hazen-Williams on peut calculer le diamètre des rampes et celui de la porte rampe par les formules suivantes :

$$\Phi_r(\text{cal}) = \left[\frac{P.d.c(r) \cdot 2.75}{0.478 \cdot Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \quad \text{VI.17}$$

$$\Phi_{pr}(\text{cal}) = \left[\frac{P.d.c(pr) \cdot 2.75}{0.478 \cdot Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \quad \text{VI.18}$$

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 ;

L(pr) : la longueur de porte rampe en m ;

Ør (cal) : le diamètre de rampes ;

Øpr (cal) : le diamètre de porte rampe.

Alors :

- $\text{Ør}(\text{cal}) = 10.86\text{mm}$ $\text{Ør}(\text{normalisé}) = 16\text{mm}$
- $\text{Øpr}(\text{cal}) = 67.63\text{mm}$ $\text{Øpr}(\text{normalisé}) = 90\text{mm}$

Remarque : on a pris le $\text{Øpr}(\text{normalisé}) = 90\text{mm}$ car avec un diamètre 75mm les pertes de charge ne peuvent pas être vérifiées à condition que le diamètre de la conduite secondaire Soit \geq à 90mm.

VI.2.7.7 Vérification des pertes de charge :

En utilisant la formule de Hazen-Williams ci-après pour calculer les pertes de charge

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_{HW}}\right)^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}} \times Q^{1.852} \quad \text{VI.19}$$

On trouve :

- $\Delta H(r) = 0.44 \text{ m} < 1.2 \rightarrow$ condition vérifiée
- $\Delta H(pr) = 0.46 \text{ m} < 0.6 \rightarrow$ condition vérifiée

VI.2.8 Dimensionnement de la conduite tertiaire :

Afin de dimensionner la conduite tertiaire on utilise la relation ci-dessous :

$$D_{ct} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{ct}}{\pi \times V_{adm}}} \quad \text{VI.20}$$

Avec :

Dct : diamètre de la conduite tertiaire en m ;

Qct : débit de la conduite tertiaire en m^3/s qui est égal à $8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$;

Vadm : vitesse admissible égal à m/s

On trouve :

- $D_{ct}(\text{calc}) = 69.65\text{mm}$ $D_{ct}(\text{normalisé}) = 90\text{mm}$

VI.2.9 Récapitulatif de réseau d'irrigation au goutte à goutte :

Tableau VI.1 : Récapitulatif de réseau d'irrigation au goutte à goutte.

Conduites	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
Longueur(m)	80	90	10
Diamètre(mm)	16	90	90
Débit (m ³ /s)	4.4×10^{-5}	4×10^{-3}	4×10^{-3}
Pertes de charge(m)	0.44	0.46	0.05

VI.3 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :

VI.3.1 Données générales :

VI.3.1.1 Choix de parcelle :

Pour élaborer le système d'irrigation par aspersion, nous avons opté pour modèle la parcelle N°3 dans l'îlot N°2 qui s'étend sur une superficie de 8.7 ha et qui possède les caractéristiques suivantes :

- Superficie : 1.4Ha
- Longueur : 140m
- Largeur : 100m
- Alimentation en eau : Borne N°2
- Pression disponible : 4.53bars
- Perméabilité de sol : 8.5 mm/h
- Densité apparente de sol : 1.4 g/cm³

VI.3.1.2 Choix de culture :

Pour le dimensionnement de réseau d'irrigation par aspersion nous avons choisi comme culture le blé. Le blé nécessite une alimentation pendant les mois d'Avril, Mai et Juin qui est le mois de pointe avec un besoin maximal égal à 72.29mm.

VI.3.2 Calcul de la dose pratique :

Pour calculer la dose pratique on utilise la formule ci-dessous :

$$RFU = (H_{cc} - H_{pf}) \times Y \times da \times Z \quad \text{VI.21}$$

Avec :

H_{cc} : humidité à la capacité au champ, (H_{cc}= 28%) ;

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

Z : profondeur d'enracinement, (Z=1m) ;

da : densité apparente de sol, (da= 1.38)

y : degré d'extraction de l'eau du sol, (y=2/3)

Donc : RFU = 59.8mm

VI.3.3 Dimensionnement de l'asperseur :**VI.3.3.1 Choix du diamètre de la buse :**

Afin de déterminer le diamètre de la buse il est nécessaire que sa pluviométrie de l'asperseur doive être inférieure à la perméabilité du sol qui est égale à 8.5 mm/h.

Nous avons choisi le diamètre 4.8 mm sous une pression de 2.5 bars qui nous donne un porté théorique de 15 m en se référant à la nouvelle fiche technique de l'asperseur de type Perrot (actualisé).

VI.3.3.2 Calcul de la portée :

On peut définir la portée des asperseurs par la distance maximale sur laquelle un asperseur peut projeter de l'eau, et elle est calculée à l'aide de la formule empirique suivante :

$$L = 3 \times d^{0.5} \times H^{0.25} \quad \text{VI.22}$$

Avec :

d : le diamètre de la buse en mm ;

H : la pression à la buse en m.

A.N : $L = 3 \times 4.8^{0.5} \times 25^{0.25} = 14.7\text{m}$, on prend 15m.

VI.3.3.3 Calcul des écartements :

La zone de notre étude est soumise à des vents relativement faibles pendant toute l'année avec une vitesse moyenne égal à 2.56m/s donc calculant les écartements avec les relations ci-après :

$$E_a = 0.8 \times L = 0.8 \times 15 = 12 \text{ m.}$$

$$E_l = 1.2 \times L = 1.2 \times 15 = 18 \text{ m.}$$

Avec :

E_a : l'écartement entre les asperseurs sur une même rampe en m ;

E_l : l'écartement entre les rampes.

VI.3.3.4 Vérification de la pluviométrie de la buse :

La pluviométrie de la buse se calcul comme suit :

$$P_{asp} = \frac{q_{asp}}{E_a E_l} \quad \text{VI.23}$$

Avec :

E_a : l'écartement entre les asperseurs sur une même rampe;

E_l : l'écartement entre les rampes ;

q_{asp} : le débit de l'asperseur qui est calculé par la formule suivante :

$$q_{asp} = 0.95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \times \sqrt{2 \times g \times H} \quad \text{VI.24}$$

$$A.N: q_{asp} = 0.95 \times \frac{\pi \times (4.8 \times 10^{-3})^2}{4} \times \sqrt{2 \times g \times 25} = 3.81 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Donc : $P_{asp} = 6.35 \text{ mm/h}$, elle est inférieure à la perméabilité de sol K.

VI.3.4 Détermination des paramètres d'arrosages :

VI.3.4.1 Calcul du tour d'eau :

Le tour d'eau est la durée nécessaire pour arroser l'ensemble des parcelles, il est calculé par la formule suivante :

$$T_{eau} = \frac{Dose_{RFU} \times N_j}{B_{mp}} \quad \text{VI.25}$$

Avec :

B_{mp} : le besoin net du mois de pointe du Blé qui est égale à 72.29mm ;

N_j : le nombre de jours de travail par mois égale à 26 jours.

Donc : $T_{eau} = 21.5$ jours, on normalise le tour d'eau à 15 jours que nous donne un nombre d'irrigation par mois égale à 2 fois/mois.

VI.3.4.2 Dose réelle :

C'est la quantité d'eau théorique doit être apportée dans une fois d'irrigation :

$$D_r = \frac{B_{mp}}{\text{Nombre d'irrigation par mois}} \quad \text{VI.26}$$

Donc : $D_r = 36.15 \text{ mm}$

VI.3.4.3 Dose brute :

Elle est définie comme la quantité d'eau doit être réellement ramené à la parcelle en tenir compte des pertes en eau. La valeur de la dose brute est calculée par la relation suivante :

$$D_{brute} = \frac{D_r}{eff} \quad \text{VI.27}$$

Avec :

eff : est l'efficience de l'aspersion qui est égale à 75%.

Donc : $D_{brute} = 48.19 \text{ mm}$.

VI.3.4.4 Temps d'arrosage :

Le temps d'arrosage est le temps pour donner une dose par un asperseur sans dépasser la capacité d'infiltration, il est calculé par la relation suivante :

$$\text{Temps d'arrosage} = \frac{B_{brute}}{P} \quad \text{VI.28}$$

Temps d'arrosage = $\frac{76}{6.6} = 7.59 \text{ h} = 8 \text{ heures}$,

Donc on adopte 2 positions par jour pour chaque asperseur.

VI.3.4.5 Débit d'équipements :

$$Q_{\text{éq}} = \frac{S \times B_{\text{mp}} \times 10}{T \times n \times N_j \times \text{eff}} \quad \text{VI.29}$$

$Q_{\text{éq}}$: débit d'équipement en m³/h.

S : Surface de parcelle en ha.

B_{mp} : besoin net de mois de pointe de blé.

T : Tour d'eau en heures.

N_j : nombre de position d'un asperseur par jour.

Eff : efficacité d'irrigation par aspersion.

A.N: $Q_{\text{éq}} = \frac{1.4 \times 72.3 \times 10}{8 \times 2 \times 26 \times 0.75} = 3.3 \text{ m}^3/\text{h}.$

VI.3.5 Calcul hydraulique des rampes et la porte rampe :**VI.3.5.1 Calcul de la longueur de la rampe :**

Les asperseurs sont installés à distance de E_a sur deux de l'extrémité de la parcelle qui nous donne :

$$L_r = \text{Largeur de terrain} - E_a/2 \quad \text{VI.30}$$

L_r : longueur de la rampe en m.

E_a : Écartement entre asperseurs dans la même rampe en m.

Alors : $L_r = 94 \text{ m}$

VI.3.5.2 Nombre des asperseurs par rampe :

C'est le rapport entre la longueur de la rampe et l'écartement entre asperseurs :

$$N_{\text{asp/rampe}} = \frac{L_r}{E_a} \quad \text{VI.31}$$

$N_{\text{asp/rampe}} = 7.8$ asperseurs/rampe, donc on prend 7 asperseurs.

VI.3.5.3 Nombre des rampes :

On travaille avec 1 rampe.

Débit de la rampe :

$$Q_r = q_{\text{asp}} \times N_{\text{asp/rampe}} \quad \text{VI.32}$$

$Q_r = 0.0027 \text{ m}^3/\text{s}.$

VI.3.5.4 Diamètre de la rampe :

$$D_r = \sqrt{\frac{4 Q_r}{\pi \times V}} \quad \text{VI.33}$$

Avec :

V : vitesse admissible égale à 1.5 m/s.

Donc : $D_r = 0.048 \text{ m} = 48 \text{ mm}.$

On normalise le diamètre de 50mm.

VI.3.5.5 Calcul du la longueur du porte rampe :

$$L_{pr} = \text{Longeur de terrain} - E_l/2 \quad \text{VI.34}$$

Alors : $L_{pr} = 131$ m.

VI.3.5.6 Débit du porte rampe :

$$Q_{pr} = Q_r \times N_{rampe} \quad \text{VI.35}$$

$Q_{pr} = 0.0027$ m³/s.

VI.3.5.7 Diamètre du porte rampe :

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4 Q_{pr}}{\pi \times V}} \quad \text{VI.36}$$

$D_{pr} = 48$ mm

On prend un diamètre normalisé de 75mm pour des pertes de charges optimal.

VI.3.6 Vérification des pertes de charge de la rampe et le porte rampe :

Selon les règles de Christiansen les pertes de charge sont divisées comme suit :

- 10% de perte de charge singulière et 90% de perte de charge linéaire.
- 2/3 des pertes de charge linéaire sont dans les rampes.
- 1/3 des pertes de charge linéaire sont dans le porte rampe.

En appliquant la relation de Hazen-Williams on a :

$$J_r = \left(\frac{3.592}{C_{hw}}\right)^{1.852} \times \frac{L_r}{D_r^{4.87}} \times Q_r^{1.852} = 3.93\text{m}$$

$$J_{pr} = \left(\frac{3.592}{C_{hw}}\right)^{1.852} \times \frac{L_{pr}}{D_{pr}^{4.87}} \times Q_{pr}^{1.852} = 0.76\text{m}.$$

Les pertes de charge totales :

$$- J_r = 1.1 \times 3.93 = 4.33\text{m}$$

$$- J_{pr} = 1.1 \times 0.76 = 0.84\text{m}$$

VI.3.7 Dimensionnement de la conduite tertiaire :

Selon l'équation de continuité on a :

$$D_{ct} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{ct}}{\pi \times V_{adm}}}$$

Tel que :

D_{ct} : diamètre de la conduite tertiaire en m.

Q_{ct} : débit de la conduite tertiaire en m³/s (égale à 0.0027m³ /s).

V_{adm} : Vitesse admissible égale à 1.5 m/s

Alors : la conduite tertiaire a un diamètre de 75 mm.

VI.3.8 Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion :

Tableau VI.2 : Récapitulatif de réseau d'irrigation par aspersion

Conduites	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
Longueur(m)	94	131	10
Diamètre(mm)	50	75	75
Débit (m ³ /s)	2.7×10^{-5}	2.7×10^{-3}	2.7×10^{-3}
Pertes de charge(m)	4.33	0.83	0.064

On remarque que les pertes de charges totales sont de 5.2m, soit inférieure à 20% de la pression de service (2.5 bars), donc l'installation du réseau d'aspersion est conforme.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons examiné deux méthodes d'irrigation pour deux cultures différentes à savoir l'irrigation au goutte à goutte pour la vigne et l'irrigation par aspersion pour le blé.

Le dimensionnement hydraulique a été fait avec précision afin de garantir une distribution d'eau efficace avec un minimum de pertes de charge ce qui nous a permis de calculer tous les paramètres d'arrosage et les diamètres des Rampes et du porte rampe.

Pour le bon fonctionnement du réseau d'aspersion, nous avons choisi des asperseurs avec un diamètre de la buse 4.8mm qui fournissent une pression de 2.5bars.

L'adoption des systèmes d'irrigation comme l'aspersion et le goutte à goutte permet d'optimiser la ressource en eau d'irrigation et d'obtenir des rendements des cultures très élevés.

Chapitre VII :
Analyse technico-
économique

Chapitre VII :Analyse technico-économique

Introduction

L'estimation technico-économique d'un projet hydro-agricole est essentielle puisqu'elle permet de quantifier les coûts de toutes les opérations et les frais de tous les ouvrages nécessaires à cet aménagement.

Dans ce chapitre nous allons détailler le coût financier des différentes opérations à entreprendre pour la réalisation du périmètre de Collo qui s'étend sur une surface de 180ha.

Les travaux à entreprendre :

Lot N°1 : travaux réseau adduction/distribution ;

Lot N°2 : travaux de la station de pompage ;

Lot N°3 : travaux du réservoir de stockage.

VII.2 Les phases des réalisations des réseaux d'adduction et de distribution:

Afin d'assurer une installation adéquate de réseaux d'adduction et de distribution tout en minimisant les conséquences sur l'environnement et en garantissant la sécurité, il est nécessaire de passer par les étapes suivantes :

- **Excavation de la tranchée** : Les excavations sont des travaux de terrassement qui nécessitent la création d'ouvertures dans le sol. On effectue ces fouilles à l'aide d'une pelle hydraulique et on dépose les déblais à proximité de la tranchée. Le bardage des conduites est réservé de l'autre côté de la tranchée.
- **Pose du lit de sable** : Il s'agit de mettre un lit de sable au fond de la tranchée. Dans notre situation, ce lit de sable mesure 14 cm d'épaisseur.
- **Installation des conduites** : Une présélection des conduites est faite avant de les faire descendre dans la fouille afin d'éliminer celles qui ont subi un choc. Par la suite, les conduites sont descendues progressivement dans le fond de la fouille à l'aide d'un engin de levage. Il est important de vérifier l'alignement des tuyaux afin d'éviter tout souci lors de raccordement des conduites.
- **Essai de pression et de joints** : Avant le remblaiement, il est nécessaire d'effectuer un essai de pression sur les conduites et les joints afin d'assurer la sécurité. Il s'agit d'un essai qui consiste à remplir la conduite d'eau à une pression équivalente à 1,8 fois la pression de service prévue pendant le fonctionnement. Il est recommandé que cette épreuve dure environ 30 minutes, avec une variation de pression ne dépassant pas 0.2bar.
- **Remblayage de la tranchée** : Le remblayage est une technique de terrassement qui implique d'enfouir la conduite à l'aide des déblais obtenus lors d'excavation.
- **Nivellement et compactage** : Après le remblai, le nivellement se fait en étalant les terres avec une différence de niveau. Par la suite, on procède au compactage pour réduire les vides

contenus dans le sol afin d'accroître sa cohésion et par conséquent d'assurer la stabilité de la conduite dans le temps.

VII.3 Volumes de terrassement:

VII.3.1 Dimensions des tranchées:

On peut déterminer la largeur de fond de la tranchée à partir de diamètre de la conduite, en se basant sur la relation suivante :

$$B = D + 0.6 \quad \text{VII.1}$$

Avec :

B : largeur de fond de la tranchée en m ;

D : diamètre de la conduite en m ;

VII.3.1.1 Profondeur de la tranchée:

Il est important de sélectionner la profondeur de la conduite de façon à faciliter la réalisation adéquate des branchements spécifiques tout en évitant toute interférence avec d'autres conduites. Pour estimer la profondeur de la tranchée on utilise la formule ci-dessous :

$$H_{tr} = e + D + h \quad \text{VII.2}$$

Avec :

H_{tr} : profondeur de la tranchée en m ;

e : la hauteur de lit de pose en m ;

D : diamètre de la conduite en m ;

h : hauteur de remblai au-dessus de la conduite en m.

VII.3.1.2 Section de la tranchée:

La section de la tranchée est calculée comme suit :

$$S_{tr} = H_{tr} + B \quad \text{VII.3}$$

Avec :

S_{tr} : la section de la tranchée en m² ;

H_{tr} : la profondeur de la tranchée en m ;

B : la largeur de fond de la tranchée en m.

VII.3.1.3 Volume de la tranchée:

Pour calculer le volume d'une tranchée on utilise la formule suivante :

$$V_{tr} = S_{tr} \times L \quad \text{VII.4}$$

Avec:

V_{tr} : Volume du déblai (m³).

S_{tr} : La section de la tranchée (m²).

L : Longueur de la tranchée (m).

Tableau VII.1 : Calculs des dimensions des tranchées pour différents diamètres.

diamètre(mm)	longueur(m)	largeur(m)	profondeur(m)	section(m ²)	volume (m ³)
50	52,2	0,65	1,05	0,68	35,63
63	820	0,663	1,063	0,70	577,91
75	387,7	0,675	1,075	0,73	281,32
90	324,3	0,69	1,09	0,75	243,91
110	368,5	0,71	1,11	0,79	290,41
160	453,3	0,76	1,16	0,88	399,63
200	643,4	0,8	1,2	0,96	617,66
250	338,1	0,85	1,25	1,06	359,23
315	1052,4	0,915	1,315	1,20	1266,27
400	2640,5	1	1,4	1,40	3696,70
500	3232	1,1	1,5	1,65	5332,80

VII.3.2 Calcul des volumes de terrassement:

VII.3.2.1 Volume de déblai:

Le déblai d'une tranchée est le tas de terre enlevé au cours d'une excavation afin de créer l'espace requis pour la pose de conduites. Il est calculé de la manière suivante :

$$V_{\text{déblai}} = V_{\text{tr}} = B \times H_{\text{tr}} \times L \quad \text{VII.5}$$

Avec:

V_{déblai} : le volume de déblai en m³ ;

B: la largeur de la tranchée en m ;

H_{tr}: profondeur de la tranchée en m ;

L: la longueur de la tranchée en m.

VII.3.2.2 Lit de pose:

Le lit de pose une couche horizontale de sable, la couche de fondation destinée à régulariser la surface et éviter les tassements tout au long de la conduite. Il est calculé par la formule suivante :

$$V_{\text{ls}} = e \times B \times L \quad \text{VII.6}$$

Avec:

V_{ls}: le volume de lit de sable en m³ ;

e: l'épaisseur de la couche de lit de sable en m ;

B: la largeur de la tranchée en m ;

L: la longueur de la tranchée en m.

VII.3.2.3 Volume occupé par la conduite:

Pour le calcul de volume occupé par la conduite on utilise la formule ci-après :

$$V_{con} = S_{con} \times L = \frac{\pi \times D^2}{4} \times L \quad \text{VII.7}$$

Avec:

V_{con}: le volume occupé par la conduite en m³ ;

S_{con}: la section de la conduite en m² ;

L: la longueur de tranchée en m ;

D: diamètre extérieur de la conduite en m.

VII.3.2.4 Volume de remblai:

Le remblai est le volume des matériaux de terrassement destinés à combler une fouille et surélever le profil de terrain afin de lui rendre son état initial, il est calculé comme suit :

$$V_{rem} = V_{déblai} - (V_{ls} + V_{con}) \quad \text{VII.8}$$

Avec:

V_{rem}: le volume de remblai en m³ ;

V_{déblai}: le volume de déblai en m³ ;

V_{ls}: le volume de lit de sable en m³ ;

V_{con}: le volume occupé par la conduite en m³.

Tableau VII.2 : les résultats de calcul des volumes de terrassement.

diamètre(mm)	Vdéblai(m ³)	V lit de sable (m ³)	V conduite (m ³)	V remblai (m ³)
50	35,63	6,79	0,08	28,76
63	577,91	108,73	2,01	467,17
75	281,32	52,34	1,35	227,64
90	243,91	44,75	1,62	197,53
110	290,41	52,33	2,75	235,34
160	399,63	68,90	7,16	323,57
200	617,66	102,94	15,88	498,84
250	359,23	57,48	13,03	288,72
315	1266,27	192,59	64,41	1009,27
400	3696,70	528,10	260,61	2907,99
500	5332,80	711,04	498,42	4123,34

VII.4 Calcul de coût de projet:

Le prix du mètre cube de déblai est de 300DA.

Le prix du mètre cube de remblai est de 400DA

Le prix du mètre cube de sable est de 2500 DA.

VII.4.1 Coût de réseau d'adduction et de distribution:

Notre réseau d'adduction est composé d'une seule conduite de DN500 en fonte avec une longueur de 3232m, alors que le réseau de distribution est composé d'un ensemble de conduites de diamètres qui varient de 50mm et 400mm, pour les diamètres de 400mm le matériau utilisé est la fonte, les diamètres inférieurs à 400mm c'est en PEHD.

Tableau VII.3 : Estimation du réseau d'adduction et de distribution.

diamètre (mm)	unité	Quantité(m)	Prix unitaire(DA)	montant (DA)
50	mL	90	190,2	17118,0
63	mL	240	276,1	66264,0
75	mL	310,5	290,5	90200,3
90	mL	324,3	493,8	160139,3
110	mL	368,5	761,6	280649,6
160	mL	453,3	1745,6	791280,5
200	mL	643,4	3490,2	2245594,7
250	mL	338,1	4780,2	1616185,6
315	mL	1052,4	10300	10839720,0
400	mL	2640,5	7 900	20859950,0
500	mL	3232	8560	27665920,0
total				64 633 022,0
TVA 19%				12 280 274,2
montant TTC				76 913 296,1

Tableau VII.4 : Estimation du coût des pièces spéciales du réseau d'adduction

pièce	quantité	prix unitaire(DA)	montant (DA)
Borne A2	8	12500	100000
Borne A4	12	20400	244800
Té	20	1230	24600
Vanne	20	10890	217800
Vanne de sectionnement	2	23000	46000

coude 45°	4	1050	4200
coude 90°	20	1200	24000
		total	661400,0
		TVA 19%	125666,0
		montant TTC	787066,0

VII.4.2 Coût du réservoir de stockage:

Pour l'alimentation de notre périmètre on a opté pour un réservoir avec les dimensions suivantes : Volume : 800 m³ Diamètre : 16m ; Hauteur : 4m.

Tableau VII.5 : Estimation de coût du réservoir de stockage.

pièce	quantité	prix unitaire	montant
Borne A2	8	12500	100000
Borne A4	12	20400	244800
Té	20	1230	24600
Vanne	6	10890	65340
Vanne sectionnement	2	23000	46000
coude 45°	10	1050	10500
coude 90°	10	1200	12000
bouchons	2	1200	2400
ventouse	2	12000	24000
purge	2	12000	24000
		total	553640,0
		TVA 19%	105191,6
		montant TTC	658831,6

VII.4.3 Coût de la station de pompage:

Pour la station de pompage on a les caractéristiques suivantes :

- Un bâtiment ;
- Un loge gardien ;
- Une armoire électrique ;
- Trois pompes ;
- L'aménagement.

Tableau VII.6 : Estimation de coût de la station de pompage.

travaux	unité	quantité	prix unitaire(DA)	Montant(DA)
Bâtiment	forfait	1	100 000	100000
pompes	unité	3	700 000	2100000
armoires électriques	unité	1	90 000	90000
loge gardien	forfait	1	50000	50000
aménagement	forfait	1	34500	34500
total				2274500
TVA 19%				432155
montant TTC				2706655

VII.4.4 Coût total de projet:

Le coût total du projet d'aménagement hydro-agricole de notre périmètre est la somme des coûts calculés précédemment détaillés comme suit :

Tableau VII.7 : Estimation de coût total de projet.

désignation de travaux	montant TTC(DA)
travaux de terrassement	15313743,3
réseaux adduction/distribution	76913296,14
pièces spéciales	658831,6
réservoir de stockage	19156009,69
station de pompage	2706655
coût total	114748535.7
Coût/ha	637491.8

Le coût total de projet est : **cent quatorze millions sept cent quarante-huit mille cinq cent trente-cinq Dinars Algériens TTC.**

Conclusion

La planification d'un chantier est essentielle pour la réalisation d'un réseau d'irrigation. Son objectif principal est de réaliser le projet en essayant de minimiser le coût du réseau et avec un management optimal.

Dans ce chapitre nous avons estimé les coûts de tous les travaux nécessaires dans notre projet d'aménagement hydro-agricole du périmètre Collo qui nous a mené à conclure le coût total qui s'élève à 114 748 536 DA.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'irrigation des terres constitue un outil de gestion efficace contre les aléas climatiques et l'insuffisance des précipitations. Dans notre mémoire, nous avons mené une étude approfondie du périmètre Collo a été dans la wilaya de Skikda, dans le but de projeter un réseau d'adduction efficace, avec des techniques d'irrigation modernes, en se basant sur les données climatiques de la région ainsi que les caractéristiques agropédologiques et la disponibilité de la ressource hydrique. Le périmètre d'étude est situé dans une zone caractérisée par un climat semi-aride avec des déficits pluviométriques, il sera alimenté à partir du barrage de Beni Zid qui dispose d'un volume régularisé important destiné à l'irrigation.

L'estimation des besoins en eau des cultures est une étape cruciale dans tout aménagement hydro-agricole, puisqu'elle permet d'estimer les volumes d'irrigation nécessaires qui seront mobilisés à partir de barrage Béni Zid.

Pour l'alimentation des parcelles du périmètre, nous avons projeté un nouveau système d'adduction et de distribution constitué de conduites en PEHD et en fonte de diamètres différents, les calculs hydrauliques ont permis d'obtenir des pressions adéquates au niveau des bornes d'irrigation.

Le choix d'une technique d'irrigation adéquat d'étude revêt d'une grande importance, pour notre zone d'étude l'irrigation par aspersion est plus adaptée pour la céréaliculture, l'irrigation au goutte à goutte est préférée dans le cas des cultures maraichères et arboricoles. L'adoption des systèmes d'irrigation comme l'aspersion et le goutte à goutte permettra d'optimiser la ressource en eau et d'obtenir des rendements des cultures très élevés.

Pour la réalisation de notre projet, nous avons estimé le coût du réseau avec un aménagement hydro-agricole optimal, l'optimisation des frais totaux nous a permis d'estimer le coût total de projet qui s'élève à 114 748 536 DA TTC.

Ce coût, relativement élevé, pourra être rentabilisé à moyen et à long terme, après optimisation des rendements agricoles du périmètre.

**Références
bibliographique**

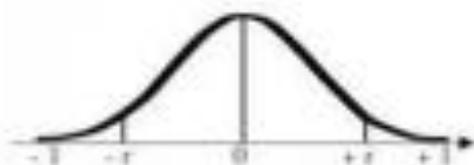
- 1- AGAGUENIA, S. (2010). Principes d'aménagement pour un développement local durable d'un territoire montagneux du littoral ; cas de la commune de Collo (Nord-est algérien), Thèse de Magistère, Université Badji Mokhtar-Annaba. 109 pages.
- 2- ANRH (1989). Etude agro-pédologique de la plaine côtière de Collo. Antenne régionale EST.
- 3- CARLIER, M. (1986). Hydraulique générale et appliquée. Editions Lavoisier. 582 pages.
- 4- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. (1975). Les besoins en eau des cultures. Bulletin d'irrigation et de drainage de la FAO N° 24.
- 5- MATHIEU, C.; AUDOYE, P.; CHOSSAT, J.C. (2007). Bases techniques de l'irrigation par aspersion. Editions Lavoisier. 470 pages.
- 6- OLLIER, CH.; POIREE, M. (1981). Irrigation : Les réseaux d'irrigation, Théorie, Technique et économie des arrosages. Edition Eyrolles. 503 pages.
- 7- TALBI, K. (2023). Etude d'extension du périmètre des ARRIBS (200ha) à partir du barrage de LAKEHAL (W. Bouira). Mémoire de fin d'étude, ENSH-Blida. 132 pages.
- 8- MECIBAH, I. (2008). Les ressources en eau et gestion intégrée de bassin versant d'Oued Guebli (Nord-Est Algérien). Université Badji Mokhtar-Annaba. 262 pages.
- 9- TIERCELIN, J.R.; VIDAL, A. (2006). Traité d'irrigation 2^{ème} édition. Editions Lavoisier. 1266 pages.
- 10- TOUAIBIA. B. (2004). Manuel pratique d'hydrologie. Alger, 166pages.

Annexes

Annexe N°1: les données pluviométriques de la station Tamalous pour la période de 2000-2021. (ANRH Alger)

Année	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Ao	Annuel
2000	40,5	64	120	92,7	189,6	71,7	40	59,3	48,3	0,2	0	9,3	735,6
2001	33	2,4	115,3	78,2	42,1	65,7	18,9	70,7	17,2	3,4	19,5	59,6	526
2002	22,6	71,9	178,3	188,5	317,6	94,1	19,9	112	18,8	0	0	0	1023,7
2003	106,1	54,9	41,3	225,9	92,6	30,4	44,2	84,7	77,7	15	0,5	2,6	775,9
2004	49,5	34,3	270,4	231,5	156,4	159,1	50,7	100	5,6	0	0	0	1057,5
2005	19,9	12,3	57	152,9	146,8	107,4	44,4	14,6	19,9	0	0	0,6	575,8
2006	48,5	57,1	76,8	188,2	32,6	74,5	198,7	84,7	12	0	0	2,6	775,7
2007	38,3	61	83,8	128,4	22,4	39,4	159,8	11,6	49,6	0	0	0	594,3
2008	38,2	26,2	95,4	76,9	238,8	81,1	35,5	91,2	47,1	0	0	0	730,4
2009	20	68,6	120	107,4	133	67,7	52,1	34,2	64,5	0	0	0	667,5
2010	7,8	58,8	9,9	100,7	62,6	241,7	45,7	47	39,2	0	0	0	613,4
2011	16,3	126,9	118,1	115,3	57,1	137,4	64,3	79,3	0	0	0	0	714,7
2012	94,4	35,2	42,9	70,1	106	142,5	54,9	32,5	11,3	0	0,3	0	590,1
2013	26,9	50	307,8	61,4	73,3	53,8	120,8	4	15,6	11,4	0	0	725
2014	5	8	18	201,2	178,1	211,2	45,2	0	7	6	0	7,3	687
2015	33,4	70	112,5	22	30	80	174	12	28	0	0	0	561,9
2016	0	39,1	93,1	57,4	191,5	31,3	0	23,1	10	12,2	0	0	457,7
2017	11,1	8,5	148,6	178,5	56,8	97,2	111,1	43,2	23,1	10	0	5	693,1
2018	20,3	239,6	33,7	19,7	234,6	90,2	155	31,5	46,8	0	0	6,2	877,6
2019	61,9	110,9	141,9	45,5	54,9	0	84,6	66	3,5	4,1	0	0	573,3
2020	82,2	8,8	76,1	134,3	56,3	16,9	44,4	54,7	8,1	0	0	0	481,8
2021	3,2	44,4	66,9	79,3	31,5	23,7	27,6	20,5	22,8	3	0	8	330,9

Annexe N°2 : Tableau de calcul de Khi carré théorique.



d.d.l.	α			
	0,10	0,05	0,02	0,01
1	0,9877	0,9969	0,9995	0,9999
2	0,9000	0,9500	0,9800	0,9900
3	0,8054	0,8783	0,9343	0,9587
4	0,7293	0,8114	0,8822	0,9172
5	0,6694	0,7545	0,8329	0,8745
6	0,6215	0,7067	0,7887	0,8343
7	0,5822	0,6664	0,7498	0,7977
8	0,5494	0,6319	0,7155	0,7646
9	0,5214	0,6021	0,6851	0,7348
10	0,4973	0,5760	0,6581	0,7079
11	0,4762	0,5529	0,6339	0,6835
12	0,4575	0,5324	0,6120	0,6614
13	0,4409	0,5139	0,5923	0,6411
14	0,4259	0,4973	0,5742	0,6226
15	0,4124	0,4821	0,5577	0,6055
16	0,4000	0,4683	0,5425	0,5897
17	0,3887	0,4555	0,5285	0,5751
18	0,3783	0,4438	0,5155	0,5614
19	0,3687	0,4329	0,5034	0,5487
20	0,3598	0,4227	0,4921	0,5368
25	0,3233	0,3809	0,4451	0,4869
30	0,2960	0,3494	0,4093	0,4487
35	0,2746	0,3246	0,3810	0,4182
40	0,2573	0,3044	0,3578	0,3932
45	0,2428	0,2875	0,3384	0,3721
50	0,2306	0,2732	0,3218	0,3541
60	0,2108	0,2500	0,2948	0,3248
70	0,1954	0,2319	0,2737	0,3017
80	0,1829	0,2172	0,2565	0,2830
90	0,1726	0,2050	0,2422	0,2673
100	0,1638	0,1946	0,2301	0,2540

Annexe N°3 : Coefficients culturaux (Kc).

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Fin de saison	Récolte	
Banancier tropical	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.0 -1.1	0.9 -1.0	0.75-0.85	0.7 -0.8
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
sec	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7 -0.8
Chou	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.9 -1.0	0.8 -0.95	0.7 -0.8
Coton	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.9	0.65-0.7	0.8 -0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6 -0.8	0.7 -0.9	0.6 -0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Mais sucré	0.3 -0.5	0.7 -0.9	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
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
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
sans sarclage						0.85-0.9
Olivier						0.4 -0.6

Source: Bulletin FAO d'irrigation et drainage n° 33 tableau 18.

Annexe N°4 : Abaque de Vibert pour le calcul des cloches à air pour la protection contre le coup de bélier.

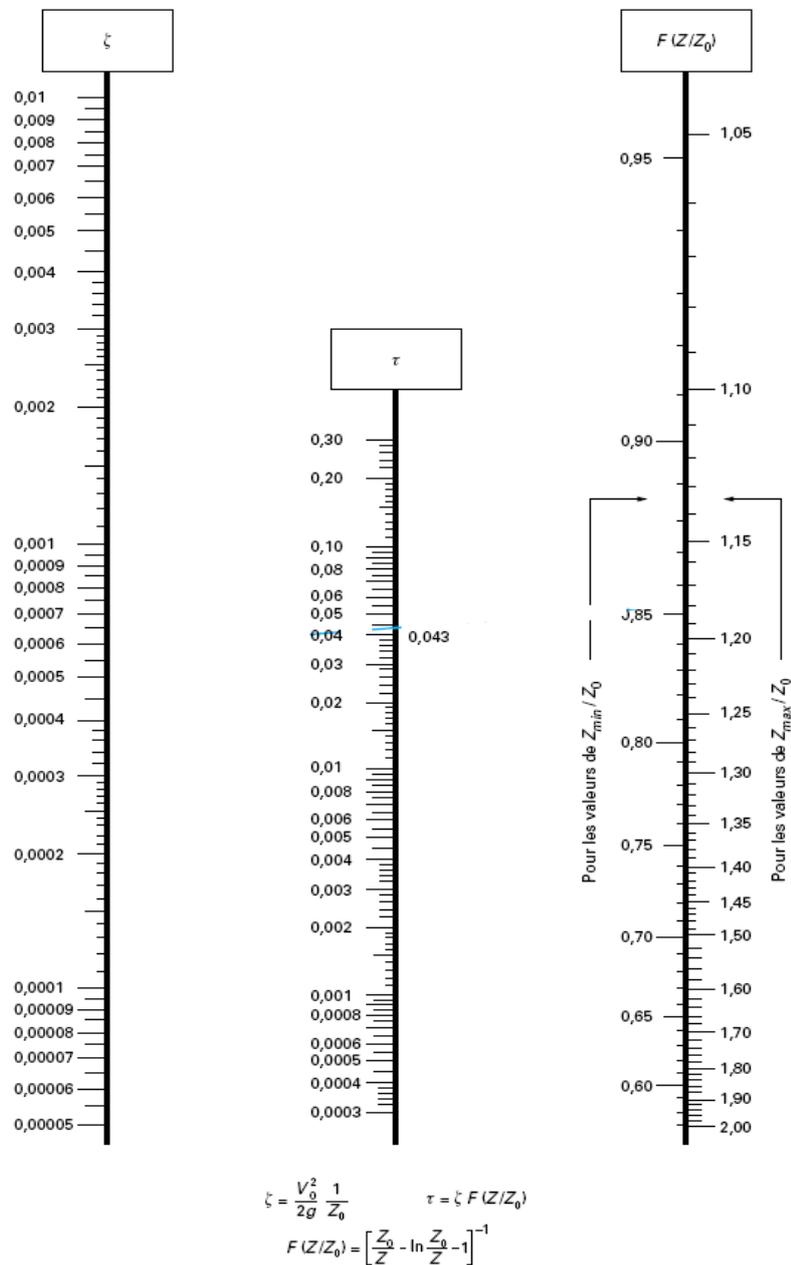


Figure 33 - Abaque de Vibert pour le calcul des cloches à air de protection contre les coups de bélier

Annexe N°5 : Fiche technique de la pompe.

PM 150/ 2 C				
Caractéristiques requises				
Débit	170 l/s			
Hauteur de refoulement	47 m			
Fluide	Eau, claire			
Température	290 K			
Type d'installation	Pompes identiques en parallèle			
N. de pompes	2			
Caractéristiques de la pompe				
Débit	82,9 l/s			
Hauteur de refoulement	46,8 m			
Puissance absorbée	49,2 kW			
Rendement	78,5%			
Hauteur manométrique H(Q=0)	64,7 m			
Orif. de refoulement	150 mm			
Caractéristiques moteur				
Fréquence	50 Hz			
Tension nominale	400 V			
Vitesse nominale	1450 1/min			
Nombre de pôles	4			
Puissance nominale P2	55 kW			
Courant nominal	- A			
Type de moteur	3~			
Classe d'isolation	F			
Degré de protection	IP 55			
Limites opérationnelles				
Démarrages / h max.	5			
Température maxi. du liquide pompé	363 K			
Teneur maximum en matières solides	40 g/m³			
Densité max.	998 kg/m³			
Viscosité maxi.	1 mm²/s			
Caractéristiques générales				
Poids	1150 kg			
Matériaux				
Corps de pompe	Fonte			
Corps d'aspiration	Fonte			
Roue	Fonte			
Bague d'usure	Fonte			
Corps d'étage	Fonte			
Chemise	Fonte			
Arbre	Acier inox			
Douille arbre	Acier inox			
Anneau d'étanchéité	Caoutchouc au nitrile			
Roulements à billes	Acier			
Presse-Etoupe	Fonte			
Etoupe	Tresse graphitée			
Caractéristiques de fonctionnement UNI/ISO 2548/C				
Q [l/s]	H [m]	P [kW]	Rend. [%]	NPSH [m]
Dimensions mm				
A = 2083 B = 1700 C = 360 D = 351 DNa = 200 DNm = 150 E = 241 F = 300 G = 1100 H = 541 I = 870 L = 820 M = 20 N = 160 O = 42 P = 475 Q = 845 R = 868 V = 370				
Notes:				
Date	Page	Offre n°	Pos.N°	
10.06.2024	1			

Annexe N°6 : La nouvelle fiche technique des asperseurs de type Pierrot.

Diamètres des buses	P (bar)	P (bar)	P (bar)	P (bar)	P (bar)	P (bar) 2,5		P (bar) 3,0		P (bar) 3,5		P (bar) 4,0		P (bar)	
	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	 2x18	 18x18	 2x18	 18x18	 2x18	 18x18	 2x18	 18x18	 2x18	 18x18
mm	Portée en m					Distances entre arroseurs									
4,2	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
4,5	15,0	15,4	15,8	16,3	16,9	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
4,8	15,4	15,8	16,2	16,6	17,0	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
5,0	15,8	15,9	16,3	16,7	17,3	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
5,2	16,0	16,4	16,6	16,8	17,4	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
6,0	16,4	16,5	16,7	17,2	17,6	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
7,0**	16,8	17,0	17,2	17,3	17,8	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18	24x18	18x18
ZB 22/ZB 22W	Consommation d'eau					Précipitations									
	(m ³ /h)	(m ³ /h)	(m ³ /h)	(m ³ /h)	(m ³ /h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)	(mm/h)
4,2	0,99	1,09	1,17	1,26	1,33	2,3	3,1	2,5	3,4	2,7	3,6	2,9	3,9	3,1	4,1
4,5	1,14	1,25	1,35	1,44	1,53	2,6	3,5	2,9	3,9	3,1	4,2	3,3	4,4	3,5	4,7
4,8	1,30	1,42	1,53	1,64	1,74	3,0	4,0	3,3	4,4	3,5	4,7	3,8	5,1	4,0	5,4
5,0	1,41	1,54	1,66	1,78	1,89	3,3	4,4	3,6	4,8	3,8	5,1	4,1	5,5	4,4	5,8
5,2	1,52	1,67	1,80	1,92	2,04	3,5	4,7	3,9	5,2	4,2	5,6	4,4	5,9	4,7	6,3
6,0	1,89	2,07	2,24	2,39	2,54	4,7	6,3	5,1	6,9	5,6	7,4	5,9	7,9	6,3	8,4
7,0**	2,53	2,77	2,99	3,19	3,39	6,4	8,5	7,0	9,3	7,5	10,1	8,1	10,8	8,6	11,4