

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME DU PROJET :

**Dimensionnement du réseau d'irrigation de Ain kercha à partir
d'un piquage (160 ha) , (W. Oum el bouaghi)**

PRESENTE PAR :

M^r YEBKA AKRAM

Devant les membres du jury

Noms et Prénoms	Grade	Qualité
Mr KAHLERRAS Djilali	M.C.A	Président
Mr BENKACI ALI Tarek	M.C.A	Examinatrice
Mr BOUZIANE Omar	M.AA	Examineur
Mme SADOUNE Samra	M.C.A	Promoteur

septembre – 2025

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

-  *À mes très chers parents, pour leur amour inconditionnel et leur soutien indéfectible tout au long de ce parcours.*
-  *À ma mère, toujours présente à mes côtés, dont la tendresse et l'encouragement m'ont porté jour après jour.*
-  *À mon père, dont les sacrifices constants et le dévouement sans limites ont permis de faire de moi la personne que je suis aujourd'hui. Merci du fond du cœur à vous deux.*
-  *À mes frères bien-aimés, piliers de ma vie.*
-  *À toute ma famille, pour leur affection et leur soutien.*
-  *À mes ami(e)s, avec qui j'ai partagé tant de souvenirs précieux – je vous dédie ce travail en gage de notre amitié sincère, en vous souhaitant une vie pleine de joie, de santé et de réussite.*

À toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire. À toute la promotion 2024/2025, avec qui j'ai partagé cette belle aventure académique

Remerciement

“La reconnaissance est la mémoire du cœur.”

De Hans Christian Andersen

En préambule à ce mémoire je remercie Allah qui m’a armé de patience et le courage durant ces longues années d’études.

- ✚ J’exprime mes profonds remerciements a mon promoteur Mme S.H.Samra pour ses précieux conseils et la sollicitude avec laquelle il a suivi et guidé ce travail***
- ✚ Je tiens à remercier également les ingénieurs Mr Mrabnet Hocine, Mr Brkat.Raouf qui m’ont fait part de leurs connaissances et de leurs savoir-faire durant la réalisation de ce Travail.***
- ✚ Je remercie aussi tous mes enseignants de l’école nationale supérieure de l’hydraulique (E.N.S.H) pour la formation de qualité qu’ils m’ont donnée durant tout mon cycle universitaire, et m’ont aidée dans l’élaboration de ce mémoire.***
- ✚ Mes vifs remerciements à ma merveilleuse mère, à mon très cher père, mes frères et à tous mes meilleurs amis particulièrement <<Yanis et Hichem >> pour leurs encouragements et leurs soutiens durant la réalisation de ce modeste travail.***

Mes profonds remerciements vont également aux membres du jury pour le temps et L’énergie qu’ils ont consacrée pour évaluer mon travail.

• ملخص :

يتناول هذا البحث دراسة وتصميم شبكة الري في المحيط الهيدرو-فلاحي بعين كرشة (الجهة الشرقية) على مساحة 160 هكتار، والذي يُغذى من قناة تحويل مياه سد بني هارون نحو سد كدية مداور. وقد تم اختيار زراعات بستانية، خضروات وحبوب، تبعاً للخصائص البيولوجية والمعايير الزراعية للمنطقة. يهدف العمل إلى تحسين مردودية الإنتاج الزراعي من خلال اعتماد أنظمة ري حديثة (الرش والتنقيط)، وضمان استعمال عفلائي وفعال للمورد المائي. أظهرت نتائج الحسابات الهيدروليكية جدوى الشبكة المقترحة، حيث تحقق كفاءة عالية في توزيع المياه، تخفيض الفواقد وضمان استدامة التسيير المائي في المنطقة.

• Résumé :

Ce mémoire porte sur le dimensionnement du périmètre irrigué d'Aïn Kercha Est (160 ha), alimenté à partir du piquage de la conduite Béni Haroun – Koudiet Medouar. Les cultures ciblées sont arboricoles, maraîchères et céréalières, sélectionnées selon les caractéristiques pédologiques et agronomiques de la région.

L'objectif est d'assurer une gestion rationnelle de l'eau et d'améliorer les rendements agricoles par l'adoption de systèmes modernes d'irrigation : l'aspersion et le goutte-à-goutte. Le dimensionnement hydraulique a montré la faisabilité technique des installations, garantissant une efficacité d'utilisation de l'eau, une réduction des pertes et une irrigation homogène.

Les résultats confirment que ces techniques constituent une solution durable et performante pour la valorisation des ressources hydriques à Aïn Kercha.

• Abstract :

This study focuses on the hydraulic design of the irrigation scheme in Aïn Kercha East (160 ha), supplied through a tapping from the Béni Haroun–Koudiet Medouar transfer pipeline. The selected crops include orchards, vegetables, and cereals, chosen according to the pedological and agronomic characteristics of the area.

The main objective is to enhance agricultural yields by adopting modern irrigation techniques, namely sprinkler and drip systems, ensuring rational and efficient water management. The hydraulic calculations confirmed the technical feasibility of the designed networks, demonstrating high water-use efficiency, reduced losses, and sustainable management of water resources in the region.

Tables des matières

Résumé

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des planches

Introduction générale 1

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Introduction 3

I.1. Situation géographique et administrative de la zone d'étude 3

I.2. Situation du Périmètre d'Ain Kercha 4

I.3. Situation Topographique 5

I.4. Situation Hydrographique 5

I.5. Situation Géologique 5

I.6.Situation Climatique 5

I.6.1 choix de la station de référence 6

I.6.2 Température 6

I.6.3. précipitation 7

I.4.4 humidité de l'air 8

I.6.5 le vent 8

I.6.6 insolation 9

I.6.7 evaporation 10

I.7 Indices agro-météorologiques 11

I.7.1 Indice d'aridité annuel de De Martonne (1926) 11

I.7.2 Quotient ombrothermique d'Emberger 11

I.7.3 Climagramme de BAGNOULS et GAUSSEN : 12

I.7.4 Comparaison des indices agro météorologiques 13

Conclusion 15

Chapitre II : analyse des ressources en sols

Introduction	16
II.1. Classification des sols de la zone d'étude	16
II.1.1. Sols peu évolués d'origine non climatique, a apport alluvial modal	16
II.2. Caractéristiques physico-chimiques des sols	17
II.3. Perméabilité	19
II.4. Propriétés hydrodynamiques des sols	21
II.5. Étude des aptitudes culturales	21
I.5.1 Classification des aptitudes des sols à l'irrigation et au drainage	21
I.5.2 Degré d'aptitude culturale	23
Conclusion	25

Chapitre III : Analyse des ressources en eau

Introduction	26
III.1. Origine et mode d'alimentation en eau du périmètre	26
III.1.1. Situation géographique du Barrage de Béni Haroun	29
III.1.2. Transferts des eaux vers Koudiet Medouar	29
III.2. Etude de la qualité de l'eau d'irrigation	30
III.3. Classification des eaux d'irrigation (CE et SAR)	30
III.4. Classification des eaux par la méthode de Wilcox :	32
III.5. Etude Hydrologique :	33
III.5.1. choix de la station pluviométrique :	34
III.5.2. Répartition de la pluie moyenne annuelle	34
III.5.3. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique (test de Wilcoxon):	35
III.5.3.1. Teste de Wilcoxon :	35
III.5.3.2. Choix des lois de probabilités :	36
III.5.3.3. Test de validité d'une Ajustement statistiques:	38
III.5.4. Détermination de l'année de calcule :	38
Conclusion	40

Chapitre IV : Besoins en eau des cultures

Introduction	42
---------------------	-----------

IV.1. Besoins en eau des cultures :	42
IV.1.1. Calcul de l'évapotranspiration :	42
IV.1.2. Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET_0)	42
IV.2. Besoins en eau d'irrigation :	47
IV.2.1. Détermination de la pluie efficace :	48
IV.2.2. Choix des cultures :	49
IV.2.3. Identification des principaux types d'assolement	50
IV.2.4. Cycle végétatif des cultures :	52
IV. 3. Les besoins en eau des cultures :	53
IV.3.1. Calcul des besoins en eau des cultures :	53
IV.3.2. Calcul du débit spécifique :	56
IV.3.3. Evaluation du débit caractéristique :	57
IV.3.4. Estimation des volumes d'eau d'irrigation	57
Conclusion	59

Chapitre V : Etude de système d'adduction

Introduction	60
V.1. Alimentation en eau du périmètre :	60
V.2. Types et variantes d'adduction :	60
V.2.1. Choix de la variante:	61
V.3. Organisation et structure du périmètre :	61
V.3.1. Ilots et bornes d'irrigation :	61
V.3.2. Rôle et fonction de la borne d'irrigation :	61
V.3.3. Calcul hydraulique aux bornes :	62
V.3.4. Implantation des bornes	62
V.3.5. Choix du diamètre et du type des bornes	63
V.4. Dimensionnement du réseau de distribution :	64
V.4.1. Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire :	64
V.4.2. Vitesses admissibles :	64
V.4.3. Choix du matériau des conduites	65
V.4.4. Calcul des diamètres :	66
V.4.5. Estimation des pertes de charge :	68
V.4.6. Calcul de pression aux bornes et nœuds :	69
Conclusion	71

Chapitre VI : Etudes des techniques d'irrigation

Introduction	73
VI.1. Les différents technique d'arrosages:	73
VI.1.1 L'irrigation de surface	73

VI.1.2. L'irrigation par aspersion	76
VI.1.3.1 L'irrigation localisée	78
<u>VI.2. Choix de la technique d'arrosage :</u>	80
<u>Conclusion</u>	83

Chapitre VII : Dimensionnement à la parcelle

<u>Introduction</u>	85
<u>VII.1. Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte</u>	85
VII.1.1. Données générales	85
VII.1.2. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée	86
VII.1.2.1. Influence du taux de couverture du sol	86
VII.1.2.2. Dose nette pratique	86
VII.1.2.3. Fréquence et intervalle des arrosages (Fr):	87
VII.1.2.4 Calcul de la dose brute	87
VII.2.1.5. Durée de fonctionnement par d'arrosage (h)	88
VII.2.1.6. Durée d'arrosage journalier	88
VII.2.1.7. Nombre de poste	88
VII.2.1.8. Surface du poste:	89

VII.1.3. Calculs hydrauliques	89
VII.1.4. Dimensionnement des canalisations du réseau	89
VII.1.4.1. Pour les rampes : L=144 m	90
VII.1.4.2. Pour le porte rampe : L=160m	91
VII.1.4.3. Calcul Récapitulatif et vérification des pressions à la borne de distribution	93
VII.2 Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion	93
VII.2.1 Calcul de RFU	93
VII.2.2 Le diamètre de l'ajutage	94
VII.2.3 VII.2.3 Calcul de la portée du jet (L)	94
VII.2.4 VII.2.4 Ecartements entre les rampes et arroseurs	95
VII.3 Vérification de la pluviométrie	95
VII.3.1. Débit de l'asperseur	95
VII.3.2 Vérification de la pluviométrie de la buse	96
VII.3.3 Calcul du tour d'eau	96
VII.3.4 Calcul de la dose réel	97
VII.3.5 Calcul de la dose brute	97
VII.3.6 Temps d'arrosage	97
VII.3.7 Calcul de l'unité d'arrosage	97
VII.3.8 Calcul du débit d'équipement	98
VII.3.9 Calcul du volume fourni par un asperseur par mois	98
VII.3.10 Calcul du volume à épandre en un mois sur toute la parcelle	98
VII.4. Calcul hydraulique du réseau d'irrigation par aspersion	99
VII.4.1. La longueur de la rampe	99
VII.4.2. Dimensionnement de la ram	100
VII.4.3. Calcul du diamètre de la rampe	100
VII.4.4 Calcul de la perte de charge de la rampe	101
VII.5. Dimensionnement de la port rampe	101
VII.5.1 Longueur de la porte rampe	101
VII.5.2. Débit de la porte rampe	101
VII.5.3. Calcul du diamètre de la porte rampe	102
VII.5.4. Calcul de la perte de charge de la porte ramp	102
VII.6. Les résultats du dimensionnement du réseau d'irrigation par aspersion	102
Conclusion	104

Chapitre VIII : Etude technico-économique

Introduction	106
VIII.1. Exécution des travaux de pose des canalisations	106
VIII.2. Choix des engins du chantier	107
VIII.3. Facture des différents types de conduites du réseau de distribution	113
VIII.4. Frais des travaux sur réseau d'irrigation	109
VIII.4.1. calcul des volumes de remblai et de déblai	109
VIII.5. Estimation du cout total de l'installation du réseau	110

<u>Conclusion</u>	111
<u>Conclusion générale</u>	112

Liste des figures

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Figure I.1: Situation géographique de la wilaya d'Oum El Bouaghi	4
Figure I.2: Situation du périmètre d'étude	4
Figure I.3: Répartition des températures moyennes	7
Figure I.4: Distribution mensuelle de l'Humidité relative de l'air (%)	8
Figure I.5: Distribution mensuelle de Vitesse moyenne du vent (m/s)	9
Figure I.6: Distribution mensuelle de la durée d'insolation totale (h)	10
Figure I.7: Distribution mensuelle de l'évaporation (mm)	10
Figure I.8: Diagramme bioclimatique d'EMBERGER	12
Figure I.9: Climogramme de Gaussen	13
Figure I.12: Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Algérie (ANAT,2004)	14

Chapitre III : Analyse des ressources en eau

Figure III. 1: Schéma du système d'approvisionnement en eau du périmètre étudié	28
Figure III.2: Diagramme de classification des eaux d'irrigation	32
Figure III.3: Ajustement à la loi de Gauss	37
Figure III.4: Ajustement à la loi de Galton	38

Chapitre VI : Etudes des techniques d'irrigation

Figure VI.1: Irrigation par planche de ruissellement	74
Figure VI.2: Irrigation à la raie	75
Figure VI.3: Irrigation par submersion	76
Figure VI.4: Exemple d'une installation en aspersion	77
Figure VI.5: Partie essentielle d'une installation localisée	78
Figure VI.6 : Partie essentielle d'une installation localisée	79

Chapitre VII : Dimensionnement à la parcelle

Figure VII.1: Dispositifs d'installation des goutteurs sur la rampe	86
---	----

Chapitre VIII : Etude technico-économique

Figure VIII.1: Disposition de la conduite dans une tranchée.	109
--	-----

Liste des tableaux

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Tableau I.1: Coordonnées de la station d'Oum El Bouaghi	6
Tableau I.2: Températures moyennes mensuelles de la zone d'étude	6
Tableau I.3: Pluviométrie moyenne mensuelle en (mm)	7
Tableau I.4: Humidité relative à la station de Oum El Bouaghi	8
Tableau I.5: Vitesse moyenne mensuelle du vent	9
Tableau I.6: Durée mensuelle totale d'insolation (heures))	9
Tableau I.7: Répartition mensuelle de l'évaporation	10
Tableau I.8: Classification climatique selon Martonne	11

Chapitre II : analyse des ressources en sols

Tableau II.1: Analyses physico-chimiques des sols	18
Tableau II.2: Différentes classes de perméabilité	20
Tableau II.3: Différentes classes de perméabilité	20
Tableau II.4: propriétés hydrodynamiques des sols	21
Tableau II.5: Caractéristiques des sols et aptitudes culturales	22
Tableau II.6: Les espèces culturales recommandées par groupe	25

Chapitre III : Analyse des ressources en eau

Tableau III.1: Caractéristiques du barrage de Béni Haroun	29
Tableau III.2: Caractéristiques chimique de l'eau du barrage de Béni Haroun	30
Tableau III.3: Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique	31
Tableau III.4: Classification des eaux en fonction de SAR	31
Tableau III.5: caractéristiques de station climatique Fourchi	33
Tableau III.6: Répartition mensuelle des précipitations (mm)	34
Tableau III.7: Caractéristiques de la série pluviométrique	34
Tableau III.8: Test d'homogénéité de la série pluviométrique	36
Tableau III.9: Test de validité des deux ajustements	38
Tableau III.10: Résultat de l'ajustement	39
Tableau III.11: Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul	39

Chapitre IV : Besoins en eau des cultures

Tableau IV.1: Estimation de l'évapotranspiration de référence mensuelle (ET_0) à l'aide de CROPWAT 8.0 pour la station de Fourchi	45
Tableau IV.2: Coefficient cultural (K_c) de chaque culture, en fonction du stade végétatif de la plante.	47
Tableau IV.3: Les profondeurs d'enracinements des différentes cultures (m)	48

Tableau IV.4: .calcul des pluies efficaces pour chaque mois en mm _____	49
Tableau IV.5: Occupation de sol en fonction des cultures _____	50
Tableau IV.6: Les assolements proposés _____	51
Tableau IV.7: Cycle végétatif des cultures _____	52
Tableau IV.8: Calcul des Besoin en eaux des cultures _____	53
Tableau IV.9: Récapitulatif des besoins pour l'assolement 1 _____	54
Tableau IV.10: Récapitulatif des besoins pour l'assolement 2 _____	56
Tableau IV.11: les volumes des besions en eau d'irrigation _____	58

Chapitre V : Etude de système d'adduction

Tableau V.1: Type de bornes en fonction de superficies des ilots _____	63
Tableau V.2: Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes _____	64
Tableau V.3: Seuil des vitesses admissibles en fonction des diamètres _____	65
Tableau V.4: Diamètres des canalisations et vitesses d'écoulement _____	67
Tableau V.5: Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon _____	68
Tableau V.6: Pertes de charge dans les canalisations _____	69
Tableau V.7: La pression aux bornes et nœuds _____	70
Tableau V.8: Etat quantitatif des conduites _____	70

Chapitre VI : Etudes des techniques d'irrigation

Tableau VI.1: Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage _____	81
--	----

Chapitre VII : Dimensionnement à la parcelle

Tableau VII.1: Récapitulatif des calculs hydrauliques _____	93
Tableau VII.2 : Résultats de calcul pratique du réseau d'irrigation par aspersion _____	103

Chapitre VIII : Etude technico-économique

Tableau VII.1: Les engins utilisés pour la mise en place des conduites et leurs rôles _____	107
Tableau VIII.2: Facture des différents types de conduites du réseau de distribution _____	108
Tableau VIII.3: Cout des équipements de protection du réseau de distribution _____	108
Tableau VIII.4: Calcul des différents volumes _____	110
Tableau VIII.5: Coût des travaux de terrassement _____	110

Liste des planches

Planche n°1 : Plan de situation ;

Planche n°2 : Plan du réseau d'adduction et de distribution ;

Planche n°3 : profil en long ;

Planche n°4 : plan du système d'irrigation

Planche n°5 : plan du système d'aspersio

INTRODUCTION GENERALE

L'agriculture constitue un secteur stratégique pour la sécurité alimentaire, le développement local et la stabilité socio-économique, en particulier dans les régions arides et semi-arides où les contraintes climatiques limitent fortement la productivité. Dans ces zones, la faiblesse et l'irrégularité des précipitations rendent l'irrigation non seulement nécessaire, mais essentielle pour assurer la pérennité des cultures et optimiser les rendements.

Dans ce contexte, la gestion rationnelle de l'eau représente un levier majeur de modernisation du secteur agricole. L'irrigation, comprise comme l'apport contrôlé d'eau en complément des précipitations naturelles, permet de sécuriser les productions et de valoriser durablement les ressources hydriques disponibles. Toutefois, la mise en place d'un système d'irrigation performant requiert une approche intégrée tenant compte des conditions naturelles (climat, sols, topographie), des besoins en eau des cultures et des potentialités réelles de mobilisation de la ressource.

C'est dans cette perspective que s'inscrit le présent mémoire, consacré à l'étude et au dimensionnement d'un réseau d'irrigation dans la région d'Aïn Kercha (partie Est), wilaya d'Oum El Bouaghi. Le projet étudié repose sur un piquage réalisé sur la conduite de transfert issue du barrage de Béni Haroun, via la station de pompage d'Aïn Kercha jusqu'au barrage de Koudiet Medouar, afin de mettre en valeur une superficie agricole à travers un réseau d'irrigation sous pression adapté aux cultures envisagées.

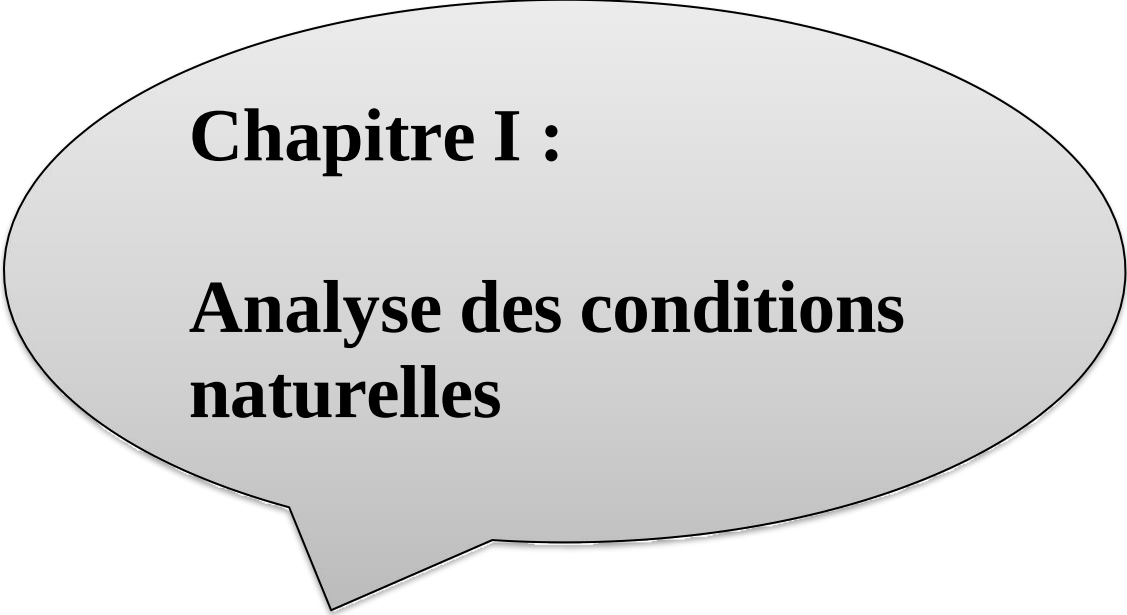
L'objectif principal est de proposer une solution technique rationnelle pour la mobilisation et la distribution de l'eau d'irrigation sur ce périmètre, garantissant à la fois l'efficacité hydraulique et la durabilité de la ressource. Pour atteindre cet objectif, l'étude comprend :

- une analyse des conditions naturelles et pédologiques de la zone ;
- une évaluation des ressources hydriques mobilisables et des besoins en eau des cultures ;
- le choix et la conception du système d'irrigation le plus approprié ;
- le dimensionnement hydraulique du réseau ;
- et enfin une estimation technico-économique de la faisabilité du projet.

La structure du mémoire est organisée comme suit :

- **Chapitre I** : Présentation de la zone d'étude et de ses conditions naturelles ;
- **Chapitre II** : Étude pédologique et évaluation des aptitudes culturales des sols ;
- **Chapitre III** : Analyse des ressources en eau disponibles ;
- **Chapitre IV** : Détermination des besoins hydriques des cultures implantées ;
- **Chapitre V** : Dimensionnement du réseau d'adduction principal ;
- **Chapitre VI** : Conception des systèmes d'irrigation au niveau des parcelles ;
- **Chapitre VII** : Estimation technico-économique et bilan de faisabilité.

En définitive, ce travail vise à formuler une proposition d'aménagement cohérente, techniquement viable et économiquement justifiée, contribuant à la valorisation durable des terres agricoles de la région d'Aïn Kercha.



Chapitre I :

Analyse des conditions naturelles

Chapitre I : Analyse des conditions naturelles

Introduction

Avant toute planification d'un aménagement hydraulique ou agricole, il est essentiel d'évaluer les caractéristiques naturelles du site d'étude. Ce chapitre présente les principales données géographiques, topographiques, géologiques, climatiques et hydrologiques du périmètre de Aïn Kercha, données qui constituent le socle de toute décision technique ultérieure.

I.1 Situation géographique et administrative de la zone d'étude

La wilaya d'Oum El Bouaghi, située dans la région des Hauts Plateaux au nord-est de l'Algérie, se trouve à environ 500 km au sud-est de la capitale Alger. Elle est délimitée par :

- les wilayas de Constantine et Guelma au nord,
- Mila à l'ouest,
- Batna et Khenchela à l'est,
- et Tébessa au sud.

Administrativement, elle est divisée en 12 daïras et 29 communes. La zone d'étude se situe dans la daïra d'Aïn Kercha, au sud-est de la wilaya, plus précisément entre les communes d'Aïn Kercha et El Harmilia.

Les coordonnées géographiques d'Oum El Bouaghi sont approximativement de 35.8775° de latitude nord et 7.1078° de longitude .

La figure I.01 ci-après illustre la situation géographique de la wilaya et la localisation de la zone d'étude par rapport à la capitale Alger.

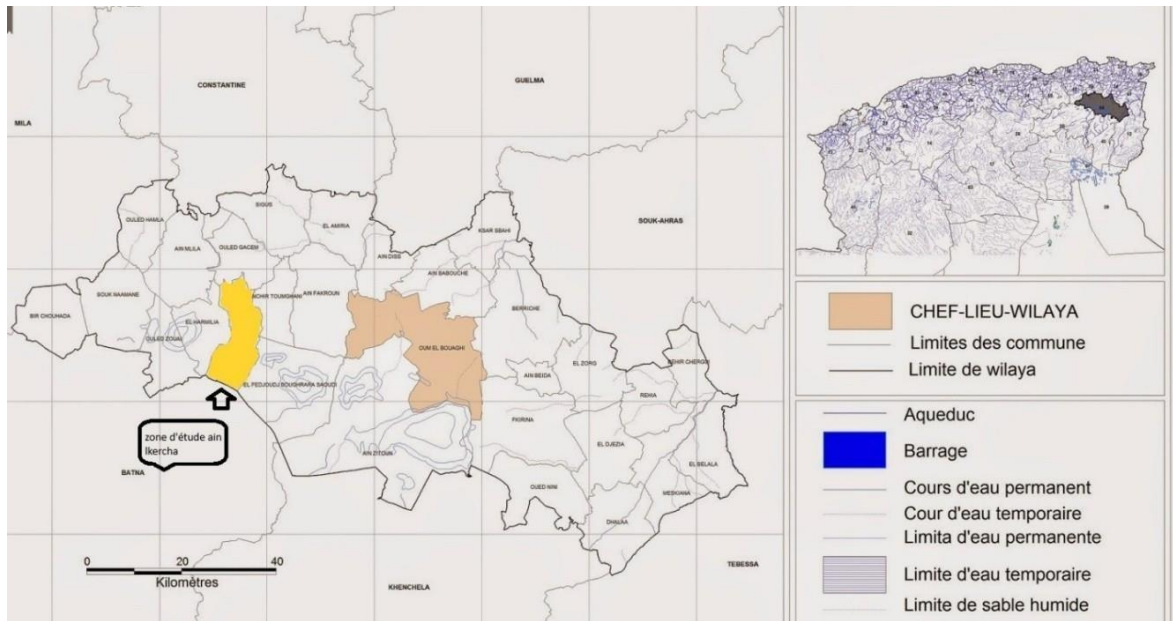


Figure I.1 : Situation géographique de la wilaya d'Oum El Bouaghi

Source : Découpage administratif de l'Algérie & Monographie (2015)

I.2 Situation du Périmètre d'Ain Kercha

Le périmètre d'étude se situe à l'est de la RN100, s'étendant de Aïn M'lila vers Aïn Kercha, et est traversé par la CW06. Il relève administrativement des communes d'El Harmilia et d'Aïn Kecha. Le périmètre présente une superficie de l'ordre de 160 ha.

Les coordonnées géographiques sont : 35°49'18"N, 6°41'00"E.



Figure I.2: Localisation du périmètre d'étude

Source : Image satellitaire (Google Earth), traitement personnel (2025)

I.3 Situation Topographique

Le périmètre d'Aïn Kercha se situe dans une plaine dont l'altitude varie entre 797 mètres et 842 mètres. Il est naturellement encadré par un relief montagneux qui délimite la zone d'étude :

- Au sud, la plaine est bordée par le Djebel Hanout Sghir, culminant à 1 194 mètres, et le Djebel Hanout Kebir, atteignant 1 344 mètres d'altitude.
- Au nord, elle est dominée par le Djebel Rass El Ghirane, dont le sommet s'élève à 1 423 mètres.

I.4 Situation Hydrographique

Le réseau hydrographique du bassin d'Oum El Bouaghi est dominé par un seul cours d'eau principal : l'Oued Fesguia. Celui-ci prend sa source dans les plaines semi-arides de la région et résulte de la confluence de deux oueds : le Ras Chiboub et le Messead. L'Oued Fesguia joue un rôle de collecteur des eaux de ruissellement provenant des deux rives, alimenté notamment par l'Oued Gourbadj, l'Oued Salaa et l'Oued Belghidi.

I.5 Situation Géologique

La région d'Oum El Bouaghi présente une géologie riche et diversifiée, dominée par des formations datant du Crétacé et du Paléogène, ainsi que par des couches massives du Jurassique. Cette diversité lithologique se manifeste notamment par la présence d'alluvions (sables, graviers, cailloutis), de grès, de marnes, d'argiles et de calcaires. Les différentes phases tectoniques qui ont affecté la région ont joué un rôle déterminant dans sa morphogenèse. Elles ont engendré une dépression structurale qui constitue aujourd'hui le principal réservoir aquifère de la vallée d'Oum El Bouaghi. Cette dépression est comblée par des alluvions d'âge mio-plio-quaternaire, formant à la fois les anciennes et les actuelles terrasses de la vallée de la Fesguia.

I.6 Situation Climatique

L'analyse des conditions climatiques constitue une étape essentielle dans l'élaboration d'une étude d'irrigation. La compréhension des principaux paramètres climatiques est en effet un facteur déterminant pour la production végétale et l'évaluation du potentiel agricole d'une région.

L'objectif de cette analyse est d'examiner les données climatiques observées et mesurées, afin d'estimer les besoins en eau des cultures locales et de dimensionner de manière optimale les réseaux d'irrigation.

I.6.1 Choix de la station de référence

Dans le cadre de notre étude, nous nous sommes appuyés sur les données issues des stations climatologiques les plus proches du périmètre, afin d'obtenir une meilleure précision dans l'estimation des paramètres climatiques et de caractériser au mieux le climat de la zone d'étude. Cependant, aucune station météorologique n'est actuellement en activité à proximité immédiate du périmètre. Les deux stations les plus proches ont en effet été mises hors service : la première en 1981 et la seconde en 1984.

Nous avons exploité les données de la station météorologique Fourchi, gérée par l'Office National de la Météorologie.

Les caractéristiques de la station sont données comme suit :

Tableau I.1 : Coordonnées de la station d'Oum El Bouaghi

Nom de la station	Coordonnées		Altitude (m)	Période d'observation	Nombre d'années observées
	X (Km)	Y (Km)			
FOURCHI	849.85	346.6	775	1996-2020	25 ans

(Source : ANRH, Alger 2020)

I.6.2 Température

La température constitue un paramètre climatique fondamental. Ses variations influencent directement l'évapotranspiration et, par conséquent, l'évaporation ainsi que le cycle végétatif des cultures. Elle joue également un rôle déterminant dans la variation des différentes composantes du bilan hydrologique.

Pour l'estimation des températures dans notre zone d'étude, nous avons utilisé les relevés des moyennes mensuelles sur une période de 25 ans, allant de 1996 à 2020, enregistrés au niveau de la station météorologique Fourchi. Les valeurs correspondantes sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau I.2 : Températures moyennes mensuelles

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	MA
T_{moy}(C°)	22.65	16.55	11.85	7.25	6.1	7.5	10.1	14.05	18.3	23.45	26.8	26.25	15.85
T_{min}(C°)	20.1	13.6	8.5	5	3.9	4.4	7.2	9.6	12.8	18.7	24.7	23	12.62
T_{max}(C°)	25.2	20.5	15.2	9.5	8.3	10.6	13	18.5	23.8	28.2	28.9	29.5	19.26

(Source : ANRH, Alger 2020)

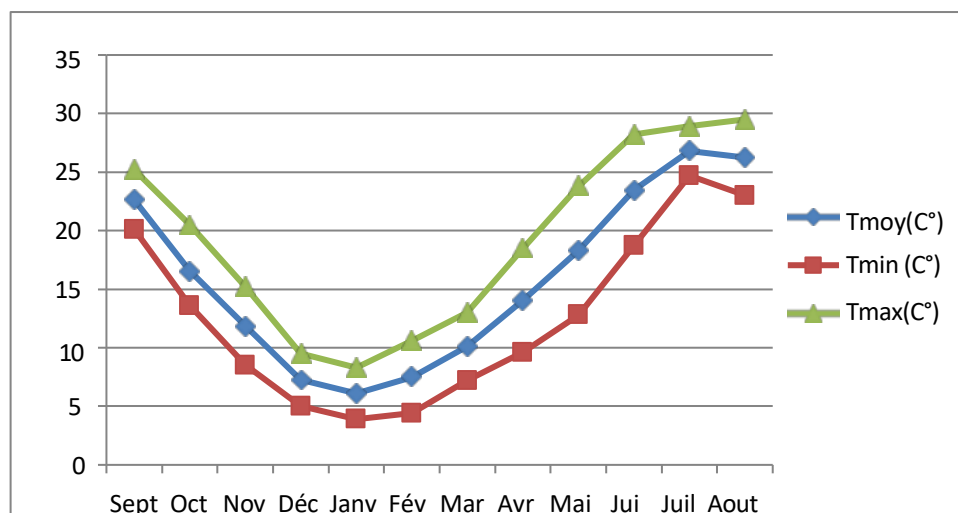


Figure I.3 : Répartition des températures moyennes

Avec :

- **Tmin** : moyenne de tous les minima observés pour chaque mois
- **Tmax** : moyenne de tous les maxima observés pour chaque mois
- **Tmoy** : moyenne mensuelle.

Le graphe de variation des températures est présenté comme suit :

La température moyenne annuelle est de 15,85 °C. En été, la température moyenne mensuelle varie de 23 °C à 26 °C, les maxima absolus étant compris entre 28,9 °C et 29,5 °C. Août est le mois le plus chaud. En hiver, la température moyenne mensuelle varie de 6 °C à 7 °C, les maxima absolus étant compris entre 8 °C et 13 °C, et les minima absolus entre 3,9 °C et 4,4 °C. Janvier est le mois le plus froid.

I.6.3 Précipitation

La connaissance de la pluviométrie et de sa répartition dans le temps dans la zone d'Aïn Kercha est primordiale, puisqu'elle permet de connaître le régime pluviométrique, ce qui conditionne le dimensionnement des réseaux d'irrigation et le pilotage des arrosages.

Pour l'exploitation des données de pluie, nous nous sommes référés à la station fourchi qui dispose d'un pluviomètre et d'un pluviographe. Certaines années de la série présentent des lacunes ; dans ce cas, nous avons retenu un échantillon de données couvrant la période de 1996 à 2020.

Les précipitations mensuelles moyennes (en mm) sont données dans le tableau suivant :

Tableau I.3 : Pluviométrie moyenne mensuelle

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	MA
P(mm)	40.07	31.71	34.48	43.96	32.57	24.66	38.70	43.17	43.62	19.83	8.29	24.65	385.72

(Source : ANRH, Alger 2020)

I.6.4 Humidité de l'air

L'humidité constitue un facteur essentiel du cycle hydrologique, influençant directement l'évaporation des sols ainsi que la couverture végétale. Elle correspond à la quantité réelle de vapeur d'eau contenue dans l'air, comparée à la quantité maximale que celui-ci pourrait retenir s'il était saturé à la même température.

Tableau I.4 : Humidité relative

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
HR (%)	57	60	65	76	74	69	61	57	56	50	39	44

(Source : ANRH, Alger 2020)

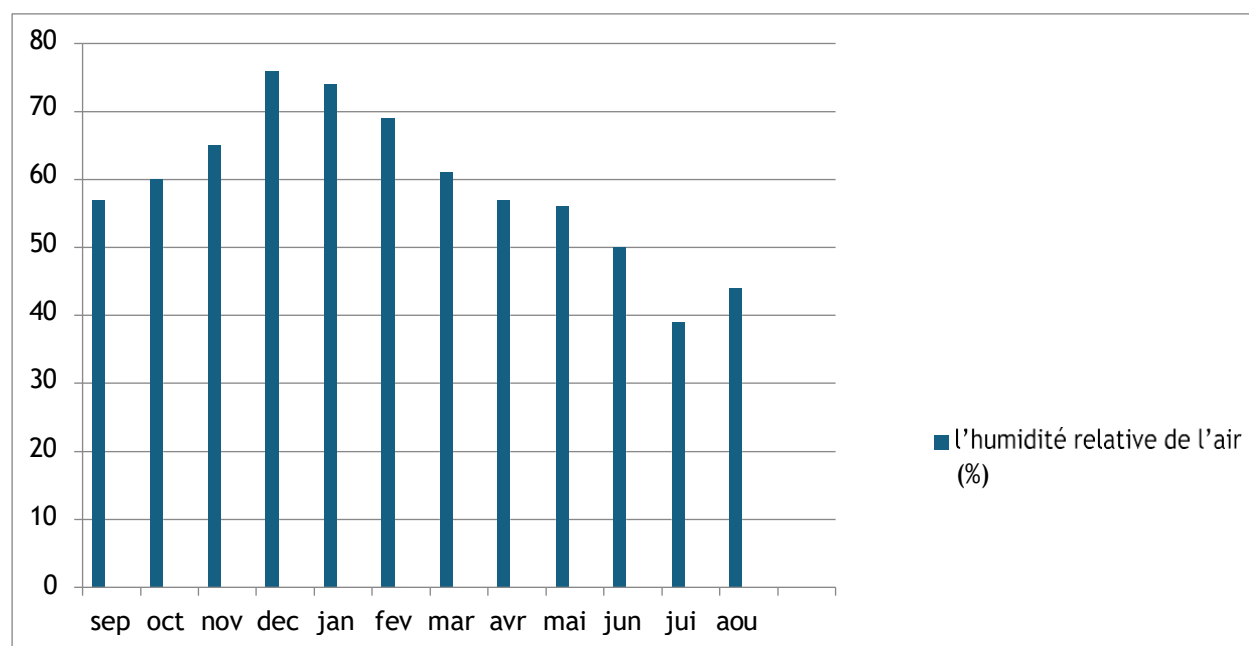


Figure I.4 : Distribution mensuelle de l'humidité relative de l'air (%)

I.6.5 Le vent

L'humidité relative varie au fil des mois tout au long de l'année. L'analyse du tableau I.3 permet de dégager une humidité moyenne annuelle de 48 % durant les mois les plus secs. Les mois de décembre et janvier sont les plus humides, avec une moyenne de 59 %.

Tableau I.5 : Vitesse moyenne mensuelle du vent (m/s)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	MA
V(m/s)	1.35	1.53	1.61	1.87	1.71	1.94	2.05	1.98	2.04	1.93	2.21	2.38	1.90

(Source : ANRH, Alger 2020)

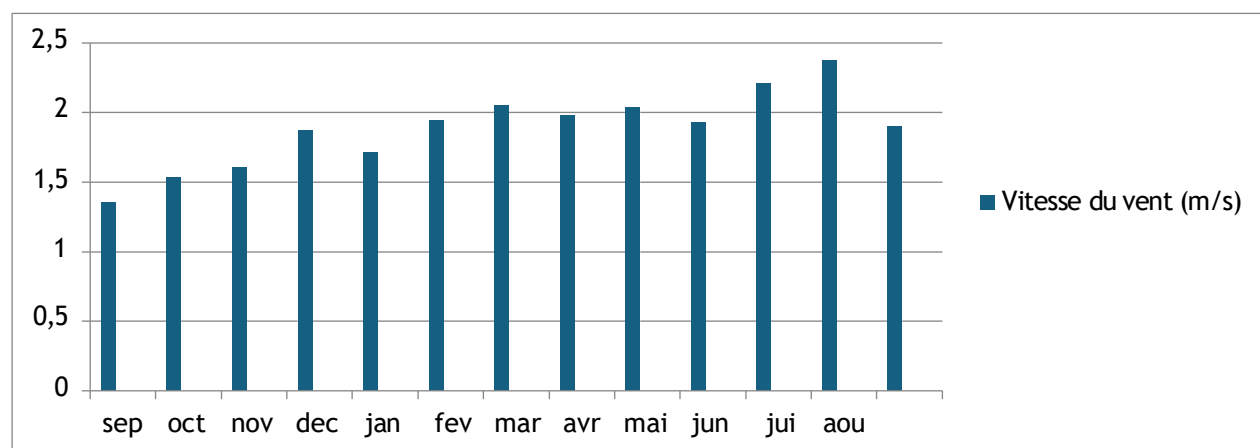


Figure I.5 : Distribution mensuelle de la vitesse moyenne du vent (m/s)

La vitesse moyenne annuelle du vent est de 1,9 m/s. La vitesse minimale est observée en septembre (1,35 m/s), tandis que la vitesse maximale est enregistrée en août, avec 2,38 m/s.

I.6.6 Insolation

L'insolation est un paramètre climatique déterminant dans le calcul de l'évapotranspiration potentielle. La durée moyenne mensuelle d'insolation a été établie à partir des données enregistrées à la station météorologique Fourchi.

Tableau I.6 : Durée mensuelle totale d'insolation (heures)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	AN
Heures	242	226	175	153	161	180	237	244	275	293	339	296	2826

(Source : ANRH, Alger 2020)

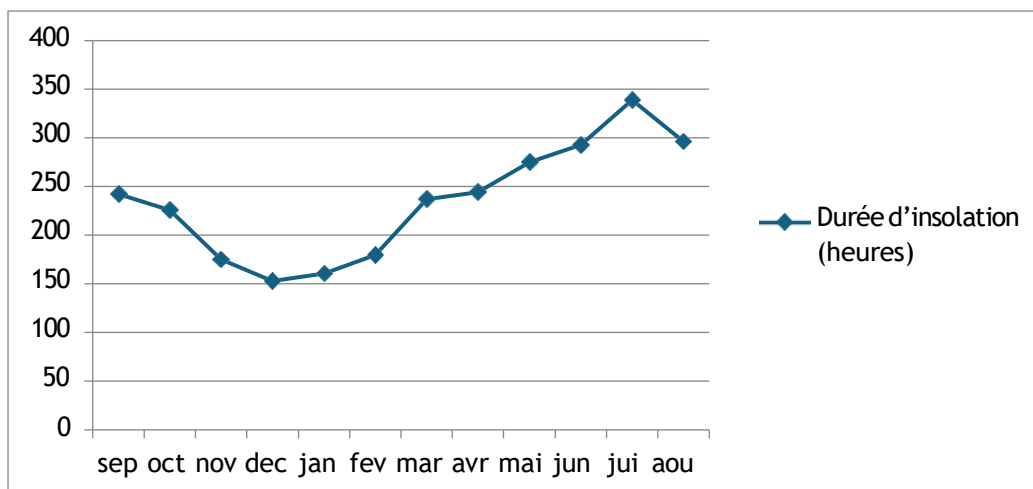


Figure I.6 : Distribution mensuelle de la durée d'insolation totale (h)

La durée annuelle d'insolation est de 2 826,2 heures. Elle est particulièrement élevée de mai à août, et plus faible de décembre à février.

I.6.7 Evaporation

Les valeurs mensuelles et annuelles moyennes d'évaporation des plans d'eau dans la région étudiée sont issues des observations effectuées à la station météorologique fourchi.

Tableau I.7 : Répartition mensuelle de l'évaporation (mm)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	An
E (mm)	242.4	226.8	175.7	153.2	161.2	180	237	244	275	293	339	296	2826

(Source : ANRH, Alger 2020)

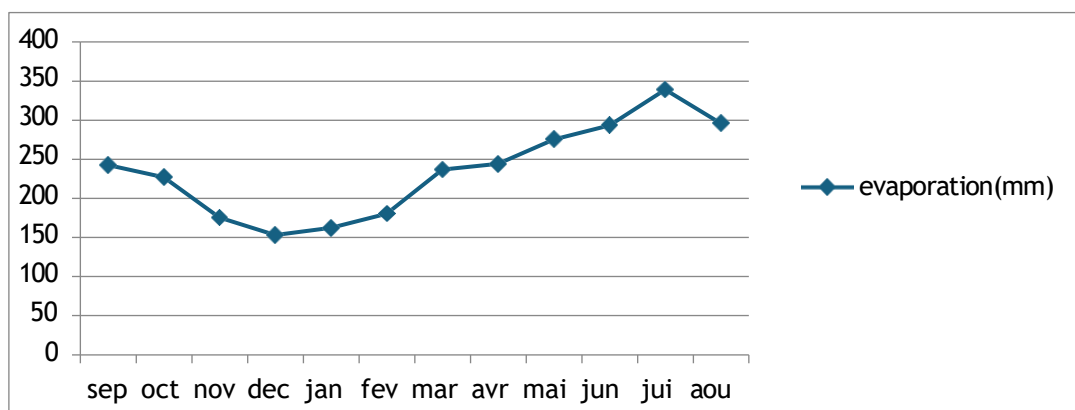


Figure I.7 : Répartition mensuelle de l'évaporation (mm)

L'analyse de ces données montre que l'évaporation est particulièrement importante entre mai et septembre, période qui représente 65,03 % du total annuel. À l'inverse, entre novembre et mars,

l'évaporation est plus faible, ne représentant que 34,97 %. Les extrêmes d'évaporation sont relevés en janvier (62,05 mm) et en juillet (320,05 mm).

I.7 Indices agro-météorologiques

I.7.1 L'indice d'aridité de Martonne

L'indice d'aridité de Martonne permet d'évaluer le degré de sécheresse d'une région en tenant compte des précipitations et de la température moyenne annuelle. Il constitue un outil précieux pour la planification de la production agricole et la gestion des ressources en eau.

on l'obtient à l'aide de la relation suivante :
$$IA = \frac{P}{T+10} \quad (I.1)$$

Avec :

- I_A : indice d'aridité de Martonne.
- P : pluie moyenne annuelle en (mm).
- T : température moyenne annuelle en (°C).

Les limites du climat selon l'indice climatique de Martonne sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Tableau I.8 : Classification climatique selon Martonne

Valeur de I	Type d 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

A.N:
$$I_A = \frac{385.72}{15.85+10} = 14.92$$

- Selon cet indice, la région présente un climat sec, ce qui implique un recours fréquent à l'irrigation pour sécuriser la production agricole.

I.7.2 Quotient Ombrothermique d'Emberger

L'indice d'Emberger permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une région, en intégrant la variabilité thermique annuelle et les précipitations. Il est particulièrement adapté aux zones à climat Méditerranéen.

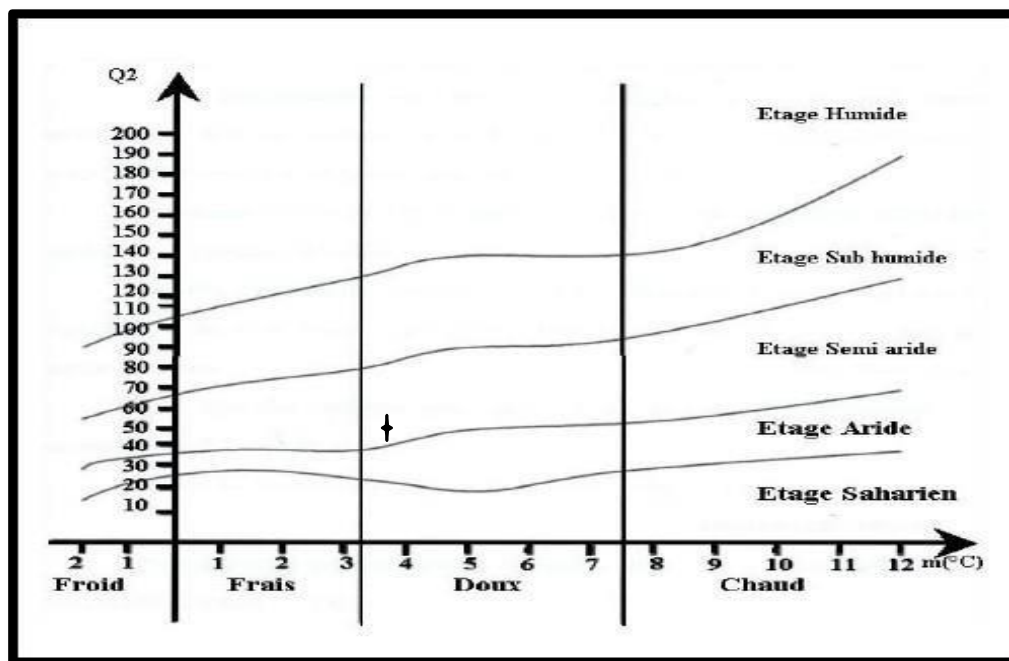
Pour le calculer, on applique la formule suivante :

$$Q = \frac{P}{M^2 - m^2} \times 2000 \dots\dots\dots (I.2)$$

Avec:

- P : précipitation moyenne annuelle (mm).
- Q : coefficient Ombrothermique d'Emberger.
- M : moyenne des températures maximales (Kelvin).
- m : moyenne des températures minimales (Kelvin).

Figure I.8 : Diagramme bioclimatique d'EMBERGER



A.N : $Q = \frac{385.72}{14840.32} * 2000 = 51.98$

- En reportant la valeur de **Q** sur le diagramme bioclimatique d'Emberger (fig. II.11), et en tenant compte de la température moyenne minimale du mois le plus froid, il est possible de confirmer que notre région appartient :

- À l'étage bioclimatique : **semi-aride** Au sous-étage : **hiver doux**.

I.7.3 Indice de Bagnols et Gaussen

Le climogramme de Bagnols et Gaussen permet de visualiser les périodes de déficit hydrique à partir des données mensuelles de précipitations (P en mm) et de température (T en °C). La méthode consiste à représenter, sur un même graphique, les mois en abscisse, ainsi que les précipitations et les températures moyennes mensuelles, tout en respectant l'échelle conventionnelle **P = 2T**

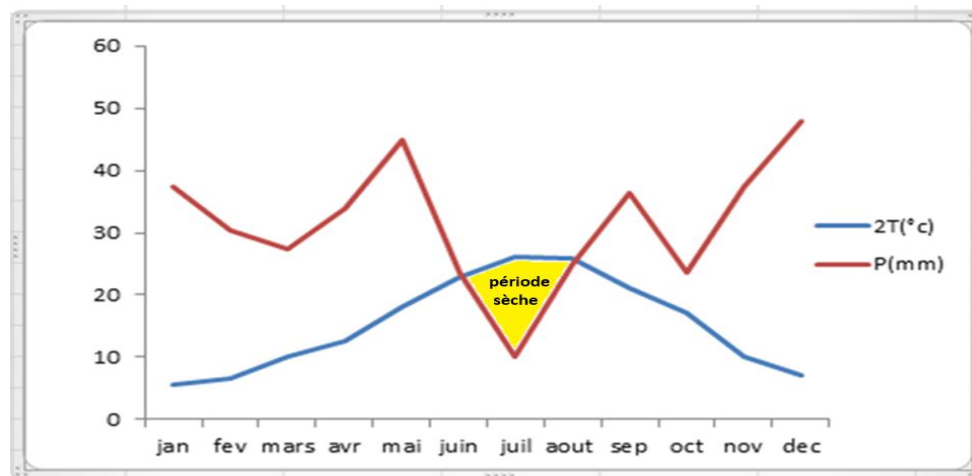


Figure I.9 : Climogramme de Gaussen

- Lorsque la courbe des températures dépasse celle des précipitations, cela indique une sécheresse totale.
- Le climogramme (Figure I.9) montre une période sèche de cinq mois, s'étendant de mai à début octobre, et une période humide de sept mois, allant d'octobre à avril.

I.7.4 Comparaison des indices agro-météorologiques

En conclusion, l'ensemble des indices converge vers une caractérisation bioclimatique de type "semi-aride à hiver tempéré", ce qui est en accord avec la carte nationale des étages bioclimatiques de l'ANAT (2004) (Figure I.11).

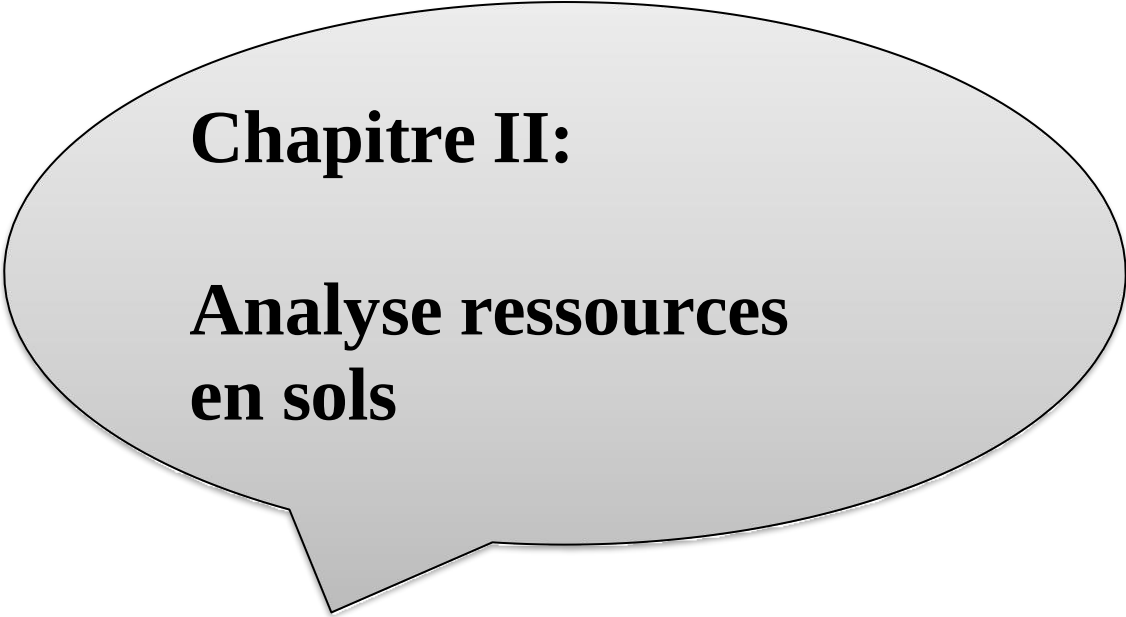
- Les éléments climatiques les plus déterminants pour caractériser un climat sont les précipitations, les températures et l'évaporation. Par conséquent, les méthodes qui combinent ces différents paramètres sont plus pertinentes que celles qui n'en prennent en compte qu'un seul.
- En conclusion, l'ensemble des indices converge vers une caractérisation bioclimatique de type "semi-aride à hiver d", ce qui est en accord avec la carte nationale des étages bioclimatiques de l'ANAT (2004) (Figure I.11).

Conclusion

L'analyse du milieu naturel a révélé que :

- Le périmètre d'Aïn Kercha est situé dans une plaine à faible pente, entourée de reliefs, avec une altitude moyenne de 820 m.
- Le climat de la région est semi-aride, avec :
 - une température moyenne annuelle de 15,85 °C,
 - une pluviométrie annuelle modérée (~385 mm),
 - une évaporation très élevée (>2800 mm/an),
 - une longue période sèche de mai à octobre.
- Les ressources en eau de surface sont limitées ; le réseau hydrographique est peu développé.
- L'indice de Martonne ($IA = 14,92$) et le diagramme de Gaussen confirment le besoin d'irrigation.

Ces résultats imposent également une connaissance approfondie des sols pour évaluer leur aptitude à l'irrigation.



Chapitre II:

Analyse ressources en sols

Chapitre II : Analyse des ressources en sols

Introduction :

Ce chapitre présente les résultats de l'étude pédologique menée sur le périmètre d'Aïn Kercha. Il met en évidence la typologie des sols rencontrés, leurs caractéristiques morphologiques, physiques et chimiques, ainsi que leur aptitude à recevoir l'irrigation sous pression. Ces résultats serviront de base pour le choix des cultures, le calcul des besoins en eau et le dimensionnement des équipements à venir.

II.1. Classification des sols de la zone d'étude

La prospection pédologique, complétée par l'analyse en laboratoire des échantillons effectuée au sein du laboratoire Agro-pédologique de la plaine de l'outaud -CHEMORA , a permis d'identifier les types de sols dominants dans le périmètre étudié.

II.1.1. Sols peu évolués d'origine non climatique, à apport alluvial modal

Des types de sols similaires sont principalement observés le long de la vallée de l'oued Gourbadj ainsi que dans la commune d'Aïn Kercha, notamment au niveau de Koudiat Haouith et le long de la route CW.26. Cette unité pédologique couvre une superficie estimée à environ 160 hectares.

L'analyse pédologique a permis d'identifier plusieurs profils représentatifs dans cette zone. Dans l'ensemble, ces sols présentent des profils calcaires peu profonds à modérément profonds. L'horizon de surface montre généralement une texture variant de l'argileuse à l'argilo-limoneuse, avec des teintes allant du brun au jaunâtre. Ces sols ne présentent, dans la majorité des cas, aucun encroûtement apparent dans leur profil.

Les analyses effectuées en laboratoire Agro-pédologique de la plaine de l'outaud -CHEMORA indiquent un pH compris entre 7,5 et 8, ce qui les classe comme des sols basiques. La conductivité électrique reste faible, variant entre 0,3 et 0,9 mmhos/cm. Par ailleurs, ils sont relativement pauvres en éléments fertilisants (azote, phosphore et potassium), mais montrent une forte teneur en calcaire.

a).Classification :

- **Classe :** Sol peu évolué
- **Sous-classe :** D'origine non climatique
- **Groupe :** À apport alluvial
- **Sous-groupe :** Vertique
- **Famille :** Sur glaciis polygéniques
- **Série :** Avec niveau compact

b).Description des horizons :

- **Horizon A (0–30 cm)**

Couleur brun (10YR 4/3), à l'état frais, texture limoneuse, structure grumeleuse, très faible charge en cailloux (-1 %), forte effervescence à l'HCl, nombreuses racines fines, bonne porosité fine à moyenne, répartition homogène de la matière organique, transition graduelle. Échantillon : P1H1.

- **Horizon AC (30–65 cm)**

Couleur brun jaunâtre (10YR 5/4), texture limoneuse, structure polyédrique grossière, faible charge en cailloux (2–3 %), forte effervescence à l'HCl, quelques racines fines, bonne porosité fine à moyenne, faible teneur en matière organique, transition diffuse. Échantillon : P1H2.

- **Horizon C (65–140 cm)**

Couleur brun (10YR 5/3), texture limono-argileuse, structure massive, faible charge en cailloux (2–3 %), forte effervescence à l'HCl, très peu de racines, porosité moyenne faible, sol compact, faible teneur en matière organique. Échantillon : P1H3.

II.2. Caractéristiques physico-chimiques des sols

Les caractéristiques physico-chimiques des sols du périmètre étudié ont été établies à partir des analyses réalisées par la Direction des Hydraulique et des Ressources en Eau (DHRE) de la wilaya d'Oum El Bouaghi, ainsi que des études effectuées par le le Bureau National d'Études pour le Développement Rural (BNEDER).

Les résultats détaillés de ces analyses sont présentés dans le tableau ci-après :

Profondeur (cm)	0-40	40-100	100-150
GRANULOMETRIE**			
Argile %	30,4	33,9	29,1
Limon % :	30,2	34,5	39,9
Sable % :	29,8	31,3	30,1
Matières organiques % :	1,3	1,53	0,81
Carbone (C) ‰ :	11,2	8,9	4,7
Azote (N) ‰ :	1,1	0,87	0,45
Rapport C/N :	10	10	10
P₂O₅ total ‰ :			
P₂O₅ assimilable (ppm) :* :	44	30	15
CaCO₃ total % :			
CaCO₃ actif % :* :	12,1	14,3	13,8
K₂O total % :			
Gypse total % :			
Ca⁺⁺ (meq/100g)	21,95	17,7	13,15
Mg⁺⁺ (meq/100g)	5,7	6,8	7,6
K⁺ (meq/100g)	0,81	0,55	0,74
Na⁺ (meq/100g)	0,06	0,09	0,13
T (NH₄) (meq/100g)			
Na/T %			
CEC (meq/100g) :	27,65	25,14	21,62
% Saturation :		68	
pH :	8,4	8,2	8,6
CE (mmohs/cm) :	0,3	0,5	0,8
CO₃H⁻ (meq/l) :		0,3	
SO₄⁻⁻ (meq/l) :		18,5	
Cl⁻ (meq/l) :		4,9	
Ca⁺⁺ (meq/l) :		8,6	
Mg⁺⁺ (meq/l) :		9,4	
Na⁺ (meq/l) :		1,8	
K⁺ (meq/l) :		0,9	
CARACTERISTIQUES PHYSIQUES			
Densité réelle :***	2,44	2,4	2,43
Densité apparente :***	1,3	1,33	1,34
pF_{4,2}***	25,05	24,5	22,62
pF_{3,0}***	27,97	27,71	25
pF_{2,5}***	33	34,19	30,87

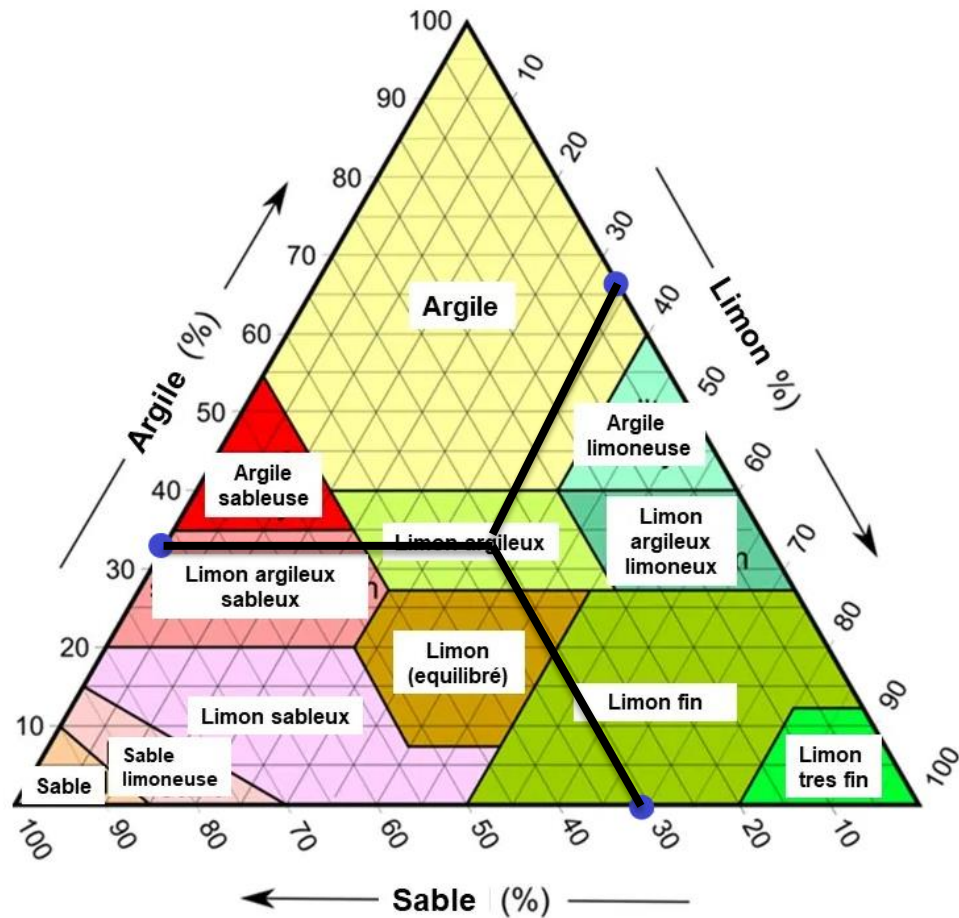
Source : BNEDER 2020

Tableau II 1: Analyses physico-chimiques des sols

> Interprétation des résultats

Les analyses physico-chimiques des sols ont permis de dégager les conclusions suivantes :

- L'unité pédologique présente un pH basique, une conductivité électrique faible à modérée (acceptable), et une salinité moyenne, toutes conforme aux normes agronomiques en vigueur. .
- Le sol est relativement riche en matière organique, ce qui contribue positivement à la fertilité et à l'activité biologique.
- Il est modérément calcaire, ce qui peut influencer la disponibilité de certains éléments nutritifs, notamment le phosphore et le fer.
- La texture est moyennement fine, de type argilo-limoneux, conférant au sol une bonne capacité de rétention en eau, tout en maintenant un drainage modéré.



II.3 Perméabilité:

La perméabilité d'un sol désigne sa capacité à laisser circuler l'eau plus ou moins facilement à travers son profil. Elle est généralement évaluée à partir de la vitesse d'infiltration, définie comme la quantité maximale d'eau pouvant traverser le sol pendant un temps donné, généralement exprimée en millimètres par heure (mm/h).

En fonction de la valeur du coefficient de perméabilité (K), exprimée selon les contextes en mm/h, cm/s ou m/s, les sols peuvent être classés en différentes catégories, allant des sols très perméables aux sols très peu perméables.

Le tableau suivant présente les principales classes de perméabilité des sols en fonction des valeurs de K :

Tableau II.3 : Différentes classes de perméabilité

Nature de sol	K (mm/h)
Très argileux	>1,2
Argileux	1.2 à 1.5
Limoneux	5 à 20
Limono-Sableux	60 à 120
Sableux	120 à 250
Sables grossiers	250 à 1000

source ((DHRE) d'Oum El Bouaghi 2020)

>Interprétations :

D'après le tableau précédent, la perméabilité d'un sol dépend étroitement de sa texture : les sols à texture fine (argileuse ou limoneuse) sont généralement les moins perméables, tandis que les sols sableux présentent des perméabilités plus élevées. Toutefois, pour un sol donné, la structure joue également un rôle déterminant en influençant la circulation de l'eau dans le profil.

Une valeur du coefficient de perméabilité comprise entre 5 et 20 mm/h correspond à des sols moyennement perméables, généralement favorables à l'infiltration. Cette classe de perméabilité concerne la majeure partie de la surface du périmètre étudié.

II.4. Propriétés hydrodynamiques des sols

Comme indiqué précédemment, les sols du périmètre étudié présentent une texture argilo-limoneuse. Pour optimiser la gestion de l'irrigation, il est essentiel de bien connaître leurs propriétés hydrodynamiques.

Ces propriétés, telles que la capacité au champ, le point de flétrissement permanent, et la conductivité hydraulique, constituent des paramètres fondamentaux pour le calcul des doses et des fréquences d'irrigation, en vue d'une utilisation rationnelle et efficace de la ressource en eau.

Tableau II.4 : propriétés hydrodynamiques des sols

Texture	Argileux-limoneux
Capacité au champ (%)	26%
Point de flétrissement (%)	17%
Vitesse de perméabilité (mm/h)	7mm/h

source ((DHRE) d'Oum El Bouaghi 2020)

II.5. Étude des aptitudes culturales

Du point de vue des aptitudes culturales, les sols du périmètre d'étude ont été classés en deux grandes catégories :

- Sols favorables aux cultures maraîchères, en raison de leur fertilité, leur texture fine et leur bonne capacité de rétention en eau.
- Sols adaptés aux cultures céréalières et fourragères, notamment dans les zones présentant des contraintes modérées (salinité, perméabilité, etc.).

II.5.2 Degré d'aptitude culturale

- L'analyse croisée des caractéristiques du sol avec les exigences culturales a permis d'identifier les aptitudes selon les grands types de spéculations agricoles :
- Arboriculture : Bonne aptitude pour l'abricotier, l'olivier et le figuier. Les espèces plus exigeantes sont déconseillées.
- Cultures industrielles : Aptitude favorable pour le coton et le tournesol.

- -Céréales et fourrages : Bonne aptitude globale, notamment pour le blé, l'orge, le maïs et le bersim. L'aptitude est moyenne pour la luzerne.
- -Cultures maraîchères : Bonne aptitude pour les espèces peu exigeantes (artichaut, laitue, oignon, navet, chou, épinard). Aptitude moyenne pour les espèces exigeantes (tomate, ail, melon, aubergine, haricot, concombre, etc.)

Tableau II.6 : Les espèces culturales recommandées par groupe

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

Source : Adapté d'après les recommandations du Guide FAO n°33 et des résultats de terrain.

Conclusion :

L'étude pédologique du périmètre a permis de mettre en évidence les éléments suivants :

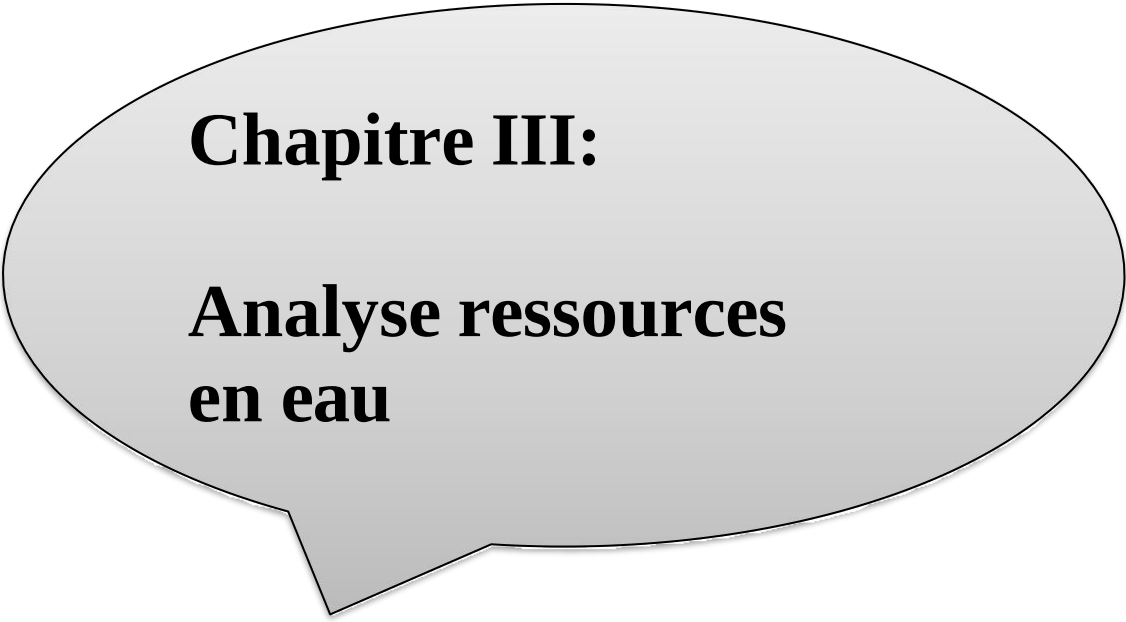
Des sols à dominante argilo-limoneuse, de profondeur modérée à bonne, avec un pH basique ($\approx 8,2$), une salinité faible ($CE < 0,8$ mmhos/cm), une perméabilité moyenne (≈ 7 mm/h) et une bonne capacité de rétention en eau ($RFU \approx 90$ mm/m).

La majorité des sols appartiennent aux classes des sols peu évolués et calcimagnésiques, caractéristiques de la région.

Ces paramètres sont favorables à l'irrigation localisée et permettent la culture de céréales, fourrages et maraîchères.

Des contraintes localisées ont été relevées : présence de calcaire actif et structure compacte, qui nécessitent une gestion agronomique adaptée.

Ces données seront prises en compte dans le calcul des besoins hydriques des cultures et le choix du système d'irrigation, développés au chapitre IV.



Chapitre III:

Analyse ressources en eau

Chapitre III : Analyse des ressources en eau

Introduction :

En raison de l'insuffisance des précipitations durant les périodes critiques de développement des cultures, il est essentiel d'estimer les quantités d'eau nécessaires pour compenser ce déficit hydrique. Il convient également d'identifier la provenance de cette eau et d'évaluer ses caractéristiques qualitatives afin de garantir son aptitude à l'irrigation.

Ce chapitre vise donc à analyser les ressources hydriques, en se concentrant sur le barrage de Béni Haroun, principal ouvrage assurant l'approvisionnement du périmètre d'Aïn Kercha.

III.1. -Origine et mode d'alimentation en eau du périmètre

Dans notre cas, l'approvisionnement en eau s'effectue via une conduite de transfert reliant le barrage de Béni Haroun à la station de pompage d'Aïn Kercha, puis jusqu'au barrage de Koudiet Medouar.

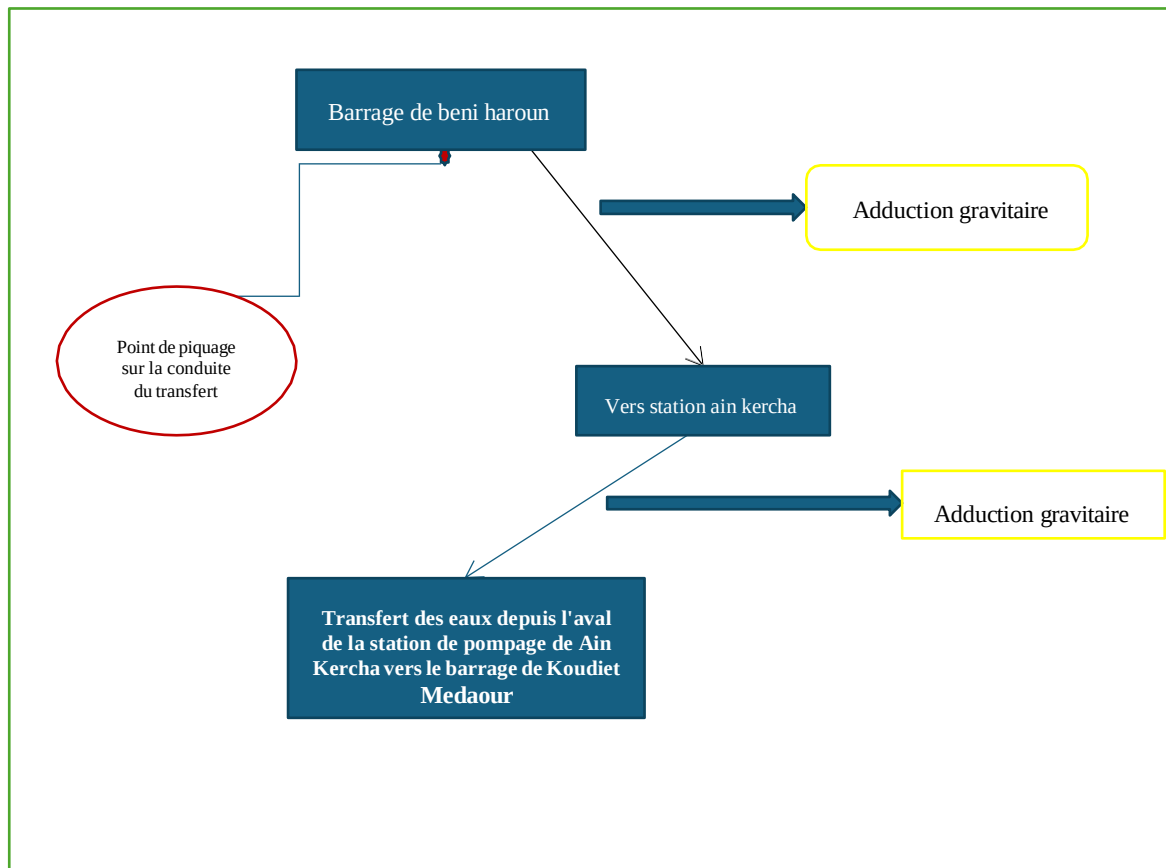


Figure III.01: Schéma explicatif du système d'approvisionnement en eau du périmètre étudié

III.1.1. Situation géographique du Barrage de Béni Haroun

Le barrage de Béni-Haroun est situé sur l’oued El Kébir dans la wilaya de Mila (Est- Algérien). Il est alimenté par Oued Rhumel et Oued Endja, Le bassin versant du barrage s’étend principalement sur le versant sud du Tell. Il appartient au bassin Kébir-Rhumel et couvre une superficie de 6 595 km².

Les limites naturelles de ce bassin sont :

- au nord : les bassins côtiers constantinois ouest et centre (BV n°03),
- au sud : les hauts plateaux constantinois (BV n°07),
- à l’ouest : le bassin de la Soummam (BV n°15),
- à l’est : le bassin de la Seybouse (BV n°14).

Les principales caractéristiques techniques du barrage sont résumées ci-dessous :

Tableau III.1 : Caractéristiques principales du barrage de Béni Haroun

Volume total	963 106 hm ³
Volume utile	723 106 hm ³
Volume de la tranche morte	240 106 hm ³
Hauteur sur fondation	118 m
Hauteur sur terrain naturel	107 m
Coté de la crête	216.3 m
Longueur en crête	710 m
Largeur en crête	8 m
Largeur maximal au niveau des fondations	93m
Surface inondée	3.900ha
Débit maximul	13 230 m ³ /s

Source : BNEDER 2020

Ce barrage de type poids rectiligne en BCR (Béton Compacté au Rouleau) possède une capacité de régularisation annuelle moyenne de 435 hm³, avec un déstockage moyen par évaporation de 350 mm/an.

III.1.2. Transferts des eaux vers Koudiet Medouar

Le transfert hydrique du système de Béni Haroun relie ce barrage à l’ouvrage de Koudiet Medouar via une conduite de 120 km de long et 1,40 m de diamètre, capable d’acheminer un débit de 1 m³/s. Ce projet, appelé « ligne verte », a été mis en place dans un cadre d’urgence.

Il permet le transfert de 327 millions de m³ d’eau, répartis comme suit :

- 51 millions de m³ pour l’alimentation en eau potable (AEP),
- 276 millions de m³ pour l’irrigation d’environ 45 000 ha

III.2. Etude de la qualité de l'eau d'irrigation

Avant tout projet d'irrigation, il est impératif d'évaluer la qualité de l'eau selon les paramètres suivants :

- le pH,
- la conductivité électrique (CE),
- le risque de salinité,
- le SAR (Sodium Adsorption Ratio),
- la présence d'anions toxiques (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-),
- la concentration en cations (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+).

Les données présentées sont issues des analyses réalisées par BNEDER à la station hydrométrique.

Tableau III.2:Caractéristiques chimique de l'eau du barrage de Béni Haroun.

Paramètres	Valeurs
CE(mmhos/cm)	0.74
Ca (mg/l)	1558.9
Cl(mg/l)	241.68
Na (mg/l)	157.48
Mg (mg/l)	1521.9
K(mg/l)	21.91
SO4 (mg/l)	275.68
Rs105 (mg/l)	673.17
T(°C)	17.83
PH	8.24
HCO3 (mg/l)	362.58
MES105 (mg/l)	27.83

Source : BNEDER 2020

II.3. Classification des eaux d'irrigation (CE et SAR)

- **La conductivité électrique (CE):** permet d'estimer la salinité globale de l'eau. . Ille est mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm.

Selon la classification de l'US Salinity Laboratory , On distingue quatre classes d'eau :

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

Classe	C. électrique (mmhos/cm) à 25°C	Qualité des eaux	Observation
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	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 tolérantes
C4	$CE > 2,25$	Eau de risque très élevé	eau difficilement utilisable sur sol bien drainé

Remarque :

C1 : convient pour toutes les cultures

C2 : convient pour les plantes moyennement tolérantes

C3 : ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes

C4 : eau difficilement utilisable sur sol bien drainé

- **Coefficient d'adsorption du sodium S.A.R :** Le sodium contenu dans une eau peut se fixer sur le complexe du sol et exercer alors un Risque défloculation. Pour diminuer ce risque il est nécessaire de comparer entre la concentration des cations Na^+ Avec celle de Mg^{++} et Ca^{++} , donc on parle de l'indice du SAR qui est :

$$SAR = \frac{Na^+}{\frac{\sqrt{Ca^{++} + Mg^{++}}}{2}} \dots\dots\dots (III.1)$$

Avec : Na^+ , Ca^{++} , et Mg^{++} en meq/l.

Tableau III.4 : Classification des eaux en fonction de SAR.

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

➤ Dans notre cas :

$$SAR = \frac{157.48}{\frac{\sqrt{1558.9 + 1521.9}}{2}} = 4.01 \text{ méq/l.}$$

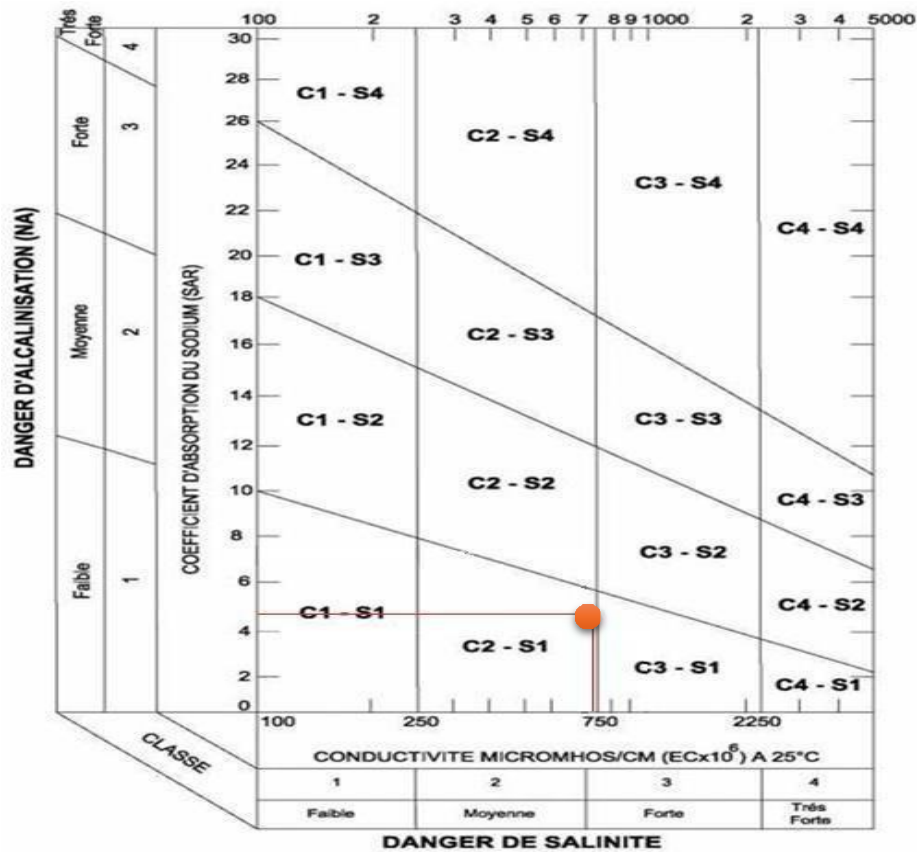


Figure III.2: Diagramme de classification des eaux d'irrigation

Interprétation :

D'après le diagramme CE/SAR (figure si-dessous), l'eau est classée en catégorie C2-S1 (salinité modérée, faible alcalinité), donc adaptée à la plupart des cultures sur sols perméables.

III.4. Classification des eaux par la méthode de Wilcox :

La classification de Wilcox combine CE et pourcentage de sodium :

Le %Na⁺ est définie par la relation :

$$Na(\%) = \frac{Na^+}{Ca^{++} + Mg^{++} + K^{++} + Na^+} \times 100 \dots \dots \dots (III.2)$$

Application :

Na% = 5 % ⇒ eau classée comme « bonne à excellente » pour l'irrigation.

III.5. Etude Hydrologique :

Le calcul de la pluie de projet est nécessaire, puisqu'elle intervient dans l'estimation des besoins en eau des cultures projetées dans le périmètre.

III.5.1. choix de la station pluviométrique:

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

- Pour le choix des stations climatiques, on doit utiliser des données fiables issues des stations les plus proches à la zone d'étude.
- Pour l'estimation des précipitations pour le périmètre de ain lkercha , la station climatique existante et qui possède des données fiables est celle de fourchi.

Tableau III.5 : caractéristiques de station climatique Fourchi :

nom de station	Fourchi, Oum el Bouaghi
X=849.85 km	Y=346.6 km
année d'observation	25 ans
latitude	35.8775° N
Longitude	7.1078° E

III.5.2 Répartition de la pluie moyenne annuelle :

Les données de la station de Fourchi (1996–2020) donnent une moyenne annuelle de 385.72 mm, avec un écart-type de 120.21 mm et un coefficient de variation de 0.31.

Tableau III.6 : Répartition mensuelle des précipitations (mm).

Année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	P
1996	8.00	9.00	2.50	12.00	30.20	10.00	34.00	40.30	6.00	26.50	4.00	4.50	187.00
1997	35.60	50.80	72.60	50.20	3.30	23.90	28.00	47.80	48.70	23.00	0.60	17.70	402.20
1998	69.00	23.50	94.00	24.00	43.20	9.50	17.00	26.00	8.00	33.60	2.70	25.90	376.40
1999	55.00	12.00	17.80	18.00	7.60	5.00	15.00	13.70	87.00	39.00	0.00	44.00	314.10
2000	46.50	19.50	10.10	45.10	50.50	10.50	12.00	36.50	36.00	0.00	0.00	4.00	270.70
2001	122.00	27.00	18.00	13.50	14.00	33.30	41.00	29.00	103.00	12.00	28.00	102.40	543.20
2002	30.50	43.00	131.00	81.00	150.50	37.00	59.00	74.50	45.50	36.50	14.00	9.00	711.50
2003	29.50	49.50	15.00	60.50	43.60	5.00	71.40	37.60	102.70	89.90	6.80	30.50	542.00
2004	8.00	23.80	86.00	153.00	41.50	51.70	23.10	35.00	9.00	17.50	17.50	0.00	466.10
2005	3.20	9.00	4.00	41.50	48.30	37.50	17.50	24.00	58.60	6.50	15.80	0.00	265.90
2006	21.80	16.50	6.50	52.10	11.00	11.00	55.00	111.30	24.30	8.60	1.00	4.00	323.10
2007	84.80	17.20	9.00	54.20	6.00	13.00	69.00	6.00	75.50	0.00	49.00	71.00	454.70
2008	47.50	29.20	14.30	14.00	37.00	15.70	38.90	82.60	46.50	2.50	0.00	32.50	360.70
2009	53.50	34.20	5.50	9.80	43.00	10.00	33.50	50.50	28.40	15.70	1.00	7.70	292.80
2010	17.70	19.70	48.60	16.20	11.50	115.00	33.00	100.30	77.60	66.00	13.00	32.50	551.10
2011	15.70	64.60	21.50	24.50	15.80	58.50	35.00	44.83	10.50	1.00	3.67	8.70	304.30
2012	48.80	35.40	80.80	122.50	12.50	13.40	41.80	13.70	20.80	4.50	6.30	13.50	414.00
2013	46.50	18.30	4.20	31.80	32.10	15.00	35.50	55.50	23.90	21.00	9.50	46.60	339.90
2014	40.87	32.23	34.45	43.56	32.76	24.96	39.27	43.33	44.93	20.23	8.65	25.78	391.00
2015	40.74	32.20	34.07	43.56	32.44	24.91	39.24	43.32	44.56	19.84	8.64	25.65	389.17
2016	33.55	12.31	14.60	49.50	20.10	22.80	18.50	0.00	14.95	0.00	1.15	7.35	194.81
2017	40.05	31.69	34.50	43.98	32.58	24.65	38.68	43.16	43.59	19.83	8.28	24.61	385.58
2018	40.80	122.30	3.50	4.50	62.80	33.20	53.30	41.80	69.50	0.00	4.00	65.20	500.90
2019	41.70	50.00	67.90	49.60	18.10	0.00	84.50	53.60	25.00	27.50	2.60	0.70	421.20
2020	20.50	9.90	31.50	40.30	14.00	11.10	34.30	25.00	36.10	4.50	1.00	12.40	240.60
Moyenne (mm)	40.07	31.71	34.48	43.96	32.57	24.66	38.70	43.17	43.62	19.83	8.29	24.65	385.72

Observation et interprétation :

D'après les résultats du tableau ci-dessus, on remarque une irrégularité dans la répartition des précipitations et aussi une variabilité mensuelle pour la période 1996-2020. Ces pluies sont nettement insuffisantes pour les mois juin et juillet .elles sont moyennes durant les mois de printemps septembre , octobre , et relativement maximales en hiver novembre,decembreet et janvier.

Cette série des pluies annuelles présente des caractéristiques statistiques suivantes :

Tableau III.7: Caractéristiques de la série pluviométrique

moyenne	385.72
Ecart type	120.21
cv	0.31
pmin	0.00
pmax	153.00

III.5.3 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique (test de Wilcoxon) :

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

III.5.3.1. Teste de Wilcoxon :

Ce test repose sur une méthode simple permettant de vérifier l'homogénéité d'une série de données sans recourir à une série pluviométrique homogène provenant d'une station voisine sur la même période d'observation.

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode se déroule selon les étapes suivantes :

- La série initiale est divisée en deux sous-séries, notées respectivement x et y, de tailles N_1 et N_2 , en respectant généralement la condition $N_1 > N_2$.
- Ensuite, les deux sous-séries sont regroupées pour former une seule série $x \cup y$, après avoir classé l'ensemble des valeurs de la série d'origine dans l'ordre croissant. À chaque valeur ainsi ordonnée, on attribue un rang, en précisant à quelle sous-série (x ou y) elle appartient.

La série est homogène avec une probabilité de 95% , si la relation ci-dessous est vérifiée

$$W_{min} < W_x < W_{max} \quad ; \quad W_x = \sum Rangx$$

Avec :

W_x : Somme des rangs de sous sérient

$$W_{min} = \left[\frac{(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - 1}{2} - 1.96 \times \frac{N_1 \times N_2 \times (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (III.3)$$

$$W_{max} = [(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - W_{min}] \quad (III.4)$$

Les résultats du test de Wilcoxon sont détaillés comme suit :

Tableau III.8: Test d'homogénéité de la série pluviométrique

Rang	série d'origine	série- Y	série –X	Trier	Y U X	Rang
1	187.00	187.00	304.30	187.00	Y	1
2	402.20	402.20	414.00	194.81	X	21
3	376.40	376.40	339.90	240.60	X	25
4	314.10	314.10	391.00	265.90	Y	10
5	270.70	270.70	389.17	270.70	Y	5
6	543.20	543.20	194.81	292.80	Y	14
7	711.50	711.50	385.58	304.30	X	16
8	542.00	542.00	500.90	314.10	Y	4
9	466.10	466.10	421.20	323.10	Y	11
10	265.90	265.90	240.60	339.90	X	18
11	323.10	323.10		360.70	Y	13
12	454.70	454.70		376.40	Y	3
13	360.70	360.70		385.58	X	22
14	292.80	292.80		389.17	X	20
15	551.10	551.10		391.00	X	19
16	304.30			402.20	Y	2
17	414.00			414.00	X	17
18	339.90			421.20	X	24
19	391.00			454.70	Y	12
20	389.17			466.10	Y	9
21	194.81			500.90	X	23
22	385.58			542.00	Y	8
23	500.90			543.20	Y	6
24	421.20			551.10	y	15
25	240.60			711.50	Y	7
					Wy	120
					Wx	205

A.N :

Wmin =159,17 et Wmax=230,83

159,17 < W_x =205 < 230,83

- La condition d'homogénéité de Wilcoxon est vérifiée, donc les pluies annuelles de la station de Fourchi sont homogènes.

III.5.3.1. Choix des lois de probabilités :

Les précipitations, bien que mesurées de manière ponctuelle, constituent un phénomène structuré dans l'espace, présentant une certaine cohérence et homogénéité, notamment en raison de l'influence du relief.

Ce n'est toutefois pas le cas des débits mesurés à l'exutoire des bassins versants, qui présentent une variabilité plus marquée.

L'hydrologie dispose d'un vaste éventail de lois de probabilité. Parmi elles, deux fonctions de répartition permettent de modéliser avec précision la distribution empirique des pluies, assurant ainsi un ajustement optimal :

- La loi de Gauss (ou loi normale) ;
- La loi de Galton (ou loi log-normale).

Les lois de Gauss et log-normale sont testées avec le logiciel HYFRAN.

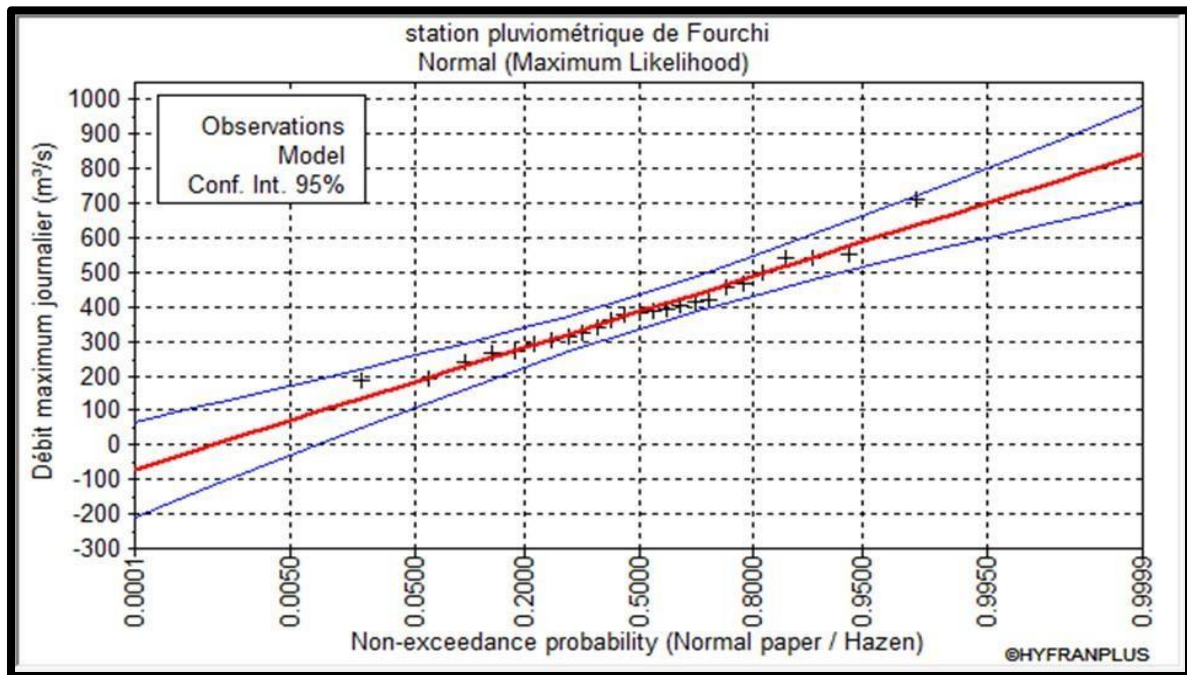


Figure III.3 : Ajustement des pluies annuelles aux lois normal

- Statistics result : $\chi^2=5.47$
- P-value : $P=0.2343$
- Degrees of freedom : 4
- Number of classes : 7

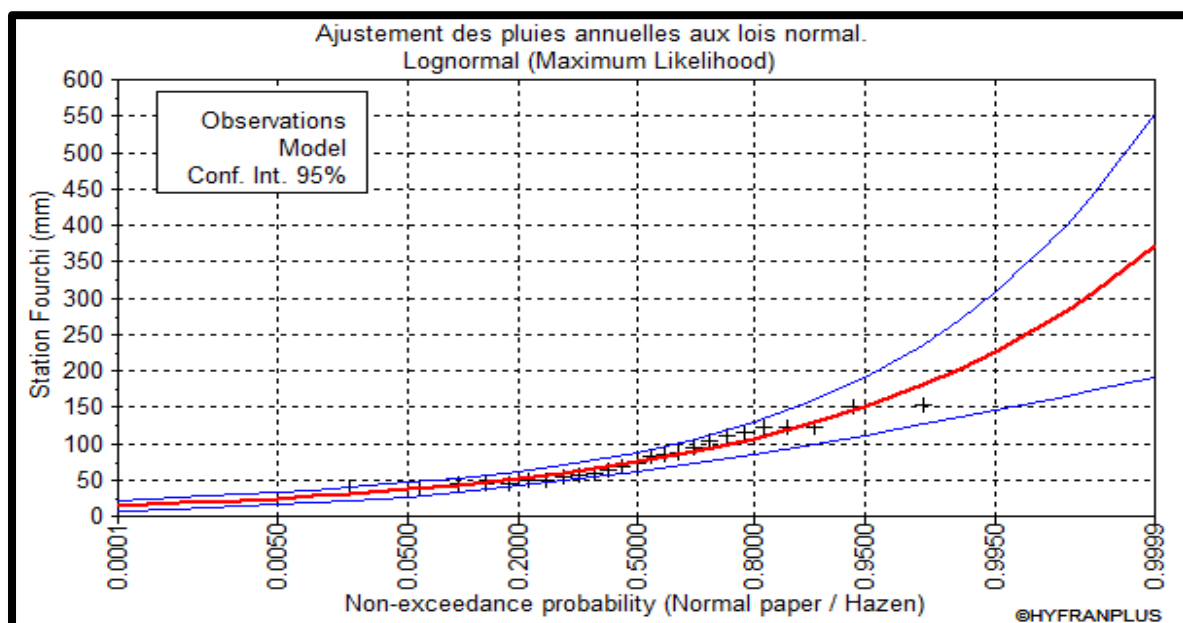


Figure III.4: Ajustement des pluies annuelles aux lois log normal.

- Statistics result : $\chi^2 = 3.28$
- P-value : $P = 0.5121$
- Degrees of freedom : 4
- Number of classes : 7

III.5.3.2. Test de validité d'un Ajustement statistiques:

Une fois que les données ont été ajustées en utilisant la loi appropriée, il est nécessaire de comparer la pertinence de cette loi pour choisir le meilleur ajustement possible. Dans notre cas, nous avons utilisé le test du Khi carré (χ^2).

On a :

Tableau III.9: Test de validité des deux ajustements

Loi normale	Loi log-normale
$\chi^2_{\text{calculé}} = 5.47$	$\chi^2_{\text{calculé}} = 3.28$
Degrés de liberté = 6	
$\chi^2_{\text{théorique}} = 5.946$	

- la loi log-normale offre le meilleur ajustement ($\chi^2 = 3.28 < \chi^2$ théorique).

III.5.4 Détermination de l'année de calcul :

Étant donné que la loi Log-normale s'avère la plus appropriée, nous l'adoptons pour estimer la moyenne mensuelle des précipitations représentatives de la région.

Tableau III.10: Résultat de l'ajustement.

Title Ajustement des pluies annuelles				
T	q	XT	Standard	Confidence interval
1000.0	0.9990	1000	159	690 - 1310
200.0	0.9950	847	116	620 - 1070
100.0	0.9900	781	99.0	587 - 975
50.0	0.9800	715	82.9	552 - 878
20.0	0.9500	626	63.1	503 - 750
10.0	0.9000	557	49.2	460 - 653
5.0	0.8000	482	36.6	411 - 554
3.0	0.6667	422	28.7	366 - 478
2.0	0.5000	367	23.8	321 - 414
1.4286	0.3000	310	21.5	268 - 352
1.2500	0.2000	280	21.2	238 - 321
1.1111	0.1000	242	21.4	200 - 284

Estimated parameters

mu : 5.90595

sigma : 0.324344

Confidence level

95 %

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

$$P_{moy80\%} = \frac{P_{moy(chaque\ mois)} \times P_{the(80\%)}}{P_{the(50\%)}} \quad (III.5)$$

On a :

$$P_{moy\ 80\%} = 242/280 \times P_{moy\ de\ chaque\ mois} = 0.86 \times P_{moy\ de\ chaque\ mois}.$$

Tableau III.11: Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul

Mois	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	Juil	aout
Pmoy80% (mm/mois)	40.07	31.71	34.48	43.96	32.57	24.66	38.70	43.17	43.62	19.83	8.29	24.65
Peff (mm/mois)	34.46	27.27	29.65	37.8	28.01	21.20	33.28	37.12	37.51	17.05	7.13	21.20

Conclusion :

À travers ce chapitre, nous avons conclu que :

- Les ressources en eau souterraines sont insuffisantes pour couvrir les besoins en irrigation du périmètre. L'eau transférée depuis le barrage de Béni Haroun vers Koudiet Medouar constitue donc la seule source exploitable.
- Cette eau est modérément à fortement salée ($CE = 0,74$ mmhos/cm) mais présente un faible taux de sodium ($SAR = 4,70$), ce qui la rend globalement utilisable en irrigation, sous certaines précautions de gestion des sols.
- La présence de sels dissous dans cette eau, d'origine naturelle ou anthropique, peut altérer à long terme la qualité des sols agricoles, d'où la nécessité d'un suivi régulier et de mesures correctives si besoin (drainage, amendements, pratiques culturales adaptées...).
- L'analyse statistique des pluies moyennes annuelles a montré que la loi log-normale offre le meilleur ajustement, selon le test du χ^2 , ce qui a permis une estimation fiable de la pluie efficace.

Ces résultats sont essentiels pour le dimensionnement du réseau d'irrigation, en tenant compte les caractéristiques climatiques et pédologiques du site étudié.



Chapitre IV:

Besoins en eau des cultures

Chapitre IV : Besoins en eau des cultures

Introduction

La détermination des besoins hydriques des cultures est une étape clé dans la conception d'un projet d'irrigation. Elle permet de dimensionner les réseaux et d'optimiser l'usage de l'eau. Ces besoins sont directement liés aux caractéristiques pédologiques du sol, notamment la réserve facilement utilisable (RFU), ainsi qu'aux données climatiques telles que l'évapotranspiration de référence (ET_0). Ce chapitre évalue les besoins en eau des principales cultures prévues sur le périmètre, en s'appuyant sur les données climatiques, pédologiques et les coefficients cultureux, à l'aide du logiciel CROPWAT.

IV.1. Besoins en eau des cultures :

Selon **Doorenbos et Pruitt** (1976), « le besoin en eau d'une culture correspond à la quantité d'eau requise pour compenser l'évapotranspiration d'une culture en bon état sanitaire, établie sur une grande superficie, dans un sol ne présentant aucune limitation en termes de disponibilité en eau et de fertilité, et permettant d'atteindre le rendement potentiel dans des conditions climatiques données. »

La détermination des besoins hydriques d'une culture repose sur une compréhension approfondie des caractéristiques de la plante, ainsi que sur l'analyse des données climatiques et pédologiques de la région.

Deux paramètres sont particulièrement essentiels dans cette démarche :

- **La réserve utile (RU)** : quantité totale d'eau retenue dans la zone racinaire et utilisable par la plante ;
- **La réserve facilement utilisable (RFU)** : fraction de la RU que la plante peut mobiliser sans subir de stress hydrique.

IV.1.1. Calcul de l'évapotranspiration :

L'évapotranspiration désigne la perte d'eau vers l'atmosphère résultant de deux processus combinés :

- **L'évaporation** de l'eau à la surface du sol ;
- **La transpiration** des plantes à travers les stomates.

Ce phénomène représente la **consommation totale en eau d'une culture implantée**, indispensable pour garantir sa croissance sans stress hydrique.

On distingue généralement trois formes d'évapotranspiration :

- **L'évapotranspiration de référence (ET_0)** : perte en eau d'une surface de gazon bien irriguée, servant de base de comparaison ;
- **L'évapotranspiration potentielle (ETP)** : quantité maximale d'eau qu'une culture peut consommer dans des conditions optimales ;
- **L'évapotranspiration réelle (ETR)** : quantité effectivement utilisée par la culture, influencée par l'humidité du sol.

IV.1.2. Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET_0)

L'évapotranspiration de référence (ET_0) exprime la demande climatique en eau, indépendamment du type de culture. Elle correspond à la quantité maximale d'eau évaporée et transpirée par une surface végétalisée standard (gazon), bien irriguée et en pleine croissance. Elle est généralement exprimée en millimètres par jour (mm/j).

On distingue deux grandes approches :

- **Méthodes directes** : basées sur des mesures instrumentales (lysimètres, cuves évaporimétriques, etc.) ;
- **Méthodes indirectes** : fondées sur des formules empiriques utilisant des données climatiques.

Parmi les méthodes empiriques les plus utilisées, on trouve :

- La formule de **Turc (1960)** ;
- La formule de **Thornthwaite (1955)** ;
- La formule de **Blaney-Criddle (1959)** ;
- La formule de **Penman (1948)** (méthode du bilan d'énergie) ;
- La méthode de **Doorenbos et Pruitt (1977)** recommandée par la FAO.

Actuellement, la formule de Penman-Monteith (modifiée) est considérée comme la plus fiable pour estimer l' ET_0 sous tous les climats. Elle est recommandée par la FAO. Son seul inconvénient est qu'elle nécessite plusieurs données climatiques (rayonnement, température, humidité relative, vent) qui ne sont pas toujours disponibles simultanément dans les stations locales.

I-1 Formule Modifiée de Penman_Monteith

La méthode la plus couramment utilisée pour l'estimation de l'évapotranspiration de référence (ET_0) est celle de Penman-Monteith modifiée, recommandée par la FAO. Elle combine les effets de la température, de l'humidité, du rayonnement solaire et du vent, ce qui en fait une approche physiquement cohérente et applicable à divers climats.

La formule standardisée par la FAO (1998) s'écrit comme suit :

$$ET_0 = \frac{0.408 + \frac{\Delta}{\Delta + (1 + 0.34 u_2)} (R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T + 273} \right) (e_s - e_a)}{\Delta + (1 + 0.34 u_2)} \dots\dots\dots (IV.01)$$

Avec :

- ET_0 : évapotranspiration de référence [mm/jour]
- R_n : rayonnement net à la surface de la culture [MJ/m²/jour]
- G : Flux de chaleur dans le sol [MJ/m²/jour]
- T : température moyenne journalière de l'air à 2 m de hauteur [°C]
- u_2 : vitesse du vent à 2 m de hauteur [m/s]
- e_s : pression de vapeur saturante [kPa]
- e_a : pression de vapeur actuelle [kPa]
- $e_s - e_a$: déficit de pression de vapeur [kPa]
- Δ : pente de la courbe de tension de vapeur saturante [kPa/°C]
- γ : constante psychrométrique [kPa/°C]

Pour l'exécution des calculs, nous avons utilisé le logiciel CROPWAT 8.0, développé par la FAO. Ce logiciel permet d'estimer l' ET_0 mensuelle à partir des données climatiques de Fourchi.

Les données introduites dans CROPWAT sont :

- Températures mensuelles (minimale et maximale) en °C ;
- Humidité relative en % ;
- Durée d'ensoleillement journalier en heures ;
- Vitesse du vent, convertie éventuellement en km/jour si nécessaire.

Les résultats du calcul de l'évapotranspiration de référence (ET_0) mensuelle pour la station de Fourchi sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau IV.1 : Estimation de l'évapotranspiration de référence mensuelle (ET_0) à l'aide de CROPWAT 8.0 pour la station de Fourchi.

Mois	Tmin °C	Tmax °C	Humidité %	Vent km/s	Insolation heures	Radiation MJ/m².jour	ET₀ mm/jour	ET₀ mm/mois
Janvier	3.9	8.3	74	1.71	5.2	9.0	1.05	32.57
Février	4.4	10.6	69	1.94	6.5	12.5	1.59	46.24
Mars	7.2	13	61	2.05	7.7	16.8	2.56	79.36
Avril	9.6	18.5	57	1.98	8.2	20.3	3.66	109.78
Mai	12.8	23.8	56	2.04	8.9	22.8	4.74	147.19
Juin	18.7	28.2	50	1.93	9.8	24.6	5.74	172.05
Juillet	24.7	28.9	39	2.21	10.9	25.9	6.69	207.47
Août	23	29.5	44	2.38	9.9	23.2	6,16	191.15
Septembre	20.1	25.2	57	1.35	7.8	17.9	3.73	111.80
Octobre	13.6	20.5	60	1.53	7.6	14.6	2.62	81.39
Novembre	8.5	15.2	65	1.61	5.7	10.0	1.61	48.18
Décembre	5	9.5	76	1.87	5.1	8.3	1.01	31.27
Moy	12.6	19.3	59	1.9	7.8	17.2	3.43	1258.46

I-2 Calcul de l'évapotranspiration maximale (ETM) :

L'évapotranspiration maximale correspond à la valeur maximale de la perte en eau par évaporation du sol et transpiration des plantes pour une culture donnée, dans des conditions optimales d'alimentation en eau.

L'ETM dépend principalement de trois facteurs:

- Le stade phénologique de la culture : une culture peu couvrante, en début de développement, présente une évapotranspiration plus faible qu'une culture bien développée, couvrant entièrement le sol ;
- Les conditions pédologiques : la texture, la structure et la capacité de rétention du sol influencent la disponibilité de l'eau pour la plante ;
- Les conditions climatiques : la température, l'humidité relative, le rayonnement solaire et le vent jouent un rôle déterminant dans l'intensité de l'évapotranspiration.

L'évapotranspiration maximale (ETM) s'exprime par la relation suivante :

$$ETM = K_c \times ET_0 \dots\dots\dots (VI.2)$$

I-3 Les Coefficients cultureux (K_c) :

Le coefficient cultural K_c est un facteur multiplicatif qui permet d'adapter l'évapotranspiration de référence (ET₀) à chaque type de culture et à chaque stade de son cycle végétatif.

Les valeurs utilisées dans cette étude sont extraites du bulletin FAO n°24 "Irrigation et Drainage", en tenant compte :

- Du stade phénologique de chaque culture (début, développement, maturité, récolte)
- De la vitesse moyenne du vent mesurée sur le périmètre ;
- De l'humidité relative moyenne de l'air, spécifique à la zone d'étude.

Ces valeurs seront détaillées pour chaque culture dans les tableaux suivants, en corrélation avec la période de culture et les conditions climatiques locales.

Tableau IV.2 : Coefficient cultural (Kc) de chaque culture, en fonction du stade végétatif de la plante.

Culture	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
abricotier	0,65	0,65	0,40	0,40	0,40	0,40	0,60	0,75	0,85	0,55		
Maïs				0,50	1,15	1,15	0,60	0,60				
Bersim	1,01									0,65	0,95	1,00
Piment						1,05	1,05	1,35	1,45	1,00	0,85	
Chou-fleur									0,5	0,7	0,95	0,8
Navet									0,80	1,00	1,10	0,75
Petit pois	1,20	1,20	1,40	1,40	2,15							0,95
Laitue								0,80	1,00	0,90		
Betterave	0,7	0,8	0,95	0,6							0,4	0,5
Courgette						0,50	0,75	0,85	0,85			
Ail- Oignon vert					1,00	1,05	0,90	0,85				
Haricot				0,75	0,95	0,70						
Concombre					0,40	0,60	0,85	0,85				

IV.2. Besoins en eau d'irrigation :

Par définition, le bilan hydrique d'une culture correspond à la différence entre les besoins en eau de cette culture, déterminés par les conditions climatiques et les caractéristiques physiologiques de la plante (notamment via l'évapotranspiration maximale – ETM), et les apports effectifs en eau, principalement constitués par les précipitations utiles.

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

$$Bi = ETM - (Pe_{eff} + K.RFU_{i-1}) \dots\dots\dots (VI. 3)$$

Avec :

- ✓ ETM : évapotranspiration potentielle de référence en (mm/mois) ;
- ✓ Pe_{eff} : pluie efficace en mm ;
- ✓ RFU : Réserve du sol assimilée à la réserve facilement utilisable disponible au début de la période ;

- ✓ K est un coefficient généralement égal à 1/2 ou 1/3

Le calcul de la RFU se fait comme suit

$$RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot D_a \cdot Z \dots\dots\dots (VI. 4)$$

Avec :

- ✓ Y : degré de tarissement ;
- ✓ D_a : densité apparente (1.35) ;
- ✓ Z : profondeur d'enracinement mm ;
- ✓ H_{cc} : humidité à la capacité au champ, dans notre cas. On prend (26%) ;
- ✓ H_{pf} : humidité au point de flétrissement, dans notre cas. On prend (17%).

L'irrigation est faite lorsque B_i (bilan hydrique) > 0

Tableau IV.3 : Les profondeurs d'enracinements des différentes cultures (m)

Culture	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Bersim	0.25									0.05	0.10	0.15
Maïs				0.10	0.20	0.30	0.40	0.50				
Piment						0.40	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	
Navet									0.10	0.20	0.25	0.30
Chou-fleur									0.30	0.40	0.50	0.60
Laitue								0.10	0.20	0.25		
Petit pois	0.70	0.80	1.00	1.20	1.20						0.50	0.70
Courgette						0.40	0.45	0.50	0.60			
Betterave	0.90	0.95	0.90	0.70							0.50	0.90
Abricotier	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Ail- Oignon	0.40	0.40								0.40	0.40	0.40
Concombre					0.40	0.45	0.50	0.60				
Haricot				0.10	0.20	0.30						

IV.2.1.Détermination de la pluie efficace :

La pluie efficace correspond à la partie des précipitations totales réellement utilisable par la culture, soit la différence entre les précipitations reçues et l'évapotranspiration réelle (ETR). Une fois au sol, cette eau se répartit en deux fractions principales :

- l'infiltration, qui alimente la réserve en eau du sol accessible aux racines ;
- l'écoulement superficiel, qui représente la portion de l'eau ruisselant à la surface et qui n'est pas retenue par le sol

Il existe plusieurs méthodes pour calculer P_{eff} ici on va utiliser celle de pourcentage Yixie (80%) :

Pluies efficaces (en mm/mois) = $(80\% \times \text{Pluies moyennes mensuelles (80\%)})$ (mm/mois)

Tableau IV.4 : calcul des pluies efficaces pour chaque mois en mm.

mois	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	Juil	aout
$P_{moy80\%}$ (mm/mois)	40.07	31.71	34.48	43.96	32.57	24.66	38.70	43.17	43.62	19.83	8.29	24.65
P_{eff} (mm/mois)	32.06	25.37	27.58	35.168	26.06	19.73	30.96	34.54	34.9	15.86	6.63	19.72

IV.2.2 Choix des cultures :

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

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

I.1 Cultures proposées :

La gamme des cultures proposée relatives aux cultures envisageables dans notre scénario est indiquée dans le tableau VI.4

Tableau IV.5 : Occupation de sol en fonction des cultures

N° d'ilot	La culture	La superficie en ha	La superficie de la culture en ha	Pourcentage %
I.1	Piment	15.59	15.59	9.76
I.3	Navet	16.59	16.59	10.38
I.4	Laitue	14.53	24.93	15.6
I.5		10.40		
I.6	Mais	14.80	25.3	15.83
I.7		10.50		
I.8	Oignon	14.61	14.61	9.14
I.9	Ail	13.05	13.05	8.17
I.10	Chou-fleur	5.40	5.40	3.38
I.11	Concombre	11.96	11.96	7.48
I.12	Bersim	8.91	8.91	5.58
I.13	Abricotier	12.81	23.47	14.68
I.14		10.66		
		La superficie totale en ha	159.81	100

IV.2.3. Identification des principaux types d'assolement :

La pratique des assolements a pour objectif principal de maximiser les revenus agricoles tout en limitant les risques liés à la fluctuation de la fertilité des sols d'une année à l'autre. Elle consiste à associer et combiner différentes classes de cultures — telles que le maraîchage, l'arboriculture, la céréaliculture et les cultures fourragères — en fonction de plusieurs facteurs : la taille des exploitations, les moyens financiers disponibles, les compétences techniques et la capacité de gestion des agriculteurs.

L'assolement proposé est détaillé dans le tableau

Tableau IV.6 : Les assolements proposés.

Assolement 1	Assolement 2
Bersim	Mais
Piment	Betterave
Laitue	Bersim
Ail	Chou-fleur
Concombre	Haricot
Navet	Oignon
Oignon	Ail
Mais	Courgette
Chou-fleur	Petit pois
hors assolement : Arboriculture Abricotier	hors assolement : Arboriculture Abricotier

2-2. Avantages de la rotation des cultures :

La rotation culturale exerce une influence significative sur la vie biologique du sol ainsi que sur la nutrition des plantes. Elle présente plusieurs avantages agronomiques majeurs :

- Optimisation de l'exploitation des réserves minérales : en alternant des cultures aux systèmes racinaires et aux exigences nutritionnelles différents, la rotation permet une meilleure utilisation des ressources minérales du sol, en limitant leur appauvrissement localisé.
- Amélioration des propriétés du sol : certaines cultures peuvent altérer la structure du sol ou produire des toxines racinaires nuisibles à la flore microbienne et aux cultures suivantes. À l'inverse, d'autres plantes, dites cultures améliorantes, contribuent à régénérer la fertilité et à améliorer la structure du sol.
- Lutte phytosanitaire intégrée : la rotation constitue un moyen efficace de lutte préventive contre les mauvaises herbes, les maladies et les parasites, en perturbant leur cycle de vie et en réduisant leur développement d'une saison à l'autre.

IV.2.4. Cycle végétatif des cultures :

Le cycle végétatif des différentes cultures sont présentés dans le tableau

Tableau IV.7 : Cycle végétatif des cultures.

Cultures	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juill	aout
Laitue												
Navet												
Piment												
Ail+oignon												
Mais												
Concombre												
Bersim												
chou-fleur												
courgette	 											
betterave												
haricot	 											
oignon												
Petit pois												
ail												
Abricotier												

IV. 3. Les besoins en eau des cultures :

IV.3.1. Calcule des besoins en eau des cultures :

Les besoins en eau sont calculés comme suit

Tableau VI.8 : Calcul des Besoin en eaux des cultures

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Peff (mm)	26.06	19.73	30.96	34.54	34.9	15.86	6.63	19.72	34.46	27.27	29.65	37.8
ET0 (mm)	32.57	46.24	79.36	109.78	147.19	172.05	207.47	191.15	111.80	81.39	48.18	31.27
Bersim	ETM (mm)	32,90								52.90	45.77	31,27
	RFU (mm)	20,25								4,05	8,1	12,15
	Bnet (mm)									37.04	39.14	
	Dsp (l/s/ha)									0,19	0,20	
Maïs	ETM (mm)				54.90	169.27	197.86	124.48	143.36			
	RFU (mm)				8,1	16,2	24,3	32,4	40,5			
	Bnet (mm)				19.73	143.21	178.13	93.52	108.82			
	Dsp (l/s/ha)				0,10	0,74	0,91	0,48	0,56			
Concombre	ETM (mm)					58.88	103.23	176.35	162.48			
	RFU (mm)					32,4	36,45	40,5	48,6			
	Bnet (mm)					32.82	83.5	145.39	127.94			
	Dsp (l/s/ha)					0,17	0,43	0,75	0,66			
Laitue	ETM (mm)							152.92	111.80	73.25		
	RFU (mm)							8,1	16,2	20,25		
	Bnet (mm)							118.38	76.9	57.86		
	Dsp (l/s/ha)							0,61	0,40	0,29		
Navet	ETM (mm)								89.44	81.39	52.998	23.45
	RFU (mm)								8,1	16,2	20,25	24,3
	Bnet (mm)								54.54	65.53	46.37	
	Dsp (l/s/ha)								0,28	0,34	0,24	

Mois		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Peff (mm)		26.06	19.73	30.96	34.54	34.9	15.86	6.63	19.72	34.46	27.27	29.65	37.8
ET0 (mm)		32.57	46.24	79.36	109.78	147.19	172.05	207.47	191.15	111.80	81.39	48.18	31.27
Abricotier	ETM (mm)	21.17	30.06	31.74	43.91	58.88	68.82	124.48	143.36	95.03	44.76		
	RFU (mm)	121,5	121,5	121,5	121,5	121,5	121,5	121,5	121,5	121,5	121,5	121,5	121,5
	Bnet (mm)						49.09	93.52	108.82	60.13			
	Dsp (l/s/ha)						0,25	0,48	0,56	0,31			
Piment	ETM (mm)						180.65	217.84	258.05	162.11	81.39	40.95	
	RFU (mm)						32,4	48,6	56,7	64,8	72,9	81	
	Bnet (mm)						160.92	186.88	223.51	127.21	65.53		
	Dsp (l/s/ha)						0,83	0,96	1,14	0,65	0,34		
Oignon/Ail	ETM (mm)	30.94	34.68								40.695	36.135	29.71
	RFU (mm)	32,4	32,4								32,4	32,4	32,4
	Bnet (mm)		9.31								24.835		
	Dsp (l/s/ha)		0,05								0,13		
Chou-fleur	ETM (mm)									55.9	56.973	45.77	25.016
	RFU (mm)									24,3	32,4	40,5	48,6
	Bnet (mm)									21	41.11	39.14	
	Dsp (l/s/ha)									0,11	0,21	0,20	
Haricot	ETM (mm)				82.335	139.83	120.44						
	RFU (mm)				8.1	16,2	24.3						
	Bnet (mm)				47.17	113.77	100.71						
	Dsp (l/s/ha)				0.24	0.59	0.52						
Betterave	ETM (mm)	22.80	36.99	75.39	65.87							18,248	15,96
	RFU (mm)	72,9	76,95	72,9	56,7							40,5	72,9
	Bnet (mm)		11.62	47.81	30.70							11.62	
	Dsp (l/s/ha)		0,06	0,25	0,16							0,06	

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Peff (mm)	26.06	19.73	30.96	34.54	34.9	15.86	6.63	19.72	34.46	27.27	29.65	37.8
ET0 (mm)	32.57	46.24	79.36	109.78	147.19	172.05	207.47	191.15	111.80	81.39	48.18	31.27
Courgette	ETM (mm)					86.03	155.60	162.48	95.03			
	RFU (mm)					32,4	36,45	40,5	48,6			
	Bnet (mm)					66.3	124.64	127.94	60.13			
	Dsp (l/s/ha)					0,34	0,64	0,66	0,31			
Petit pois	ETM (mm)	39.08	55.49	111.10	153.69	316.46						29.71
	RFU (mm)	56,7	64,8	81	97,2	97,2						56,7
	Bnet (mm)	7.02	30.12	83.52	118.522							9.99
	Dsp (l/s/ha)	0.04	0,15	0,43	0,61							0.51

L'Estimation des besoins en eau pour chaque culture pour chaque assolement est donnée dans les tableaux, tableau IV.9 et tableau IV.10

Tableau IV.9: Récapitulatif des besoins pour l'assolement 1.

Culture Mois	Abricotier	Bersim	Piment	Ail	Oignon	Navet	Laitue	Mais	Chou- fleur	Concombr e	Max	Total
Septembre	60.13		127.21			54.54	76.9		21		127.21	339.78
Octobre		37.04	65.53	24.835	24.835	65.53	57.86		41.11		65.53	316.74
Novembre		39.14				46.37			39.14		46.37	124.65
Décembre												
Janvier												
Février				9.31	9.31						9.31	18.62
Mars												
Avril								19.73			19.73	19.73
Mai								143.21		32.82	143.21	176.03
Juin	49.09		160.92					178.13		83.5	178.13	471.64
Juillet	93.52		186.88					93.52		145.39	186.88	519.31
Aout	108.82		223.51				118.38	108.82		127.94	223.51	687.47
Total	311.56	76.18	764.05	34.15	34.15	166.44	253.14	543.41	101.25	389.65		

Tableau IV.10: Récapitulatif des besoins pour l'assolement 2.

Culture Mois	Abricotier	Betterave	Bersim	Laitue	Haricot	Courgette	Ail	Petit pois	Oignon	Max	Total
Septembre	60.13			76.9		60.13				76.9	197.16
Octobre			37.04	57.86			24.835		24.835	57.86	119.74
Novembre			39.14							39.14	39.14
Décembre											
Janvier											
Février		11.62					9.31	30.12	9.31	30.12	60.36
Mars		47,81						83.52		83.52	131.33
Avril		30.70			47.17			118.52		118.52	196.39
Mai					113.77					113.77	113.77
Juin	49.09				100.71	66.30				100.71	216.1
Juillet	93.52					124.64				124.64	218.16
Aout	108.82			118.38		127.94				127.94	355.14

IV.3.2. Calcul du débit spécifique :

Les débits spécifiques sont déterminés en fonction des besoins en eau de chaque culture, évalués au préalable à partir de la répartition culturale. La dose d'arrosage correspondant à la consommation de pointe est exprimée sous forme d'un débit permanent, disponible 24 heures sur 24, afin de couvrir les besoins en eau au cours du mois

$$q_s = \frac{B_{net} \times 10 \times 1000}{N_j \times N_i \times 3600 \times E_i} \quad \text{..... (VI. 5)}$$

Avec:

- ✓ B_{net} : besoin net du mois de pointe en mm/mois ;
- ✓ N_i : nombre des heures d'irrigation=24h ;
- ✓ N_j : nombre de jours du mois de pointe =30 jours ;
- ✓ E_i : Efficience d'irrigation=75%.

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

$$B_{net} = 687.47 \text{ mm/mois.}$$

Donc $q_s = 3.53 \text{ l/s/ha} > 1,5 \text{ l/s/ha}$

Le débit spécifique obtenu dépasse 1,5, ce qui peut entraîner un risque de surdimensionnement. Pour y remédier, trois méthodes d'estimation du débit spécifique peuvent être envisagées :

- Calculer la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures ;
- Considérer la moyenne des débits spécifiques des cultures les plus exigeantes ;
- Retenir le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe.

Pour notre cas on prend le débit spécifique de la culture la plus exigeante (**Piment 223.51mm**).

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

qs = 1.14 l/s /ha ; ce débit est largement inférieur à **1.5 l/s/ha** donc le choix de ce débit reste valable.

IV.3.3 Evaluation du débit caractéristique :

Le calcul du débit caractéristique permet de déterminer le débit maximal que le système de desserte devra fournir pour irriguer chaque parcelle. Ce débit est obtenu en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile, voir la formule suivante : **$Q_{car} = q_s \cdot S$**

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

S : la superficie nette à irriguer = 159.81 ha

$$Q_{car} = q_s \cdot S = 1,14 \times 159,81 = 182,18 \text{ l/s.}$$

IV.3.4. Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

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

Le volume des besoins en eau = **le besoin de la culture (m³) * la surface de la culture.**

Le volume des besoins en eau pour notre périmètre est présenté dans le Tableau VI.11.

Tableau IV.11: les volumes des besoins en eau d'irrigation

Type des cultures	Surface (ha)	Besoins en eau brut (m ³ /ha)	Le volume des besoins en eau (m ³)
Abricotier	23.47	4050,53	96065.94
Piment	15.59	9879,2	154016.73
Bersim	8.91	717,47	6392.66
Oignon	14,61	509,6	7445.26
Chou-Yleur	5,4	1192,93	6441,822
Ail	13,05	509,6	6650,28
Mais	25.3	7122,53	180200.01
Navet	16.59	2071,73	34370.001
Laitue	24.93	3746,13	94491.021
Concombre	11.96	6358,53	76048.02
		Total	663121.7428

On remarque que le volume nécessaire pour les besoins des cultures sur notre périmètre durant toute leur période végétative est de l'ordre de **0.66 Hm³**, Ce volume est normalement régularisable puisque le volume de transfert annuel dépasse **5 Hm³**

Conclusion

À travers ce chapitre, nous avons évalué les besoins en eau des cultures prévues sur le périmètre, en tenant compte des paramètres climatiques, pédologiques et agronomiques, afin de déterminer les éléments essentiels pour le dimensionnement du réseau d'irrigation.

- Les cultures implantées ont été sélectionnées en fonction de leur compatibilité avec les caractéristiques du sol, du climat et des pratiques agricoles locales.
- L'évapotranspiration de référence (ET_0) a été estimée à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0, à partir des données climatiques de la station de Fourchi, avec une valeur annuelle moyenne avoisinant 1258.46 mm.
- Les coefficients culturaux (K_c), adaptés à chaque stade phénologique, ont permis d'évaluer l'évapotranspiration maximale (ETM) de chaque culture.
- L'analyse des réserves en eau du sol (RU et RFU) a permis de mieux cerner la capacité du sol à répondre aux besoins hydriques des cultures.
- Les besoins nets mensuels en eau varient selon la culture et la période de l'année, oscillant entre 60 et 180 mm.
- Le besoin total annuel en eau a été évalué à 687.47 mm pour les cultures les plus exigeantes.
- Le débit spécifique maximal a été estimé à 3,53 l/s/ha, valeur déterminante pour la conception du réseau d'irrigation.

Ces résultats constituent la base technique nécessaire au dimensionnement hydraulique du réseau, développé dans le chapitre suivant.

Chapitre V:

Dimensionnement du réseau d'adduction et de distribution

Chapitre V : Etude de système d'adduction

Introduction

Le réseau collectif de distribution d'eau destiné à l'irrigation est principalement composé de canalisations enterrées, qui acheminent l'eau sous pression jusqu'aux exploitants agricoles via des bornes (ou prises) d'arrosage.

Le développement de ces réseaux de conduites sous pression répond avant tout à un objectif de gestion rationnelle de la ressource en eau, notamment à travers la généralisation des méthodes d'irrigation modernes, basées sur la demande.

C'est dans cette perspective que ce chapitre se concentre sur l'élaboration d'une méthodologie d'optimisation du réseau d'irrigation, ainsi que sur les différents calculs hydrauliques associés.

V.1. Alimentation en eau du périmètre :

La partie est du périmètre d'Aïn Kercha, d'une superficie d'environ 160 hectares, sera irriguée à partir d'un piquage réalisé sur la conduite de transfert reliant le barrage de Béni Haroun au barrage de Koudiat Medouar.

V.1. Types et variantes d'adduction :

D'après leur fonctionnement, on distingue deux variantes d'adduction :

Variante 01: Irrigation gravitaire

L'irrigation des terres du périmètre d'Aïn Kercha, situées à l'aval immédiat de la conduite de transfert, sera assurée à partir d'un piquage sur cette conduite d'un diamètre de 1200 mm. L'eau sera acheminée via une conduite enterrée en fonte alimentant le périmètre.

Afin de garantir une pression compatible avec les infrastructures du réseau, la pression initiale de 25 bars sera réduite à 6 bars, de manière à ne pas dépasser cette valeur au niveau des conduites.

Variante 02 : Irrigation par pompage (à partir d'un réservoir de mise en charge)

La variante 2 prévoit l'alimentation du périmètre au moyen d'un système de pompage, qui transférera l'eau vers un réservoir de stockage. Ce dispositif permettra de réguler et de maintenir des pressions adéquates, généralement de l'ordre de 2 bars, au niveau des bornes d'irrigation.

V.2.1. Choix de la variante:

La variante 1 permet l'irrigation des terres situées à l'aval immédiat de la conduite de transfert d'eau, grâce à des raccordements directs sur la conduite principale. Cette solution, en plus d'assurer une pression d'eau acceptable pour l'irrigation, présente l'avantage d'être la moins coûteuse. Par conséquent, le choix s'est porté sur la variante 1.

V.3 Organisation et structure du périmètre :

L'organisation du périmètre constitue la première contrainte à prendre en compte dans l'aménagement d'une zone irriguée.

La partie Est du périmètre d'Aïn Kercha, située à proximité immédiate de la conduite de transfert, comprend 19 îlots, dont les superficies varient de 7,98 à 28,17 hectares. Chaque îlot est à son tour subdivisé en une à quatre parcelles, selon les caractéristiques du terrain et les besoins d'exploitation.

V.3.1. Ilots et bornes d'irrigation :

Le terme « îlot d'irrigation » désigne une unité hydro-agricole desservie par une borne d'irrigation.

L'organisation d'un périmètre en îlots résulte d'un compromis entre plusieurs facteurs, notamment la topographie, les aspects technico-économiques, ainsi que la taille et le nombre des parcelles.

Pour les zones constituées de petites et moyennes exploitations, l'implantation des bornes d'irrigation doit généralement respecter les critères suivants :

1. Une prise par îlot d'exploitation ;
2. Un maximum de quatre (04) prises sur une même borne ;
3. Des bornes implantées en limite des îlots ou, pour les grands îlots, au centre

V.3.2. Rôle et fonction de la borne d'irrigation :

Chaque îlot sera équipé d'un ouvrage de desserte appelé *borne d'irrigation*, comportant une ou plusieurs sorties, ou « prises », selon le nombre d'arrosages à assurer simultanément. Chaque borne — et même chacune de ses prises — doit remplir l'ensemble des fonctions suivantes :

- Régulation du débit : limiter le débit délivré à celui nécessaire pour l'irrigation de l'îlot concerné ;

- Contrôle de la pression : maintenir une pression adéquate et absorber d'éventuelles surpressions accidentelles ;
- Mesure des volumes : enregistrer les volumes d'eau distribués à travers chaque prise.

V.3.3. Calcul hydraulique aux bornes :

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

$$Q_b = q_s \cdot S_i$$

Avec :

- ✓ Q_b : Débit de chaque ilot (l/s) ;
- ✓ q_s : Débit spécifique (l/s/ha) ;
- ✓ S_i : Superficie de l'ilot (ha).

.

V.3.4. Implantation des bornes :

Le choix de l'emplacement des bornes d'irrigation, qui détermine le plan de bornage, constitue l'un des premiers défis auxquels doit faire face le concepteur du projet.

Une densité élevée de bornes améliore les conditions de travail des agriculteurs, en réduisant la longueur des canalisations mobiles de surface nécessaires. Toutefois, cela engendre une augmentation significative des coûts d'installation du réseau fixe.

À l'inverse, une densité trop faible complique le travail des exploitants, en alourdissant les tâches de transport et de mise en place des canalisations mobiles. . On admet généralement que l'implantation des bornes répond aux critères suivants :

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

V.3.5. Choix du diamètre et du type des bornes :

Le choix du type de borne d'irrigation dépend principalement de la superficie de l'îlot et du nombre de parcelles qu'il contient. Les recommandations généralement admises sont les suivantes :

- Îlots de 4 à 8 parcelles, avec une superficie inférieure à 15 ha : utilisation d'une borne à quatre prises (*type A4*) ;
- Îlots de deux parcelles, avec une superficie inférieure à 15 ha : utilisation d'une borne à deux prises (*type A2*) ;
- Îlots de deux parcelles, avec une superficie supérieure à 15 ha : utilisation d'une borne à deux prises (*type B*) ;
- Grands îlots, d'une superficie supérieure à 50 ha : utilisation de bornes de type C

Tableau V.1: Type de bornes en fonction de superficies des îlots

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

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

Tableau V.2 : Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes.

Ilot	Borne	Nbre de parcelles	Superficie Ilot (ha)	Débit (l/s)	Type de borne
I.1	B.1	2	15.59	17.77	B
I.2	B.2	4	16.59	18.91	B
I.3	B.3	2	14.53	16.56	B
I.4	B.4	2	10.40	11.86	B
I.5	B.5	2	14.80	16.87	B
I.6	B.6	2	10.50	11.97	B
I.7	B.7	2	14.61	16.66	B
I.8	B.8	2	13.05	14.88	B
I.9	B.9	1	5.40	6.16	A2
I.10	B.10	2	11.96	13.63	B
I.11	B.11	1	8.91	10.16	A2
I.12	B.12	2	12.81	14..60	B
I.13	B.13	2	10.66	12.15	B

V.4. Dimensionnement du réseau de distribution :

V.4.1. Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire :

Une fois les débits de chaque îlot calculés et les critères hydrauliques de la conduite gravitaire déterminés, on procèdera au dimensionnement du réseau de distribution, allant de l'ouvrage principal jusqu'aux bornes.

V.4.2. Vitesses admissibles :

La détermination d'un seuil de vitesse admissible vise à prévenir les risques liés à des vitesses d'écoulement trop élevées, pouvant provoquer l'érosion, ou trop faibles, favorisant le dépôt de matières solides.

Le diamètre de la conduite est ainsi choisi de manière à maintenir la vitesse d'écoulement dans une plage admissible, comprise entre une valeur minimale et maximale. Cela permet d'éviter des contraintes techniques telles que les coups de bélier violents dus à des variations soudaines de régime d'écoulement, ou encore les difficultés à assurer une alimentation correcte des points à desservir.

Tableau V.3: Seuil des vitesses admissibles en fonction des diamètres

Diamètre (mm)	100	125	150	200	250	300	350	400	500
Vitesse minimum (m/s)	0.20	0.25	0.25	0.35	0.40	0.40	0.40	0.50	0.50
Vitesse maximum (m/s)	1.80	1.85	1.95	2.00					

Nous choisissons une vitesse moyenne de **1.5 m/s**, admissible pour tous les diamètres.

V.4.3. Choix du matériau des conduites :

Le choix du matériau de canalisation doit prendre en compte plusieurs facteurs, notamment l'agressivité du sol, la satisfaction des exigences hydrauliques (débit, pression, etc.), ainsi que la disponibilité du matériau sur le marché.

Parmi les matériaux couramment utilisés, on peut citer l'acier, la fonte, le PVC, entre autres.

a) Conduites en fonte :

Elles offrent plusieurs avantages :

- Une bonne résistance aux pressions internes ;
- Une excellente résistance à la corrosion ;
- Une grande rigidité et solidité.

Principal inconvénient :

- Un coût relativement élevé.

b) Conduites en PEHD (Polyéthylène haute densité) :

Ces conduites sont parmi les plus utilisées en raison de leurs nombreux avantages :

- Légèreté et facilité de découpe ;
- Bonnes propriétés hydrauliques ;

- Facilité de mise en œuvre ;
- Bonne disponibilité sur le marché ;
- Coût relativement faible.

Principal inconvénient :

- Risque de rupture en cas de mauvaise qualité de soudure

c) Conduites en PRV (Polyester Renforcé de fibres de Verre) :

Les tuyaux en PRV sont constitués d'un mélange de résine polyester, de fibres de verre et d'autres matériaux de renforcement. Ils offrent une bonne résistance mécanique et chimique, ce qui les rend adaptés à divers contextes hydrauliques.

Dans notre cas, le choix du matériau dépend du diamètre de la canalisation :

- Pour un diamètre inférieur ou égal à 400 mm, les conduites seront en PEHD ;
- Au-delà de 400 mm, elles seront en fonte.

V.4.4. Calcul des diamètres :

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

$$D = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V_{ad}}} \cdot 1000$$

Avec :

- ✓ Q : débit exprimé en m³/s, D : diamètre exprimé en mm;
- ✓ V_{ad}: vitesse admissible = 1.5 m/s.

Après avoir déterminé le diamètre théorique par le calcul, un diamètre normalisé ou commercialement disponible est retenu, généralement supérieur ou égal à celui obtenu :

$$D_{nor} \geq D_{cal}$$

Les vitesses d'écoulement correspondantes sont ensuite recalculées en fonction des diamètres normalisés. Les résultats du dimensionnement de chaque tronçon sont présentés dans le tableau V.4.

Tableau V.4 : Diamètres des canalisations et vitesses d'écoulement.

N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	Le débit Q (l/s)	Diamètre de la conduite D (mm)	Diamètre normalisée D(mm)
P1-N1	532,16	182.18	393.241	400,00
N1-N1a	113,22	182.18	393.241	400,00
N1a-1	194,52	17.77	122.81	125,00
N1a-N2	493,74	164.41	373.57	400,00
N2-N3	175,77	76.17	254,273	315,00
N3-2	57,59	40.7	185,87	200,00
N3-N4	509,49	35.47	173,5	200,00
N4-3	124,02	16.56	118,56	125,00
N4-10	122,34	18.91	126.69	160,00
N2-N5	158,56	88.24	273,68	300,00
N5-4	128,38	14.88	112,385	125,00
N5-N6	360,86	73.36	249,54	250,00
N6-N7	185	56.7	219,38	250,00
N6-5	142,57	16.66	118,91	125,00
N7-7	179,26	23.79	142,10	160,00
N7-6	87,91	6.16	72,31	110,00
N7-N8	628,26	26.75	150,685	160,00
N8-8	98,4	14.60	111,323	125,00
N8-9	143,9	12.15	101,554	110,00

V.4.5. Estimation des pertes de charge :

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

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

Avec :

- h_{p_u} : Pertes de charge unitaire en m/m ;
- L, M et N : Paramètres en fonction de la rugosité absolue (K_s) des canalisations
- C : coefficient compris une majoration de 10-15 % pour les pertes de charge singulière :

$$J = L \times \frac{Q^M}{D^N}$$

Tableau V.5 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon.

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

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

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

Les pertes de charge singulières sont estimées à **15%** des pertes de charge linéaires.

Les résultats des calculs sont présentés dans le tableau ci dessous :

Tableau V.6 : Pertes de charge dans les canalisations.

N° du tronçon	L(m)	Q (m3/S)	D nor (mm)	Matériau de canalisation	V réelle (mm)	Perte de charge totale (m)
P1-N1	532,16	0,182	400,00	FONTE	1,44	1,96
N1-N1a	113,22	0,182	400,00	FONTE	1,44	0,41
N1a-1	194,52	0,018	125,00	PEHD	1.46	2,84
N1a-N2	493,74	0,164	400,00	FONTE	1.30	1,50
N2-N3	175,77	0,076	315,00	FONTE	0,98	0,41
N3-2	57,59	0,040	200,00	PEHD	1.27	0,37
N3-N4	509,49	0,035	200,00	PEHD	1.11	2,58
N4-3	124,02	0,017	125,00	PEHD	1,38	1,63
N4-10	122,34	0,019	160,00	PEHD	0.94	0,59
N2-N5	158,56	0,088	315,00	PEHD	1.24	0,49
N5-4	128,38	0,0149	125,00	PEHD	1.21	1,32
N5-N6	360,86	0,073	250,00	PEHD	1.49	2,41
N6-N7	185	0,057	250,00	PEHD	1.16	0,78
N6-5	142,57	0,017	125,00	PEHD	1.39	1,87
N7-7	179,26	0,024	160,00	PEHD	1.19	1,34
N6-6	87,91	0,006	110,00	PEHD	0.63	0,31
N7-N8	628,26	0,027	315	PEHD	1.34	5,85
N8-8	98,4	0,015	125,00	PEHD	1.22	1,03
N8-9	143,9	0,0122	110,00	PEHD	1.28	1,9

V.4.6. Calcul de pression aux bornes et nœuds :

La pression au point X est donnée par la relation suivant :

$$P = H - \Delta H - Z$$

Avec :

H : Cote piézométrique (m);

ΔH : Perte de charge Totale (m/m);

Z : Cote terrain aval (m) de point X.

Les résultats des calculs sont présentés dans le tableau si dessous :

Tableau V.7 : La pression aux bornes et nœuds

N° du tronçon	Perte de charge totale (m/m)	Cote terrain aval (m)	Cote piézométrique (m)	Pression (m)	Pression (bars)
P1-N1	1,96	818	877,0	57,04	5,9
N1-N1a	0,41	818,6	876,4	57,41	5,7
N1a-1	2,84	817	875,5	56,16	5,6
N1a-N2	1,50	816	875,3	58,3	5,8
N2-N3	0,41	817	875,0	58,19	5,8
N3-2	0,37	817,4	874,7	57,61	5,8
N3-N4	2,58	820,5	874,3	52,12	5,2
N4-3	1,63	820,6	873,9	52,67	5,3
N4-10	0,59	821	873,6	53,11	5,3
N2-N5	0,61	820,4	873,3	53,61	5,3
N5-4	1,32	821,5	873,0	51,38	5,1
N5-N6	2,41	825,8	871,1	44,79	4,5
N6-N7	0,78	825,5	870,7	46,42	4,6
N6-5	1,87	826,5	870,1	43,93	4,4
N7-7	1,34	826	869,7	44,66	4,4
N7-6	0,31	828	869,2	43,39	4,3
N7-N8	5,85	819,2	868,5	46,15	4,6
N8-8	1,03	817	865,7	51,27	5,1
N8-9	1,9	817,5	865,4	49,7	4,97

Le tableau suivant donne les longueurs des conduites par diamètres :

Tableau V.8 : Etat quantitatif des conduites

Diamètre (mm)	400	315	250	200	160	125	110
Longueur (m)	645,38	962,59	545,86	567,08	301,6	687,89	231,81

Conclusion

Dans ce chapitre, les calculs hydrauliques mettent en évidence plusieurs possibilités pour le choix du système d'irrigation, les pressions aux bornes variant entre 4,0 et 5,9 bars.

Ces résultats permettent d'assurer à la fois la rentabilité économique et de bonnes conditions de fonctionnement des conduites. Le choix du système d'irrigation demeure donc étroitement lié aux conclusions de la partie consacrée à l'adduction.

En conséquence, nous retenons l'alimentation du périmètre d'Aïn Kercha (Est) par un piquage direct sur la conduite de transfert Béni Haroun – Koudiet Medouar.



Chapitre VI:

Les techniques d'irrigation

Chapitre VI: Les techniques d'irrigation

Introduction :

Le choix d'une méthode d'irrigation dans un périmètre irrigué constitue une problématique complexe en raison de diverses contraintes, notamment topographiques, hydrauliques, édaphiques et socio-économiques.

Ce chapitre présente une analyse des principales techniques d'irrigation, en exposant leurs avantages et leurs inconvénients, dans le but de dégager les options les plus adaptées aux différentes situations.

VI.1. Les différents technique d'arrosages:

Les techniques d'arrosages peuvent être regroupées en trois (03) classes, soit :

- L'irrigation de surface
- L'irrigation par aspersion
- L'irrigation localisée ou micro irrigation.

VI.1.1 L'irrigation de surface :

L'irrigation de surface regroupe l'ensemble des méthodes d'arrosage où l'eau est répartie sur la parcelle à l'air libre, par simple écoulement à la surface du sol.

La distribution de l'eau repose essentiellement sur la topographie du terrain ainsi que sur les propriétés hydriques du sol, telles que le ruissellement, l'infiltration et la capillarité.

On distingue principalement plusieurs formes d'irrigation de surface, parmi lesquelles :

a-Irrigation par ruissellement ou par planche

Cette technique consiste à diviser la surface à irriguer en bandes rectangulaires, appelées planches, orientées selon la plus grande pente du terrain. En général, la largeur des planches varie de 5 à 30 mètres, tandis que leur longueur peut aller de 50 à 800 mètres.

L'irrigation par planches est particulièrement adaptée aux terrains présentant une pente inférieure à 0,5 %. Toutefois, la pente longitudinale des planches peut atteindre jusqu'à 4 à 5 % dans certains cas. Cette

méthode convient surtout aux sols moyennement perméables, qui permettent un bon équilibre entre infiltration et ruissellement.

Elle est utilisée pour l'irrigation de cultures telles que les prairies, les céréales ou encore les vergers. Néanmoins, la mise en œuvre de cette technique nécessite une préparation rigoureuse du terrain, impliquant des travaux de terrassement importants, une main-d'œuvre qualifiée et des équipements spécialisés.

Par ailleurs, les pertes en eau par percolation profonde et en colature peuvent être élevées, ce qui limite l'efficacité de cette méthode à environ 50 %.

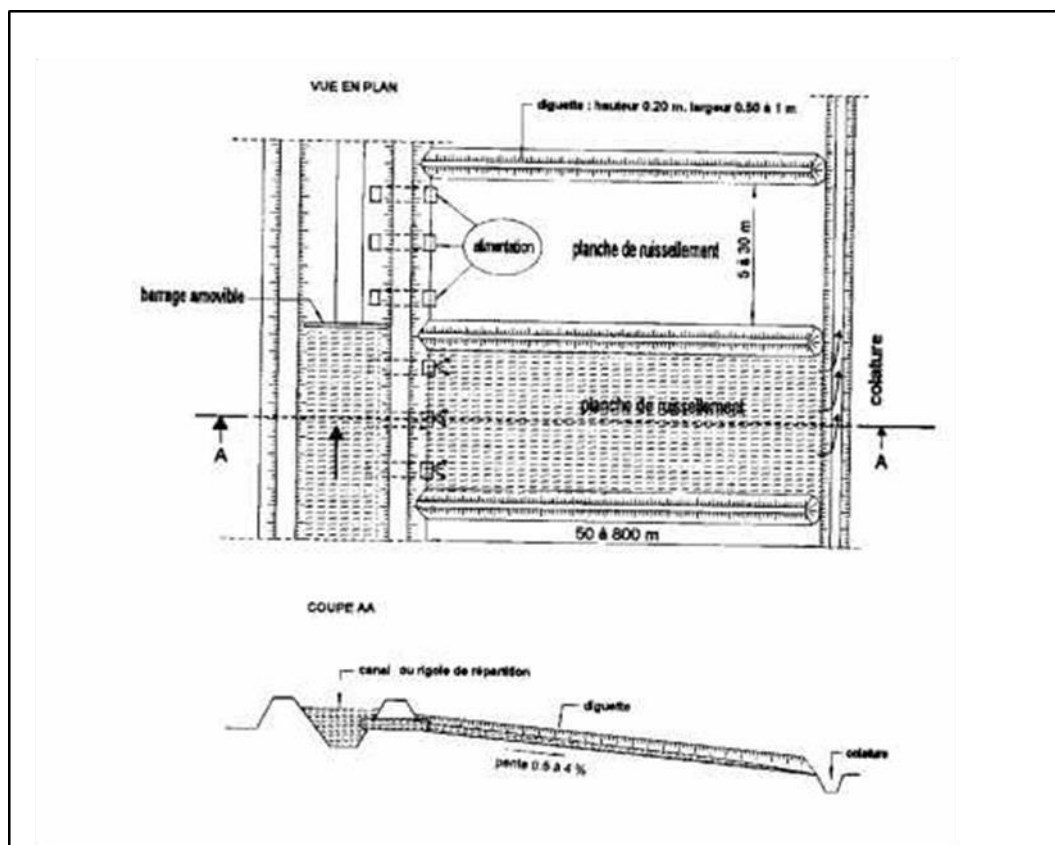


Fig.VI.1. Irrigation par planche de ruissellement

b) – L'arrosage à la raie

Cette méthode consiste à acheminer l'eau jusqu'aux plantes au moyen d'une série de petits fossés à ciel ouvert, disposés de manière plus ou moins rapprochée (espacés d'environ 0,75 à 1 m) et présentant une pente faible mais régulière.

Lorsque la pente du terrain est inférieure à 0,2 %, les raies sont tracées suivant la ligne de plus grande pente. Pour des pentes supérieures à 0,2 %, elles sont orientées obliquement par rapport à cette ligne.

La section des raies peut être triangulaire ou trapézoïdale, avec :

- **Largeur** : 25 à 40 cm
- **Profondeur** : 15 à 30 cm

L'arrosage à la raie s'applique sur des terrains ayant une pente comprise entre 0,5 % et 4 %, et convient à toutes les cultures céréalières ainsi qu'aux plantes sarclées (maïs, coton, pomme de terre, etc.).

Cette technique exige une main d'œuvre abondante et qualifiée pour la conduite des arrosages. L'efficacité des arrosages telle qu'elle est constatée peut se situer entre 40 % et 50 %

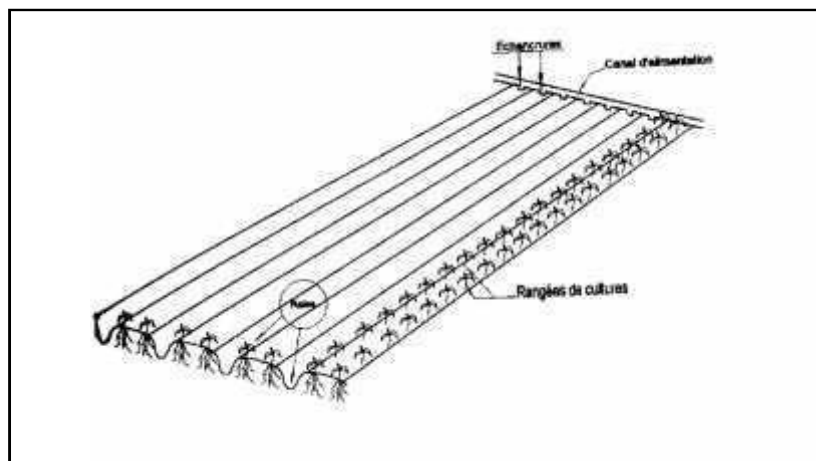


Fig. VI.2. Irrigation à la raie

c) Irrigation par submersion :

Dans cette technique, l'eau recouvre entièrement la surface du terrain avant de s'infiltrer. En pratique, elle est apportée et répartie aussi rapidement que possible sur toute la parcelle à irriguer, avant que ne débute la phase d'infiltration.

La mise en œuvre de l'irrigation par submersion nécessite l'aménagement du terrain en bassins de submersion, délimités par de petites digues de 30 à 40 cm de hauteur, avec une revanche minimale de 10 cm .

Cette méthode est particulièrement adaptée aux terrains presque plats (pente inférieure à 0,1 %). L'uniformité de l'arrosage dépend principalement de trois facteurs :

1. Faible perméabilité du sol (terrain peu ou moyennement perméable)
2. Qualité du nivellement
3. Débit d'apport élevé

Le nivellement du terrain implique souvent des travaux de terrassement importants et coûteux. Ce système est principalement utilisé pour la riziculture, avec une efficacité estimée entre 45 et 60 %.

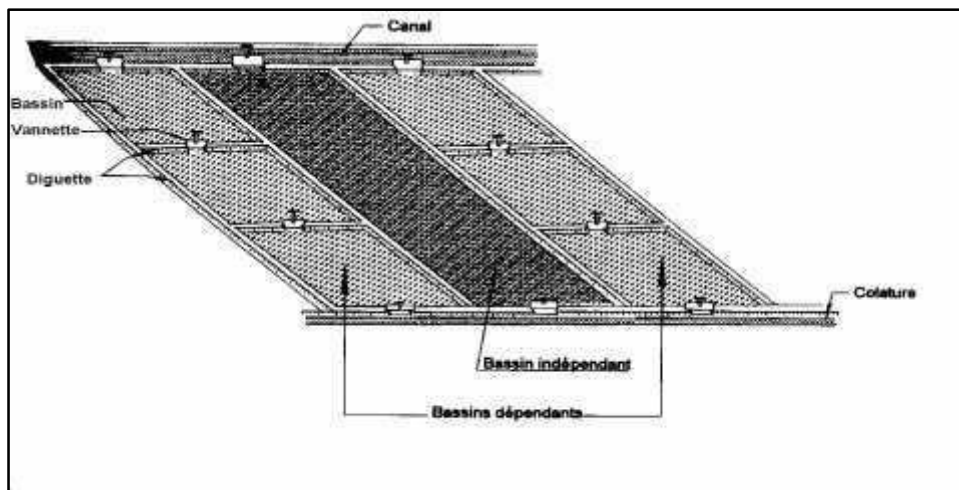


Fig.VI.3. Irrigation par submersion

d) L'irrigation mixte (par intermittence):

Il s'agit d'un ruissellement suivi d'une submersion. Les dispositions générales de ce mode d'irrigation sont identiques à celles que nous avons vu, mais lorsque l'eau atteint le niveau voulu dans le bassin, on continue à les alimenter en prenant soin d'évacuer les surplus. L'avantage de ce système est que l'eau est plus aérée apporte plus de matières nutritives et présente une température plus régulière ce qui peut être intéressant pour les cultures.

VI.1.2. L'irrigation par aspersion :

En irrigation par aspersion, l'eau est distribuée aux cultures sous forme de fines gouttelettes, simulant la pluie, grâce à différents appareils de projection fonctionnant sous pression.

Cette méthode ne nécessite pas de nivellement du terrain, mais la pente générale ne doit pas dépasser 10% pour l'utilisation de machines à irriguer.

Elle s'adapte à la plupart des types de sols présentant une bonne capacité d'infiltration :

- Supérieure à 4 mm/h pour les sols peu perméables
 - Inférieure à 50 mm/h pour les sols très perméables
- L'irrigation par aspersion est cependant déconseillée sur les sols très argileux et très peu perméables .

Son efficience varie entre 65 % et 85 %, en fonction principalement du niveau de maîtrise technique des irrigants.

Cette technique est utilisée pour une grande diversité de cultures : fourragères, maraîchères, céréalières, vergers, vignes, etc.

On distingue deux grandes catégories de procédés, selon le matériel employé :

1. Aspersion simple : rampes perforées, asperseurs, canons
2. Machines à irriguer : rampes frontales, pivots, enrouleurs, etc.

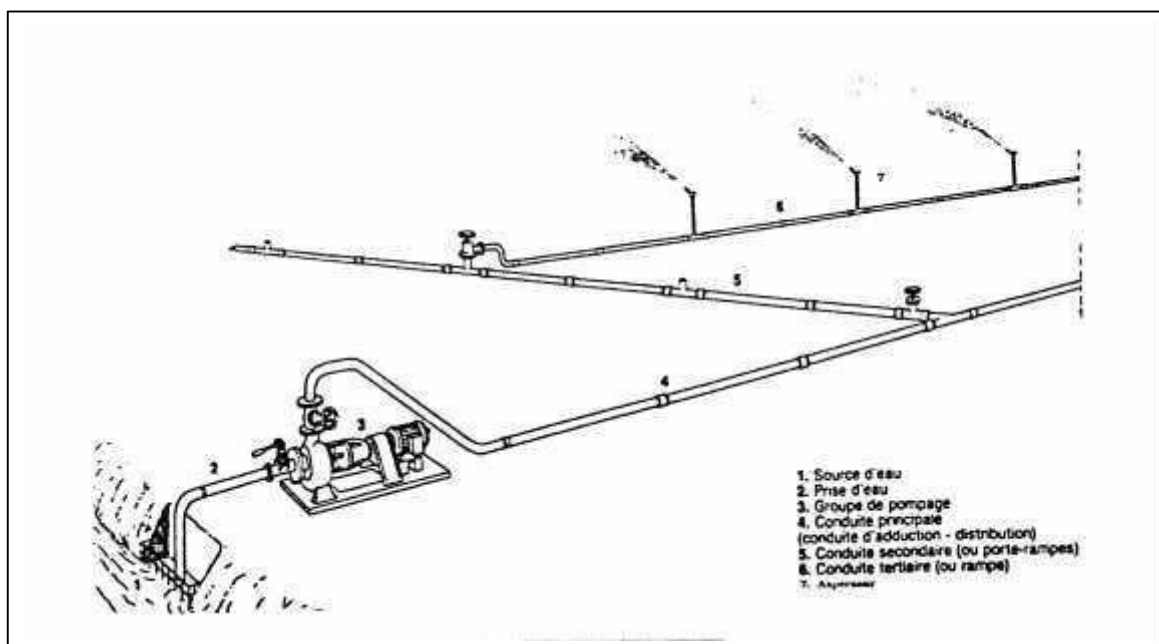


Fig.VI.4. Exemple d'une installation en aspersion

VI.1.3.1 L'irrigation localisée :

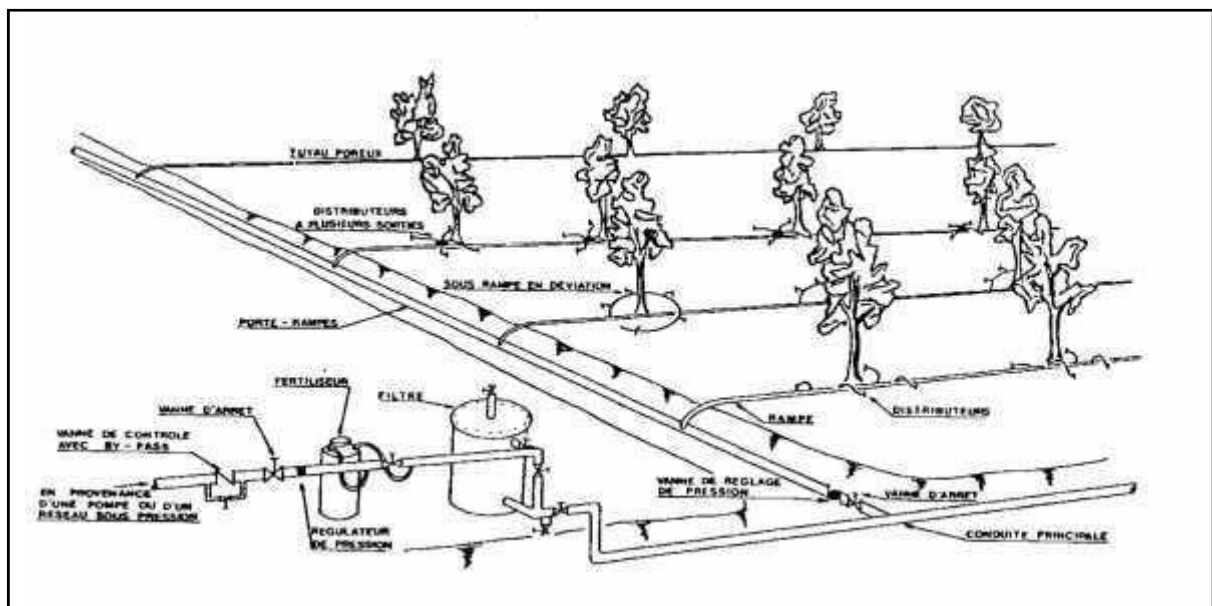
L'irrigation localisée, ou micro-irrigation, regroupe différents systèmes de distribution de l'eau directement à la parcelle. Elle se distingue par :

- L'installation d'un réseau de canalisations sur la parcelle
- Une distribution discontinue, n'arrosant que les zones utiles à la plante
- Des débits faibles, généralement inférieurs à 100 L/h
- Des apports fréquents, afin de maintenir le volume d'eau proche de la capacité au champ

Selon le mode de distribution, l'eau peut être appliquée :

- Par points (goutteurs, gaines)
- Par lignes (tubes poreux)
- Sur des surfaces plus ou moins étendues (mini-diffuseurs, micro-asperseurs)

Cette technique présente une excellente efficacité, comprise entre 80 % et 95 %. Elle est principalement utilisée pour les cultures maraîchères et fruitières.



FigVI.5. Partie essentielle d'une installation localisée

1.3.2. Composition D'une installation du système goutte à

goutte

1* point de fourniture d'eau :

Une crépine filtrante peut s'avérer nécessaire lorsque la ressource en eau — provenant par exemple d'un petit barrage (lac collinaire) ou d'un cours d'eau — contient de la matière organique ou des particules en suspension. En revanche, elle n'est pas indispensable si l'eau est relativement propre.

2* L'unité de tête :

Reliée au point de fourniture d'eau, cette installation permet de réguler la pression et le débit, de filtrer l'eau et, si nécessaire, d'y ajouter des éléments fertilisants. Dans certains cas, des régulateurs de pression et des filtres secondaires sont placés en tête des portes-rampes ou même des rampes

Pour l'apport de fertilisants, on utilise généralement un réservoir contenant des engrais solubles (souvent à base d'azote). Ce récipient sous pression, équipé d'une entrée et d'une sortie, reçoit une fraction du débit dérivée de la conduite principale. L'eau y est enrichie en engrais avant d'être réinjectée dans le réseau principal.

Le filtre à sable ou à gravier, muni de vannes, permet un nettoyage par contre-courant. Lorsque l'eau contient une forte teneur en sable, on installe des filtres dessableurs, fonctionnant selon le principe du vortex.

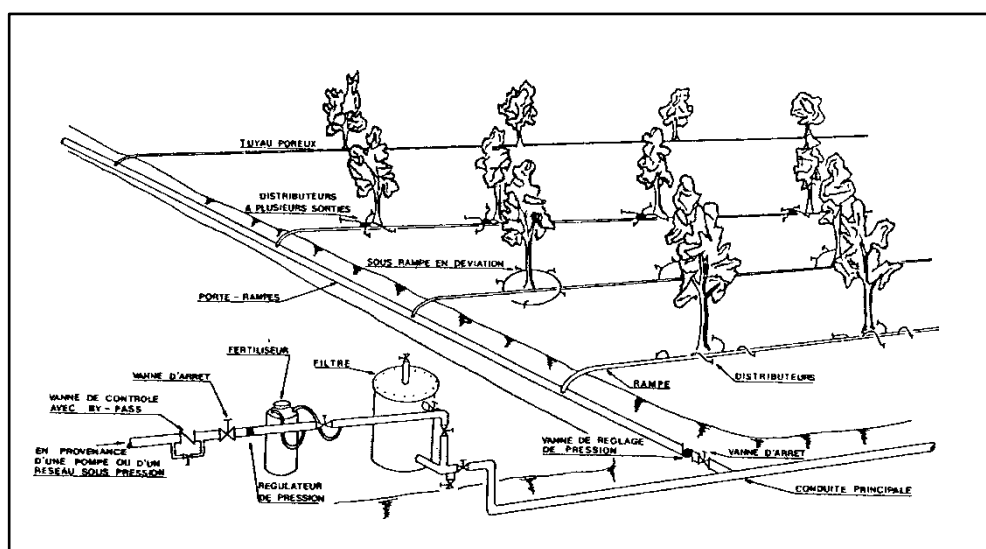


Figure VI.6 : Partie essentielle d'une installation localisée.

3-Description des conduites et rampes

Le système d'irrigation est composé de canalisations suivantes :

- **La conduite principale :**

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

- **Le porte-rampes :**

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

- **Les rampes :**

Ce sont les conduites qui généralement en PEBD (polyéthylène basse densité), et sont équipés de distributeurs. Les distributeurs y sont fixés avec un espacement prédéterminé.

- **Les distributeurs :**

Les distributeurs constituent la partie essentielle de l'installation. C'est à partir d'eux que l'eau sort, à la pression atmosphérique, en débits faibles et réguliers (quelques l/h). Il existe de nombreux types différents, des ajutages ou des mini diffuseurs dont le débit est un peu plus important (quelques dizaines de l/h).

VI.2. Choix de la technique d'arrosage :

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

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

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

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

Remarque :

x : Inadéquat ou déconseillé ;

+ : Adapté avec réserve ;

+ + : Adapté ;

+ + + : Très Adapté.

Notre étude est effectuée sur le périmètre de Ain kercha partie est occupé par les cultures (Céréales ; Fourragères ; Maraîchage ; Arbres).

D'après ce dernier, nous avons opté pour la technique d'irrigation par aspersion de 80% de la surface totale irriguée. Grâce aux efforts consentis en matière de mobilisation des ressources en eau et aux projets d'aménagements hydro - agricoles, l'irrigation par aspersion ne cesse de se développer surtout avec les encouragements financiers destinés à permettre des économies en eau d'irrigation.

Conclusion :

Compte tenu des conditions climatiques de la zone d'étude, de la nature du substrat, des préférences écologiques (intervalles écologiques des cultures disponibles) et des quantités d'eau disponibles, ainsi qu'après évaluation des avantages et des inconvénients de chaque méthode, nous avons identifié la technique d'irrigation la plus adaptée aux conditions locales.

Ainsi, le choix s'est porté sur deux systèmes d'irrigation : l'irrigation localisée et l'irrigation par aspersion.

Chapitre VII:

Dimensionnement à la parcelle

Chapitre VII: Dimensionnement à la parcelle

Introduction :

La sélection d'une méthode d'irrigation dans un périmètre irrigué constitue une problématique complexe, conditionnée par divers facteurs topographiques, hydrauliques, édaphiques et socio-économiques. Ce chapitre propose une analyse des principales techniques d'irrigation, en soulignant leurs avantages et leurs limites, afin de mettre en évidence les options les mieux adaptées à chaque contexte.

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

VII.1.1. Données générales

Le système d'irrigation le plus répandu et le plus économique pour les parcelles de petites et moyennes dimensions est le goutte-à-goutte à rampes mobiles, fonctionnant sous une pression basse à moyenne. Dans notre cas, le réseau d'irrigation sera implanté sur les parcelles P.12.13, alimentée par les bornes B.8.9, dont la pression disponible, estimée à 5,1 bar, est largement suffisante.

Culture : Abricotier

Besoin de pointe : 93,52 mm (Juillet)

Organisation du réseau : Avec un écartement de 4×4m, et un espacement des goutteurs 4 m,

- surface : 1.42 ha ;
- Longueur : 100 m ;
- Largeur : 90 m.

Caractéristique du goutteur :

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

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

VII.1.2.1. Influence du taux de couverture du sol

En micro-irrigation, les apports en eau sont concentrés sur une fraction réduite de la surface du sol. Dans ce cas, l'évapotranspiration maximale (ETM) est corrigée à l'aide d'un coefficient de réduction K_r , qui dépend du taux de couverture du sol. Pour les plantes adultes, ce taux est estimé à 60 % ($C_s = 60\%$). K_r peut être calculé par la formule proposée suivantes.

- La formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_s + 0.5(1 - C_s) \dots\dots\dots \text{I.1}$$

$$\text{a.n : } K_r = 0.6 + 0.5 \times (1 - 0.6) = 0.8$$

$$B_{jl} = (93,52 / 30) \times 0.8 = 2.49 \text{ mm/j}$$

VII.1.2.2. Dose nette pratique

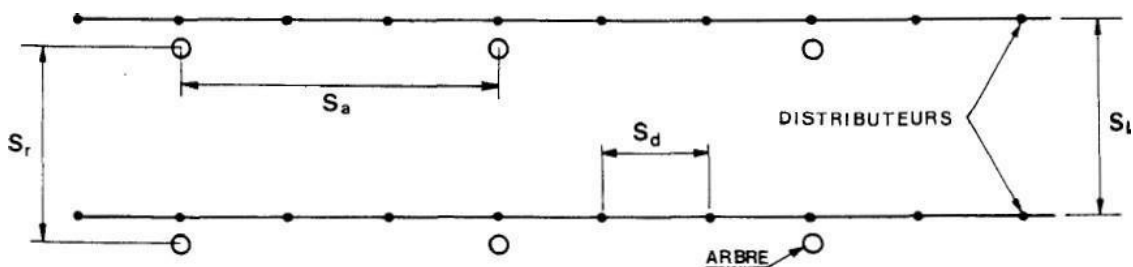
La dose (RFU) étant définie par la hauteur d'eau 'P' :

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot Z \cdot d_a \cdot P\% = \text{RFU} \times P\% \dots\dots\dots \text{VII.2}$$

Avec :

- ✓ H_{cc} : (26%), H_{pf} : (17%), $d_a = 1.35$ et Y : (2/3) ;
- ✓ Z : P. racines (1500 mm),
- ✓ P : Pourcentage du sol humidifié

Figure VII.1: Dispositifs d'installation des goutteurs sur la rampe.



$$P\% = \frac{N \times S_{pd} \times S_h}{S_a \times S_r} \dots\dots\dots \text{VII.3}$$

Avec :

- ✓ P : Volume du sol humidifié ;
- ✓ N : Nombre de point (de goutteurs) de distribution par arbre =2 ;
- ✓ Spd : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre = (2m)
- ✓ Sh : Largeur de la bande humidifiée (tirée de la table) = 1m (arbres) ;
- ✓ Sr : Ecartement entre rangs d'arbre (4m) ;
- ✓ Sa : espacement des arbres sur les rangs (4m).

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

$$D_p = \frac{26-27}{100} \times 1500 \times \frac{2}{3} \times 1.35 \times 0.25 = 30.375 \text{ mm}$$

VII.1.2.3. Fréquence et intervalle des arrosages (Fr):

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

$$F_r = \frac{\text{Dose pratique}}{Bjl} = \frac{30.357}{2.49} = 12,19 \text{ jours} \dots\dots\dots \text{VII .4}$$

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

$$F_i = 30 / F_r = 3 \text{ fois/Mois}$$

VII.1.2.4 Calcul de la dose brute :

Nous recalculons la nouvelle dose pratique (Dp') en utilisant la formule suivante :

$$Dp' = F_r \times Bjl \dots\dots\dots \text{I.5}$$

a.n:

$$Dp' = 12 \times 2.49 = 29.88 \text{ mm}$$

Ensuite, nous calculons le besoin brut (Dbute) en utilisant la formule suivante :

$$D_{bute} = D_p' / (Eff \times Cu) \dots\dots\dots \mathbf{I.6}$$

Avec :

- Eff représente l'efficience du réseau d'irrigation (90%),
- Cu représente le coefficient d'uniformité (90%).

En appliquant ces données à l'équation, on aboutit à :

$$D_{brute} = \frac{29.88}{0.9 \times 0.9} = 36.88$$

VII.1.2.5. Durée de fonctionnement par d'arrosage (h) :

$$\theta = Tf = \frac{D_{br} \times S_a \times S_r \dots\dots\dots \mathbf{I.7}}{N \times Q_g}$$

Avec=

- ✓ Sr et Sd espacement entre rang et distributeur,
- ✓ N et Qg nombre et débit du goutteur.

$$\theta = \frac{36.88 \times 4 \times 4}{2 \times 4} = 73.76 \text{ h/mois}$$

VII.1.2.6. Durée d'arrosage journalier

$$\theta_j = \frac{\theta}{Fr} \dots\dots\dots \mathbf{I.8}$$

$$\text{a.n: } \theta_j = \frac{73.76}{12} = 6.14 \text{ h/jour.}$$

VII.1.2.7. Nombre de poste:

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{temps de travail}}{\text{durée d'arrosage journaliser}} = \frac{20}{6.14} = 3 \text{ postes} \dots\dots\dots \mathbf{I.9}$$

VII.1.2.8. Surface du poste:

La formule pour calculer le nombre d'arbre par rampe est la suivante :

$$S_p = \text{surface totale} = 1.85$$

$$\text{Nbre de goutteurs} : \frac{\text{surface totale}}{sr \times spd} = \frac{1.85 \times 10000}{4 \times 4} = \mathbf{1156 \text{ goutteurs}}$$

VII.1.3 Calculs hydrauliques

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

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\% \dots \mathbf{I.11}$$

2. La variation maximale de la pression :

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

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = x \frac{\Delta H}{H(n)} \dots \mathbf{I.12}$$

Avec :

- ✓ $q(g)$: débit nominal du goutteur
- ✓ $H(n)$ pression nominal $x=0.5$ pour les goutteurs (circuit court) et $H(n) = 10 \text{ mce (1 bar)}$ $0.1=0.5$
($\Delta H (\text{max})$)/10

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

- Le reste 1.8 ΔH linéaire = 1.8 m ;
- Donc pour les rampes = $2/3 \times 1.8 = 1.2 \text{ m}$;
- Pour le porte rampe = $1/3 \times 1.8 = 0.6 \text{ m}$.

VII.1.4 Dimensionnement des canalisations du réseau

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

➤ **Les rampes**

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

➤ **Porte-lampes**

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

Avec :

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

$$\phi(cal) = \left(\frac{p.d.(r) \times 2.75}{0.48 \times Q(r)^{1.75} \times L(r)} \right)^{\frac{-1}{4.75}} \dots\dots\dots \text{I.13}$$

$$\phi p(cal) = \left(\frac{p.d.c(pr) \times 2.75}{0.48 \times Q(pr)^{1.75} \times L(pr)} \right)^{\frac{-1}{4.75}} \dots\dots\dots \text{I.14}$$

VII.1.4.1. Pour les rampes : L=90 m

1)Le nombre d'arbres par rampe:

$$N \text{ arbres} = Lr/Ea = 90/4 = 23 \text{ arbres} \dots\dots\dots \text{I.15}$$

2)Nombre des goutteurs par rampe:

$$Ng = N \text{arbres} \times N = 23 \times 2 = 46 \text{ goutteurs} \dots\dots\dots \text{VII.16}$$

3)Débit de la rampe :

$$Qr = Ng \times Qg \dots\dots\dots \text{VII.17}$$

$$Qr = 46 \times 4 = 184 \text{ l/h}$$

$$P. d. c = 1.4 \text{m}$$

4) Diamètre de la rampe :

$$Q_r = 184 \text{ l/h ;}$$

$$P_{dc} = 1.4 \text{ m ;}$$

$$\phi(cal) = \left(\frac{p.d.(r) \times 2.75}{0.48 \times Q(r)^{1.75} \times L(r)} \right)^{\frac{-1}{4.75}}$$

$D_{rampe} = 11.36 \text{ mm}$, on prend **DN = 12 mm**.

5) Vérification des pertes de charges :

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

Perte de charge selon Hazan-williams.

$$J_{cal} = 0.478 * L_{rgp} * D_{rmp}^{-4.75} * Q_{rmp}^{1.75} / 2.75 \dots \dots \dots \textbf{I.18}$$

Avec :

- ✓ L_{rgp} : la longueur de la conduite ;
- ✓ Q : débit (m^3/s) et D : diamètre intérieur de la canalisation (m) ;

On a : $C_w = 130$ (PE), $L = 90 \text{ m}$, $D = 12 \text{ mm}$, $Q_r = 184 \text{ l/h}$;

$$\Delta H_{rampe} = 1.07 \text{ m} < 1.4 \text{ m (vérifiée)}.$$

VII.1.4.2. Pour le porte rampe : $L = 100 \text{ m}$

1) Le nombre des rampes:

$$N_r = L_{pr} / E_r = 100 / 4 = 25 \text{ rampes.}$$

2) Débit du porte rampe:

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r = 184 \times 25 = 4600 \text{ l/h.}$$

3) Diamètre de la porte rampe :

$$Q_{pr} = 4600 \text{ l/h ;}$$

$$P.d.c = 0.8 \text{ m}$$

$$\phi p(cal) = \left(\frac{p.d.c(pr) \times 2.75}{0.48 \times Q(pr)^{1.75} \times L(pr)} \right)^{-\frac{1}{4.75}}$$

Donc : $D_{pr} = 42.79 \text{ mm}$ on prend 50 mm.

4) Vérification des pertes de charges :

$$J_{cal} = 0.478 * L_{ngp} * D_{prmp}^{-4.75} * Q_{prmp}^{1.75} / 2.75 \dots\dots\dots \mathbf{I.19}$$

$$C_w = 130 \text{ PEBD, } L = 100 \text{ m, } D = 50 \text{ mm, } Q_{pr} = 4600 \text{ l/h}$$

$$\Delta H_{\text{porte rampe}} = 0.38 \text{ m} < 0.8 \text{ m (vérifiée)}$$

Donc les pertes de charges sur rampes et porte-rampe sont :

$$\Delta H_{\text{rampe+porte rampe}} = 1.45 \text{ m} < 1.8 \text{ m (Règle de Christiansen Vérifiée).}$$

• Calcul des diamètres de la conduite d'approche

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} \dots\dots\dots \mathbf{VII.20}$$

Avec :

✓ Q : débit de la conduite considérée (m³/s);

✓ V : vitesse d'écoulement (m/s).

$$Q = Q_{pr} \cdot N_{pr} = 4600 \times 1 = 4600 \text{ l/h} = 0.0013 \text{ m}^3/\text{s}$$

on prend $D = 62 \text{ mm}$

VII.1.4.3. Calcul Récapitulatif et vérification des pressions à la borne de distribution

Tableau VII.1 : Récapitulatif des calculs hydrauliques

Conduites	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
Longueur(m)	90	100	100
Diamètre(m)	12	50	75
Débit (m^3/s)	5.11×10^{-5}	0.0013	0.002
Pertes de charge(m)	1.07	0.38	0.39

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

$$P(m) = 10 + 0.38 + 1.07 + 0.39 = \mathbf{11.84 \text{ m} = 1.18 \text{ bar} \dots\dots\dots \text{I.21}}$$

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

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

Le réseau d'irrigation par aspersion est mis en place sur (Ilot 10), qui a une superficie de 2.6 hectares. La parcelle est alimentée par la borne B7, et les pressions calculées pour cette borne sont d'environ 4.4 bars.

Ces valeurs de pression sont largement adéquates pour assurer l'approvisionnement en eau de la parcelle.

Données générales :

- Choix de la culture : Concombre,
- Choix du mode de couverture : Couverture totale,
- Temps de travail : 20 heures par jour et 26 jours par mois,
- Besoins de pointes : 83.5 mm/mois pour le mois de juin,

VII.2.1 Calcul de RFU :

Elle est calculée par la relation suivante :

$$RFU = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot Z \cdot d_a \dots\dots\dots \mathbf{I.22}$$

Avec:

- Y : coefficient d'assèchement, équivalent à 2/3,
- Da: densité apparente, égale à 1.5,
- Z: profondeur d'enracinement en millimètres (45 cm),
- Hcc : humidité à la capacité au champ, égale à 26%,
- Hpf : humidité au point de flétrissement, égale à 17%.

Donc :

$$RFU = 2/3 \cdot (0.26 - 0.17) \cdot 1.5 \cdot 450 = 41 \text{ mm}$$

VII.2.2 Le diamètre de l'ajutage :

La perméabilité du sol K= 7mm/h. On pose $p \leq k$ tel que p: pluviométrie de la buse.

$$P = \frac{1.5 \times d}{1.04} \dots\dots\dots \mathbf{VII.23}$$

D'où:

$$d = \frac{7 \times 1.04}{1.5} = 4.85 \text{ m}$$

D'après la fiche technique d'un arroseur de type PERROT(ANNEX2), le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de 4.8mm.

VII.2.3 Calcul de la portée du jet (L) :

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

$$L = 3 \times d^{0.5} \times h^{0.25} \dots\dots\dots \mathbf{I.24}$$

Avec :

- d: diamètre de la buse (mm)
- h: pression à la buse (m)

dans notre cas $P = 3$ bars, $h = 30$ m.

$$L = 3 \times 4.85^{0.5} \times 30^{0.25} = 15.64 \text{ m}$$

Pour le diamètre de la buse de 4.2 mm à une pression de 3.0 bars la portée sera de l'ordre de 15.8m au minimum, D'après la fiche technique d'un arroseur ZB de type Perrot (**Voir Annexe 8**).

VII.2.4 Ecartements entre les rampes et arroseurs :

Selon les normes américaines, l'écartement maximum recommandé dépend de la vitesse du vent.

- Pour les vents faibles, l'écartement entre les lignes d'arrosage (El) est de 1,3 m, tandis que pour les vents forts, il est de 1,02 m.
- Pour ce qui est des asperseurs sur la rampe, l'écartement recommandé (Ea) est de 0,8 m pour les vents faibles et de 0,5 m pour les vents forts.

Dans notre zone d'étude, nous avons des vitesses de vent faible donc nous utiliserons les valeurs suivantes :

- $El = 1,2 \times 15.8 = 18.96 \text{ m}$.
- $Ea = 0,8 \times 15.8 = 12.64 \text{ m}$.

On prend les valeurs normalisées des écartements. $El = 18$ m, $Ea = 12$ m.

VII.3 Vérification de la pluviométrie :

La vérification de la pluviométrie est une étape cruciale dans la conception et le suivi des systèmes d'irrigation.

VII.3.1. Débit de l'asperseur :

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

$$Q_{asp} = 0.95 \times \frac{\pi \times d^2}{4} \sqrt{2 \times g \times h} \dots \dots \dots \text{I.25}$$

Avec :

- Qasp : Le débit d'asperseur en m³ /s,
- d : Le diamètre de la buse en m,
- h : La pression à la buse en m.

an:

$$Q_{asp} = 0.95 \times \frac{\pi \times (4.80 \times 10^{-3})^2}{4} \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 30} = 0.0004 \text{ m}^3/\text{s} = 1.44 \text{ m}^3/\text{h}$$

VII.3.2 Vérification de la pluviométrie de la buse :

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

$$P = \frac{q}{E_l \times E_a} \dots\dots\dots \text{I.26}$$

D'où :

$$P = \frac{1.44}{18 \times 12} = 6.7 \text{ mm/h}$$

Ainsi, en choisissant le diamètre de la buse approprié, nous garantissons une pluviométrie d'environ 6.7 mm/h, qui est inférieure à la perméabilité du sol 7 mm/h. Cela confirme que notre choix de diamètre est adéquat

VII.3.3 Calcul du tour d'eau :

Le calcul du tour d'eau se fait par la relation suivante :

$$T_{eau} = (RFU * N_j) / B_{mp} \dots\dots\dots \text{I.27}$$

Avec :

- Teau : Le tour d'eau en jours,
- Nj : Nombre de jour de travail par mois,
- Bmp : le besoin du mois de pointe.

Donc :

$$T_{\text{eau}} = \frac{41 \times 26}{83.5} = 12.7 \text{ jours} = 13 \text{ jours.}$$

Nombre d'irrigation par mois :

On irrigue $30/13 = 3$ fois par mois

VII.3.4 Calcul de la dose réelle :

Le calcul de la dose réelle se fait par la relation suivante :

$$Dose_r = Dose_j \times T_{\text{eau}} \dots\dots\dots \text{I.28}$$

$$Dose_j = 83.5 \text{ mm/mois} = 2.78 \text{ mm/jour}$$

$$\text{Donc : } Dose_{\text{réelle}} = 13 \times 2.78 = 36.14 \text{ mm}$$

VII.3.5 Calcul de la dose brute :

Le calcul de la dose brute se fait par la relation suivante :

$$Dose_{\text{brut}} = Dose_{\text{réelle}} / 0.75 \dots\dots\dots \text{VII.29}$$

$$Dose_{\text{brut}} = 36.14 / 0.75 = 48 \text{ mm}$$

VII.3.6 Temps d'arrosage :

Le calcul du temps d'arrosage par position, sans dépasser la capacité d'infiltration, s'effectue de la manière suivante :

$$T_a = Dose_{\text{brut}} / T_{\text{travail}} \dots\dots\dots \text{VII.30}$$

$$T_a = 48 / 20 = 2.4 \approx 3 \text{ heures}$$

Ainsi, il est possible d'avoir jusqu'à $N_p = 7$ cycles d'arrosage par jour pour un asperseur, sans dépasser une durée totale de 20 heures

VII.3.7 Calcul de l'unité d'arrosage :

Le calcul de l'unité d'arrosage se fait par la relation suivante :

$$Su = Sparcelle / (Teau \times Np) \dots\dots\dots \text{I.31}$$

$$Su = 2.4 / (13 \times 7) = 0.026 \text{ ha}$$

VII.3.8 Calcul du débit d'équipement :

$$Qeq = (S * Bmp * 10) / (Ta * Np * Nj * 0.75) \dots\dots\dots \text{VII.32}$$

An:

$$Qeq = (2.6 \times 83.5 \times 10) / (3 \times 7 \times 26 \times 0.75) = 5.30 \text{ m}^3/\text{h.}$$

VII.3.9 Calcul du volume fourni par un asperseur par mois :

La calcul du volume fourni par un asperseur par mois se fait par la relation suivante :

$$V = Qasp * Np * Ta * Nj \dots\dots\dots \text{VII.33}$$

An :

$$V = 1.44 \times 7 \times 3 \times 26 = 786.24 \text{ m}^3$$

VII.3.10 Calcul du volume à épandre en un mois sur toute la parcelle :

1. Le calcul du volume à épandre en un mois sur toute la parcelle se fait par la relation suivante :

$$Vt = Bmp * \text{Largeur terrain} * \text{Longueur terrain} / 1000 \dots\dots\dots \text{VII.34}$$

An :

$$Vt = 83.5 \times 296 \times \frac{185}{1000} = 4572.4 \text{ m}^3$$

2. Le calcul de nombre d'asperseurs requis se fait par la relation suivante :

$$Nasp = (Su * 10000) / (El * Ea) \dots\dots\dots \text{I.35}$$

An :

$$N_{asp} = (0.026 * 10000) / (18 * 12) = 1.2 \approx 1 \text{ Asperseurs pour } 0.02 \text{ ha}$$

VII.4. Calcul hydraulique du réseau d'irrigation par aspersion :

Le dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion est une étape essentielle dans la conception d'un système d'irrigation efficace. Cela implique de prendre en compte différents paramètres pour assurer une distribution uniforme de l'eau sur toute la zone à irriguer.

VII.4.1. La longueur de la rampe :

Deux options sont envisagées pour l'installation des asperseurs sur la rampe :

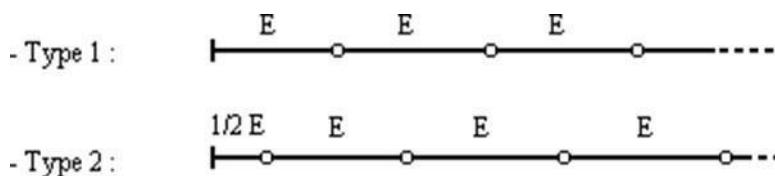


Figure VI.1 : Mécanismes de fixation des arroseurs sur la rampe.

La longueur de la rampe est déterminée comme suit :

- Pour le type 1 : $L = N \times E$,
- Pour le type 2 : $L = (N + 0.5) \times E$.

$$L_r = (L_{tr}/2) - (E/2)$$

Avec :

- "L_r" est la longueur du terrain.

An :

$$L_r = (185/2) - (12/2) = 87 \text{ m.}$$

- Le nombre d'asperseurs par rampe peut être calculé en utilisant la formule suivante :

$$N_{aspr/r} = L_r / El$$

An :

$$N_{aspr/r} = 87 / 18 = 5 \text{ asperseurs}$$

VII.4.2. Dimensionnement de la rampe :

1. Le débit de la rampe est calculé en utilisant la formule suivante :

$$Q_r = Q_{asp} \times N_{aspr/r} \dots \dots \dots \text{VII.36}$$

An :

$$Q_r = 1.44 \times 5 = 7.2 \text{ m}^3/\text{h}.$$

2. Le nombre de positions des rampes est déterminé en divisant la longueur totale de la zone par l'écartement entre les rampes

$$N_{rampe} = \text{Longueur terrain} / El \dots \dots \dots \text{VII.37}$$

An :

$$N_{rampe} = 185/18 = 10.27 \approx 11 \text{ rampes}.$$

VII.4.3. Calcul du diamètre de la rampe :

Le calcul du diamètre de la rampe se fait par la relation suivante :

$$D_r = \sqrt{(4 \times Q_r) / (\pi \times V)} \dots \dots \dots \text{VII.38}$$

Avec :

- Q_r : le débit exprimé en m^3/s ,
- D_r : le diamètre exprimé en mm,
- V : la vitesse économique de l'ordre de 1 m/s

An :

$$D_r = \sqrt{(4 \times 0.002) / (\pi \times 1)} = 50 \text{ mm}.$$

VII.4.4 Calcul de la perte de charge de la rampe :

Les pertes de charge seront calculées en utilisant la formule de Hazen-Williams :

$$J = (3.592 / CH)^{1.852} * (L / D^{4.87}) * Q^{1.852} \dots\dots\dots \mathbf{I.39}$$

Avec :

- J représente la perte de charge linéaire en m,
- CH est le coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour les conduites en fonte ou en PEHD),
- D correspond au diamètre de la canalisation, exprimé en mètres,
- L représente la mesure de la longueur de la conduite, en mètres,
- Q est le débit en m³/s.

An :

$$J = (3.592 / 130)^{1.852} * (87 / 0,05^{4.87}) * 0.002^{1.852}$$

$$J = 2.46\text{m}$$

VII.5. Dimensionnement de la porte rampe :

VII.5.1 Longueur de la porte rampe :

Le calcul de la longueur du port rampe se fait par la relation suivante :

$$L_{pr} = l_{rgp} - El/2$$

An :

$$L_{pr} = 185 - 18/2 = 176\text{m}$$

VII.5.2. Débit de la porte rampe :

Le calcul du diamètre de la rampe se fait par la relation suivante :

$$Q_{pr} = Q_r * N_r$$

An : $Q_{pr} = 7.2 \times 11 = 79.2 \text{ m}^3/\text{h} = 0.022 \text{ m}^3/\text{s}.$

VII.5.3. Calcul du diamètre de la porte rampe :

Le calcul du diamètre de la porte rampe se fait par la relation suivante :

$$D_{pr} = \sqrt[4]{(4 \times Q_{pr}) / (\pi \times V)} \dots\dots\dots \mathbf{I.40}$$

Avec :

- Q_{pr} : le débit exprimé en m^3/s ,
- D_r : le diamètre exprimé en mm,
- V : la vitesse économique de l'ordre de 2 m/s.

An :

$$D_{pr} = \sqrt[4]{(4 \times 0.022) / (\pi \times 2)} = 118 = 120 \text{ mm}$$

VII.5.4. Calcul de la perte de charge de la porte rampe :

Les pertes de charge seront calculées en utilisant la formule de Hazen-Williams :

$$J = (3.592 / CH)^{1.852} * (L / D^{4.87}) * Q^{1.852}$$

Avec :

- J représente la perte de charge linéaire en m,
- CH est le coefficient de Hazen-Williams (130-140 pour les conduites en fonte ou en PEHD),
- D correspond au diamètre de la canalisation, exprimé en mètres,
- L représente la mesure de la longueur de la conduite, en mètres,
- Q est le débit en m^3/s .

An :

$$J = (3.592 / 140)^{1.852} * (176 / 0.12^{4.87}) * 0.022^{1.852} = 5.18 \text{ m}$$

VII.4. Les résultats du dimensionnement du réseau d'irrigation par aspersion :

Les données obtenues lors du dimensionnement sont présentées de manière synthétique dans le tableau ci-dessous :

Tableau VII.2: Résultats de calcul pratique du réseau d'irrigation par aspersion.

Conduites	La rampe	Porte rampe
Longueur(m)	87	176
Diamètre(m)	0.05	0.120
Débit (m³/s)	0.002	0. 022
Pertes de charge(m)	2.46	5.18

Conclusion

Dans cette section, nous avons exploré le processus de dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion pour la culture du Concombre et un réseau d'irrigation goutte à goutte pour la culture de l'abricotier.

L'utilisation de ces systèmes a pour but d'Économiser l'eau d'irrigation et aussi d'Améliorer les rendements des cultures.

Chapitre VIII:

Calcul technico- économique

Chapitre VIII : Calcul technico-économique

Introduction

L'étude du devis quantitatif et estimatif nous permet d'avoir une idée sur le coût de réalisation du projet d'irrigation projeté, ce calcul consiste à déterminer les quantités de tout le matériel ainsi que les différentes opérations à effectuer sur le terrain. Pour notre projet on a les travaux suivants :

- Le réseau de distribution.
- Le réseau d'irrigation.
- La conduite d'adduction.

L'objectif de ce chapitre est donc l'évaluation du coût estimatif de notre projet, il sera fait exclusivement pour l'irrigation goutte à goutte.

VIII.1. Exécution des travaux de pose des canalisations

VIII.1.1. Exécution des tranchées :

Il s'agit d'une opération de terrassement qui dépend des caractéristiques du terrain. L'excavation sera effectuée mécaniquement à l'aide d'une pelle mécanique. La profondeur minimale des tranchées à excaver est fixée à 1 m, tandis que leur largeur doit permettre à un ouvrier d'y travailler aisément ; elle varie en fonction du diamètre des conduites à poser. Les travaux d'excavation des tranchées sont réalisés par tronçons successifs.

VIII.1.2. Pose du lit de sable :

Le lit de pose a pour rôle principal d'assurer une répartition homogène des charges sur la zone d'appui. Les conduites doivent donc être installées de façon à éviter tout appui linéaire ou ponctuel. Avant la mise en place des tuyaux, les opérations préliminaires suivantes sont réalisées :

- Eliminer les grosses pierres sur les talus de la tranchée ;
- Respecter les côtes du profil en long ;
- Nivelier soigneusement le fond de la tranchée ;
- Etablir une suite le fond de la fouille en confectionnant un lit de pose (Sable).

Dans notre cas on a une épaisseur de 20 cm.

VIII.1.3. Mise en place des canalisations :

La mise en place des conduites répond aux opérations suivantes :

- Les éléments sont posés à partir de l'aval et l'emboîture des tuyaux est dirigée vers l'amont ;
- Chaque élément doit être posé avec précaution dans la tranchée et présenté dans l'axe de l'élément précédemment posé ;
- Réaliser un fond de fouille bien rectiligne pour que les tuyaux y reposent sur toute leur longueur et éliminer les grosses pierres sur les talus de la tranchée ;

- Creuser le fond de fouille à côté de l'emboîtement de façon à éviter que celui-ci ne se pose pas sur le sol ;
- Réaliser si possible un appui de manière à ce que le tuyau repose sur un arc égal au moins au quart de sa circonférence extérieure.

VIII.1.4. Assemblage des conduites en PEHD:

Les conduites en polyéthylène haute densité (PEHD) sont fournies soit en barres de 6 à 12 m, soit en couronnes de 50 à 100 m. Leur raccordement peut être réalisé selon deux procédés :

1. Raccordement mécanique à emboîtement : utilisé pour les diamètres inférieurs ou égaux à 63 mm.
2. Raccordement électrosoudable : les raccords en PEHD à emboîtement femelle sont équipés, sur leur diamètre intérieur, d'une résistance chauffante. Les extrémités de cette résistance sont connectées à des plots situés à l'entrée de chaque emboîtement. Le cycle de soudage dure environ une minute, suivi d'un temps de refroidissement d'environ une heure. Durant ces phases de chauffage et de refroidissement, le serrage, l'alignement et le maintien des tuyaux et accessoires doivent être assurés à l'aide de positionneurs.

Ce procédé présente l'avantage de supprimer la mise en place des butées, ce qui permet une économie à la fois en exécution et en encombrement du sous-sol.

VIII.1.5. Contrôle du compactage des tranchées :

Le compactage de la zone d'enrobage et de remblaiement joue un rôle essentiel dans la répartition des charges autour du tuyau et conditionne directement sa stabilité. Il est donc indispensable de contrôler la qualité de cette opération. Ce contrôle peut être réalisé de manière simple, rapide et économique grâce à un appareil appelé *sonde battue*. Cet outil permet :

- Une approche relativement faible de la densité du sol.
- De détecter rapidement les défauts de compactage d'une tranchée.

VIII.2. Choix des engins du chantier:

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

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

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

VIII.1.3. Facture des différents types de conduites du réseau de distribution

Les prix des conduites sont présentés comme suite :

Tableau VIII.2: Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.

Conduites	Type de conduite	Unités de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire (DA/m)	Montant (DA)
Ø 110	PEHD	ml	231.81	632,3	144487.173
Ø 125	PEHD	ml	687,89	1132,24	778856.5736
Ø160	PEHD	ml	929.86	1361,17	1265697.54
Ø 200	PEHD	ml	567,08	2932,06	1662712.58
Ø 250	PEHD	ml	545,86	3519,72	1921274.72
Ø 315	PEHD	ml	343.33	4508,21	1547803.74
Ø 400	PEHD	ml	1139.12	6007,06	6842762.19
Total (HT)					14163594,514
TVA (19%)					2691082.96
Total (TTC)					16 854 677.472

Tableau VIII.3: Cout des équipements de protection du réseau de distribution.

	unité de mesure	Quantité	prix unitaire(DA)	Montant(DA)
Les bornes d'irrigation	U	13	50000	650000
Ventouses Ø80	U	1	3800	3800
vidange Ø100	U	1	2500	2500
vanne Ø160	U	8	16737,18	133897.44
vanne Ø125	U	3	12000	36000
vanne Ø110	U	2	11098,26	22196.52
Total				848393.96
TVA 19%				161194.85
TCC				1 009588.81 DA

VIII.4. Frais des travaux sur réseau d'irrigation

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

VIII.4.1. calcul des volumes de remblai et de déblai

- **la largeur du fond de tranchée :**

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

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

Avec :

B: largeur de la tranchée (m)

d : diamètre de la conduite (m)

- **profondeur de la tranchée**

La profondeur de la conduite doit être correctement installée.

$$H = D + 0.8 + e ;$$

e : hauteurs du lit de pose (m).

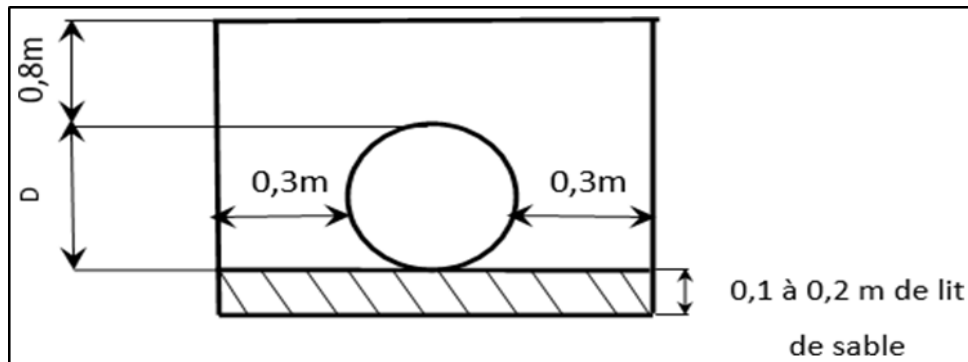


Figure VIII.1 : Disposition de la conduite dans une tranchée.

- **Volume de reblai :**

On s'intéresse à une surface rectangulaire :

$$S = B \times H$$

$$V_{\text{reblai}} = V_d - V_c - V_s$$

V_d : volume de déblai (m³) ; V_s : volume du sable (m³) ;

V_c : volume occupé par la conduite (m³). $V_c = L \times \left(\frac{\pi \times D^2}{4} \right)$

- **Volume de lit de sable :**

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

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

Tableau VIII.4: Calcul des différents volumes

conduite	la longueur (m)	la largeur (m)	la hauteur (m)	V déblai (m ³)	V sable (m ³)	V conduite (m ³)	V remblai (m ³)
Ø110 PEHD	231.81	0.71	1.11	182.05	19.75	2.2	160.1
Ø125 PEHD	687.89	0.725	1.125	561.06	59.85	8.44	492.77
Ø160 PEHD	929.86	0.76	1.16	819.74	84.80	18.7	716.24
Ø200 PEHD	567.08	0.8	1.2	602.53	54.44	17.82	530.27
Ø250 PEHD	545.86	0.85	1.25	579.98	55.68	26.79	497.51
Ø315 PEHD	343.33	0.915	1.315	413.10	37.7	26.76	348.54
Ø400 FONTE	1139.12	1	1.4	1594.6	136.69	143.15	1314.16
			la somme	4753.06	448.91	243.86	4059

Tableau VIII.5: Coût des travaux de terrassement.

volumes	unité de mesure	quantités	prix unitaire (DA)	montant (DA)
Déblai	m ³	4753.06	1000	4753060
Pose du lit de sable	m ³	448.91	1100	493801
Remblai de la tranchée	m ³	4059	600	2435400
Evacuation de terres	m ³	692.77	500	346385
			total	8028646
			TTC	9 554 088.74

VIII.5. Estimation du cout total de l'installation du réseau

Le cout total des travaux est estimé comme suit :

$$P_t = F_{\text{conduites}} + F_{\text{des équipements}} + F_{\text{terrassement}}$$

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

$$CT = 16\,854\,677.472 + 1\,009\,588.81 + 9\,554\,088.74 = \mathbf{27\,418\,355.02DA}$$

Conclusion

L'étude estimative des volumes des travaux, nous permet d'établir une estimation du coût total du projet. La planification des travaux est nécessaire pour une bonne exécution des travaux de réalisation du projet. Alors d'après l'étude de se projet on est arrivé à déterminer le coût de notre projet. Il se situe à 69 288 214 DA. On peut considérer qu'il est rentable à condition que le périmètre fonctionne correctement et que chaque fellah exploitera le réseau dans le bon sens.

CONCLUSION GENERALE

L'aménagement hydro agricole du périmètre d'AIN KERCHA partie est (Wilaya d'Oum bouaghi) qui s'étend sur une superficie nette de 160 ha irrigué à partir du piquage a fait l'objet de ce mémoire de fin d'études qui comporte plusieurs chapitres.

En premier lieu, une étude détaillée de la région et sous différents angles a permis de classer son climat comme étant semi-aride.

Deuxièmement il a été question de l'identification des ressources en sol et en eau disponible dans notre région afin de les exploiter au mieux dans la réalisation du projet. Puis vient alors l'estimation et le calcul des besoins en eau des cultures mise en place dans l'objectif de leur assurer une bonne alimentation en eau car les rendements en dépendent. Le système d'adduction est l'épine dorsale de l'aménagement puisque c'est grâce au bon dimensionnement de ses divers ouvrages que l'opération d'acheminer, l'eau au périmètre se fera de manière optimale.

Pour compléter notre travail, un choix des techniques d'irrigation s'est imposé tout en veillant à ce que l'économie et l'eau soit une priorité.

Après d'avoir opté pour la technique de la goutte à goutte et celle de l'aspersion étant donné les multiples avantages qu'elles offrent on est passé au dimensionnement à la parcelle. Estimation du cout du projet est primordiale car l'ingénieur doit avoir la notion de la faisabilité technique mais aussi de la rentabilité économique.