



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

OPTION : Irrigation

THEME DU PROJET :

*Etude du périmètre d'irrigation du sous-secteur DR 21 Mitidja
Centre à partir du barrage de Douera.*

PRESENTE PAR :
M^r :CHENAK ANIS.

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
Mr AZIB Makhlof	Professeur	Président
Mr BENKACI ALI Tarek	M.C.B	Examineur
Mme MAZOUZI Sabra	M.A.A	Examinatrice
Mr BOUZIANE Omar	M.A.B	Examineur
Mr MEDDI Mohamed	Professeur	Promoteur

Session Juin 2018-

Remerciements

"La reconnaissance est la mémoire du cœur."

De Hans Christian Andersen

Je remercie le bon Dieu pour m'avoir orienté vers le chemin du savoir et m'avoir ouvert les portes de la science, sans lui rien de tout cela n'aurait pu être.

C'est avec une profonde reconnaissance et une considération singulière que je tiens à remercier tout d'abord mon encadreur Mr Meddi Mohamed pour ses précieux conseils, et aussi pour la sollicitude avec laquelle il a suivi et guidé ce travail.

Je tiens à remercier également les ingénieurs Mr Ramtani Racim, Mr Mokrani Hcen et Mecassi Mohammed qui m'ont fait part de leurs connaissances et de leurs savoir-faire durant la réalisation de ce travail.

J'aimerais en profiter pour remercier tous ceux qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de cette période.

Je remercie tous les membres de l'entreprise hydro aménagement unité Mitidja Centre et tout particulièrement Mr Ramtani Racim pour m'avoir accueilli au sein de son équipe.

Je tiens également à exprimer ma gratitude envers tous les enseignants et le personnel de l'ENSH qui ont contribué à ma formation.

Mes profonds remerciements vont également aux membres du jury pour le temps et l'énergie qu'ils ont consacré pour évaluer mon travail.

Mes vifs remerciements à ma merveilleuse mère, à mon très cher père, mon formidable Frère ainsi qu'à tous les membres de ma famille et mes amis pour leurs encouragements et leurs soutiens durant la réalisation de ce modeste travail.

GRAND MERCI

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À mes chers parents : ma précieuse mère Nadjiba et mon formidable père
Zine Eddine

aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive.

À mon chère frère: en témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je te souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, te protège et te garde
mon frère Nazim.

A ma chérie qui a m'a toujours encouragé et ne m'a jamais laisser me sentir seul dans ce monde. Puisse Dieu t'accorder tout le bonheur du monde et te garder pour moi, Nadjette.H.B.K.

A tous les membres de ma famille

A tous mes ami(e)s : au nom de l'amitié qui nous uni et des souvenirs de tous les moments que nous avons passé ensemble, je vous dédie également ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur

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

SANS VOUS CE TRAVAIL N'AURAIT JAMAIS VU LE JOUR

Chenak Anis

ملخص:

في إطار عملية تطوير المنطقة المائية الزراعية لميتيجة وسط، قمنا بدراسة تحديد أبعاد نظام الري في القطاع الفرعي دويرة 21 ، والذي يتم تزويده من سد دويرة، حيث تغطي المنطقة التي شملتها الدراسة مساحة 985 هكتارا، مع شبكة ري لزراعة الأشجار. تم اختيار هذه المحاصيل حسب خصائص التربة والعوامل الزراعية المختلفة.

الهدف هو توفير مياه الري اللازمة للغطاء النباتي من أجل زيادة الانتاج الزراعي، من خلال تحسين إدارة واستخدام الموارد المائية، وذلك بالاعتماد على نظام الري الحديث الذي أثبت فاعليته، متمثلا في الري بالتقطير. هذه التقنية تمتاز بالعديد من المزايا، مثل كفاءة المياه والانتاجية العالية.

• Résumé :

Dans le cadre de l'opération d'aménagement du périmètre hydro-agricole de la région de la plaine de Mitidja Centre, nous avons étudié le dimensionnement du périmètre d'irrigation du sous-secteur Douera 21 qui est alimenté à partir du barrage de Douera. Le périmètre étudié est d'une superficie de 985 ha, avec un réseau d'irrigation destiné à la culture arboricole. Ces cultures ont été choisies par rapport aux caractéristiques du sol et les différents paramètres agronomiques de la région.

L'objectif est d'amener l'eau d'irrigation nécessaire aux terres afin d'augmenter le rendement agricole, par une meilleure gestion et utilisation des ressources en eau ; et ce en adoptant un système d'irrigation moderne qui a imposé sa fiabilité, à savoir: l'irrigation localisée. Cette technique présente de multiples avantages, comme l'efficacité de l'eau et l'obtention de rendements importants.

• Abstract :

As part of the operation to develop the hydro-agricultural perimeter of the Mitidja Center region, we have studied the size of the irrigation perimeter of the Douera 21 sub-sector, which is fed from the Douera dam. The area surveyed covers an area of 985 ha, with an irrigation network for tree growing. These crops were selected in relation to the soil characteristics and the different agronomic parameters of the region.

The objective is to bring the necessary irrigation water to the land in order to increase the agricultural yield, through better management and use of water resources; and this through the adoption of a modern irrigation system which has imposed its reliability, namely: localized irrigation. This technique has many advantages, such as water efficiency and high yields..

Table des matières

Introduction générale.....	1-2
I- Présentation de la zone d'étude	3
I.1 Introduction	3
I.2 Présentation de la plaine de Mitidja.	3
I.2.1 Localisation	3
I.2.2 Répartition des superficies par wilaya	4
I.2.3 Division en secteur de la plaine de Mitidja centre	5
I.2.4 Présentation du périmètre de la Mitidja centre tranche I	6
I.2.5 Présentation du Sous-Secteur DR 21 :	7
I.3 Caractéristique de la région :	8
I.3.1 Géomorphologie et relief :	8
I.3.2 Pédologie.....	8
I.3.3 Géologie	8
I.3.4 Aptitude des terres de la Mitidja	9
I.3.5 Le Climat.....	10
I.3.5.1) La pluviométrie.....	10
I.3.5.2) La Température.....	10
I.3.5.3) le vent	11
I.3.5.4) Evaporation.....	12
I.3.5.5) Insolation	12
I.3.5.6) La grele :	13
I.3.5.7) Humidité relative de l'air.....	13
I.3.5.8) Indices climatiques :	13
I.3.5.8.a) Indice d'aridité de Martonne :	13
I.3.5.8.b) Quotient pluviométrique d'Emberger	14
I.3.5.8.c) Climogramme de Gaussen	15
I.3.5.9) Réseau hydrographique	16
I.3.5.10) Occupation du sol	16
I.3.5.11) Aspects fonciers et modes de faire valoir	17
I.4 Conclusion	18
II- Ressource en sol	19
II.1 Introduction	19

II.2	Etude pédologique	19
II.2.1	Le but de l'étude pédologique.....	19
II.2.2	Classification des sols	20
II.3	Les caractéristiques physiques des sols	20
II.3.1	Description du profil pédologique :	20
II.3.2	Etude granulométrique	21
II.3.3	Propriétés physique de notre sol :	21
II.4	Les caractéristiques chimiques des sols.....	21
II.4.1	Le PH eau (acidité actuelle)	21
II.4.2	Analyse des paramètres hydrodynamique.....	22
II.5	Ressource en eau et Qualité des eaux d'irrigation	22
II.5.1	Ressource en eau	22
II.5.1.1)	Le barrage de Douera	22
II.5.1.2)	Les eaux souterraines	23
II.5.2	Qualité des eaux d'irrigation.....	23
II.5.2.1)	La salinité	23
II.5.2.2)	La conductivité électrique	24
II.5.2.3)	Le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R	24
II.5.3	Caractéristique des eaux d'irrigation	24
II.5.3.1)	Classification de l'eau d'irrigation selon l'U.S.S. L (1954).....	25
II.6	Les aptitudes culturales	25
II.6.1	Climat.....	25
II.6.2	Sol.....	25
II.6.3	Choix des cultures	25
II.6.4	Les cultures mises en place :	26
II.7	Conclusion :	26
III-	Besoins en eau des cultures	27
III.1	Introduction.....	27
III.2	Traitement des données pluviométriques.....	27
III.2.1	Présentation de la série pluviométrique :	27
III.2.2	Homogénéité de la série pluviométrique.....	28
III.2.3	Etude statistique des précipitations	29
III.2.3.1)	Choix de la loi de l'ajustement	30
III.2.3.1.a)	Ajustement statistique des pluies	30
III.2.3.1.b)	Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale.....	30
III.2.3.1.c)	Test d'adéquation a une loi	31
III.2.3.2)	Calcul de la pluie efficace	33

III.2.4	Besoin en eau des cultures	34
III.2.4.1)	L'évapotranspiration (E T)	34
III.2.4.2)	L'évapotranspiration potentielle (ETP)	35
III.2.5	L'évaporation maximale de culture (ETM)	36
III.3	Calcul des Besoins en eaux d'irrigation.....	37
III.3.1	La réserve facilement utilisable (RFU)	38
III.3.2	Calcul des besoins bruts	38
III.3.3	Détermination des Besoin en eaux des cultures	38
III.3.3.1)	Estimation des besoins en eau des agrumes.....	39
III.3.3.2)	Estimation des besoins en eau des pêcheurs	39
III.3.3.3)	Estimation des besoins en eau des abricotiers	40
III.3.3.4)	Estimation des besoins en eau des pruniers	40
III.3.3.5)	Estimation des besoins en eau des Vignes	41
III.3.3.6)	Besoins en eau des cultures.....	41
III.4	Calcul du débit spécifique.....	42
III.5	Estimation des volumes d'irrigation	43
III.6	Conclusion :	43
IV-	Etude d'adduction.....	44
IV.1	Introduction.....	44
IV.2	Alimentation en eau du périmètre.....	44
IV.3	Organisation du périmètre :	44
IV.3.1	Taille des îlots d'irrigation	44
IV.3.1.1)	Débit fictif continu.....	44
IV.3.1.2)	Débit d'équipement :	44
IV.3.1.3)	Taille de l'îlot	45
IV.3.1.4)	L'emplacement des bornes d'irrigation dans les îlots	45
IV.3.2	L'irrigation à la demande	45
IV.3.2.1)	L'irrigation au tour d'eau :	45
IV.3.2.1.a)	Tour d'arrosage à l'antenne.....	46
IV.3.2.1.b)	Tour d'arrosage à la borne.....	46
IV.3.3	Calcul des débits des îlots	46
IV.3.3.1)	I 3 3 2 Choix de type de borne :	46
IV.4	Les composantes de l'aménagement	48
IV.4.1	Barrage de Douera.....	48
IV.4.2	Transfert Harrach-Douera	48
IV.4.3	Mode de fonctionnement du transfert	49
IV.4.3.1)	Rôle de la station de pompage	50

a)	Débit dérivé supérieur au débit appelé par les secteurs DR2 et DR1	50
b)	Débit dérivé inférieur au débit appelé par les secteurs DR1 et DR2.....	50
IV.4.3.2)	Conduite de bypass DR20	50
IV.4.3.2.a)	Fonctionnement.....	51
IV.4.4	Départ du réseau de distribution.....	51
IV.5	Calculs hydrauliques du système d'adduction.....	52
IV.5.1	Choix de la variante d'aménagement	52
IV.5.2	Etude du système de pompage	52
IV.5.2.1)	Les pompes :	52
IV.5.2.2)	Station de pompage.....	53
IV.5.2.3)	Protection contre de la cavitation	55
IV.5.2.4)	Tracé du réseau de distribution :	56
IV.5.2.5)	Choix des matériaux des canalisations	57
IV.5.2.6)	Dimensionnement hydraulique des canalisations	58
IV.6	Conclusion	64
V-	Mode d'arrosage	65
V.1	Introduction	65
V.2	Les techniques d'irrigation	66
V.2.1	Irrigation gravitaire (ou de surface) :	66
V.2.1.1)	a- Irrigation par bassin (Submersion).....	67
V.2.1.2)	b- Irrigation par planches (ruissellement)	67
V.2.1.3)	c- Irrigation à la raie (infiltration)	67
V.2.2	L'irrigation par aspersion :	68
V.2.2.1)	Différentes installations à la parcelle :	69
V.2.3	Irrigation localisée (goutte à goutte) :	70
V.3	Choix de la technique d'arrosage	71
V.4	Technique d'irrigation en Algérie	73
V.5	Conclusion.....	74
VI-	Dimensionnement à la parcelle	75
VI.1	Introduction.....	75
VI.2	Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte	75
VI.2.1	Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée	76
VI.2.2	Calcul hydraulique	79
VI.2.3	Dimensionnement des canalisations du réseau	82
VI.2.3.1)	Vérification des pertes de charges	83
VI.2.3.2)	Calcul du diamètre de la rampe et vérification de la perte de charge :.....	83
VI.2.3.3)	Calcul du diamètre de la porte rampe et vérification de la perte de charge :	84

VI.2.4	La pression d'eau a la borne de distribution :	85
VI.3	Conclusion	86
VII-	Calcul techno économique	87
VII.1	Introduction :.....	87
VII.2	Estimation de l'aménagement agricole :.....	87
VII.2.1	Canalisation du réseau de distribution.....	87
VII.2.2	Frais des travaux sur réseau d'irrigation (Terrassement)	88
	VII.2.2.1) Calcul des volumes de déblais et remblais	88
	VII.2.2.2) Cout de travaux de terrassement :	91
VII.2.3	Estimation des installations de chantier, Base vie et fournitures :	91
VII.2.4	Equipements hydrotechniques	92
	VII.2.4.1) Total des équipements hydrotechniques :	93
VII.2.5	Total du béton, et de la maçonnerie :.....	93
VII.2.6	Coût total du projet	94
VII.3	Conclusion :	94
	<i>Conclusion générale</i>	96

Liste des tableaux :

Chapitre I :

.TABLEAU I- 1 PLUIES MOYENNES MENSUELLES (25 ANS) - SOURCE ANRH.....	10
TABLEAU I- 2 TEMPERATURE EXTREME ET MOYENNES MENSUELLES - SOURCE ANRH.	11
TABLEAU I- 3 VITESSES MOYENNES MENSUELLES DES VENTS (17ANS). SOURCE : ANRH (BLIDA)	12
TABLEAU I- 4 L'EVAPORATION MOYENNE MENSUELLE (16ANS). SOURCE : ANRH BLIDA.	12
TABLEAU I- 5 INSOLATIONS MOYENNES MENSUELLES (10ANS). SOURCE : ONM	13
TABLEAU I- 6 HUMIDITES RELATIVES MOYENNES MENSUELLES (10ANS). SOURCE : ONM.....	13
TABLEAU I- 7 : LES LIMITES DE CLIMAT D'APRES L'INDICE DE MARTONNE (SOURCE ENSH).	14
TABLEAU I- 8 REPARTITION DE LA SUPERFICIE DE MITIDJA CENTRE TRANCHE I PAR STATUT JURIDIQUE.....	17

Chapitre II :

TABLEAU II- 1 ANALYSE GRANULOMETRIQUE DU PROFIL PEDOLOGIQUE (ANRH).....	21
TABLEAU II- 2 PROPRIETES PHYSIQUES DE NOTRE SOL. (SOURCE ANRH).....	21
TABLEAU II- 3 CARACTERISTIQUES CHIMIQUES DU SOL. (ANRH).....	22
TABLEAU II- 4 PROPRIETES HYDRODYNAMIQUES DU PROFIL PEDOLOGIQUE.(SOURCE ANRH)	22
TABLEAU II- 5 CARACTERISTIQUES DES EAUX D'IRRIGATION.	24
TABLEAU II- 6 REPARTITION DES CULTURES DU SECTEUR DR21 (SOURCE ONID EXPLOITATION)	26

Chapitre III :

TABLEAU III- 1 SERIE PLUVIOMETRIQUE DE LA STATION DE SOUMAA	28
TABLEAU III- 2 TEST DE WILCOXON POUR LA STATION DE SOUMAA.....	29
TABLEAU III- 3 TEST DE VALIDITE DES DEUX 'AJUSTEMENTS	32
TABLEAU III- 4 QUANTILES DE PLUIES DE LA STATION DE SOUMAA (LOI LOG NORMALE)	33
TABLEAU III- 5 PLUIES EFFICACES CALCULEES A L'AIDE DU LOGICIEL CROPWAT V 8 LAND AND WATER DEVELOPMENT DIVISION OF FAO.	34
TABLEAU III- 6 DONNEES OBTENUES A PARTIR DU LOGICIEL CROPWAT V.8 LAND AND WATER DEVELOPMENT DIVISION OF FAO.	36
TABLEAU III- 7: COEFFICIENTS CULTURAUX (Kc) DES CULTURES. (FAO IRRIGATION AND DRAINAGE PAPER NO. 2007).	37
TABLEAU III- 8 LES VALEURS DE LA RFU.	38
TABLEAU III- 9 ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES AGRUMES.	39
TABLEAU III- 10. ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES PECHERS.....	39
TABLEAU III- 11 ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES ABRICOTIERS.....	40
TABLEAU III- 12 ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES PRUNIERS.....	40
TABLEAU III- 13 ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES VIGNES.	41
TABLEAU III- 14 RECAPITULATIF DES BESOINS EN EAU DES CULTURES.....	41
TABLEAU III- 15 DEBIT SPECIFIQUE DE CHAQUE CULTURE	42
TABLEAU III- 16 ESTIMATION DES VOLUMES D'IRRIGATION	43

Chapitre IV :

TABLEAU IV- 1 CLASSES DE TAILLE DE L'ILOT.	45
TABLEAU IV- 2 CALCUL DES DEBITS DES ILOTS ET CHOIX DU DIAMETRE ET TYPE DE BORNES.....	47
TABLEAU IV- 3 CARACTERISTIQUES DES POMPES EN FONCTION DE LEUR NOMBRE	54
TABLEAU IV- 4 PARAMETRES DE PERTES DE CHARGE DE LA LOI DE LECHAPT-CALMON	59
TABLEAU IV- 5 DIMENSIONNEMENT DU RESEAU DE DISTRIBUTION.....	60

Chapitre V:

TABLEAU V- 1 AVANTAGE ET INCONVENIENT D'IRRIGATION DE SURFACE	68
TABLEAU V- 2 AVANTAGE ET INCONVENIENTS D'IRRIGATION PAR ASPERSION	70
TABLEAU V- 3 AVANTAGE ET INCONVENIENT D'IRRIGATION LOCALISEE	71
TABLEAU V- 4 ANALYSE MULTICRITERE DU CHOIX DE LA TECHNIQUE D'IRRIGATION.	72
TABLEAU V- 5 ÉVOLUTION DES SURFACES IRRIGUEES ET DES SYSTEMES UTILISES (2000-2008)	73
TABLEAU V- 6 ÉVOLUTION DES SURFACES IRRIGUEES ET DU SYSTEME D'IRRIGATION UTILISE (2000-2012-2014)	73

Chapitre VI:

TABLEAU VI- 1 CALCUL DE DIAMETRE DES CONDUITES TERTIAIRES.....	85
TABLEAU VI- 2 TABLEAU RECAPITULATIF.....	85

Chapitre VII :

TABLEAU VII- 1 FACTURE DES DIFFERENTS TYPES DE CONDUITES DU RESEAU DE DISTRIBUTION.....	87
TABLEAU VII- 2 QUANTITE DES TRAVAUX DE TERRASSEMENT.	90
TABLEAU VII- 3 COUT DES TRAVAUX DE TERRASSEMENT.	91
TABLEAU VII- 4 ESTIMATION DES INSTALLATIONS DE CHANTIER, BASE VIE ET FOURNITURES.	91
TABLEAU VII- 5 ESTIMATION DES EQUIPEMENTS HYDROTECHNIQUES.	92
TABLEAU VII- 6 ESTIMATION TOTALE DES EQUIPEMENTS HYDROTECHNIQUES.	93
TABLEAU VII- 7 ESTIMATION TOTAL DU BETON ET DE LA MAÇONNERIE.....	93
TABLEAU VII- 8 COUT TOTAL DU PROJET	94

Liste des figures :

Chapitre I

FIGURE I- 1 PLAN DE SITUATION DE LA PLAINE DE MITIDJA. (SOURCE ONID)	3
FIGURE I- 2 LIMITES DE MITIDJA	4
FIGURE I- 2 LIMITES DE MITIDJA	4
FIGURE I- 3 LIMITES DES SECTEURS DE LA MITIDJA CENTRE. (SOURCE ONID)	5
FIGURE I- 7 VARIATION DE LA TEMPERATURE. FIGURE I- 3 LIMITES DES SECTEURS DE LA MITIDJA CENTRE. (SOURCE ONID)	5
FIGURE I- 4 LIMITES DU PERIMETRE DE LA MITIDJA CENTRE TRANCHE I (SOURCE ONID).	6
FIGURE I- 5 PLAN DE SITUATION DU SECTEUR DR21	7
FIGURE I- 6 CARTE DES APTITUDES DES TERRES AGRICOLES DE LA MITIDJA	9
FIGURE I- 7 VARIATION DE LA TEMPERATURE.	11
FIGURE I- 8 DIAGRAMME BIOCLIMATIQUE D'EMBERGER	15
FIGURE I- 9 CLIMOGRAMME DE GAUSSEN	16

Chapitre III

FIGURE III- 1 COORDONNEE GEOGRAPHIQUE STATION SOUMAA	27
FIGURE III- 2 AJUSTEMENT DE LA SERIE A LA LOI DE GAUSS	31

Chapitre IV

FIGURE IV- 1 SCHEMA EXPLICATIF DU TRANSFERT HARRACH-DOUERA	49
FIGURE IV- 2 SCHEMA EXPLICATIF DU CONDUIT DE BYPASS DR20.....	51
FIGURE IV- 3 COURBE CARACTERISTIQUE DE LA POMPE	55

Chapitre V

FIGUREV- 1 IRRIGATION DE SURFACE (SOURCE GOOGLE)	66
FIGUREV- 2 IRRIGATION PAR RIGOLE SOURCE (GOOGLE)	66
FIGURE V- 3 ASPERSION FIXE.....	69
FIGURE V- 4 ASPERSION MOBILE.....	69
FIGURE V- 5 IRRIGATION LOCALISEE.	70

Chapitre VII

FIGURE VII- 1 -DISPOSITION DE LA CONDUITE DANS UNE TRANCHEE	89
---	----

Liste des planches

Planche 1 : Tracé de la conduite de transfert HARRACH-DOUERA.

Planche 2 : Profil en long de la conduite de transfert Harrach –Douera
Wilaya. Alger-Blida.

Planche 3 : Réseau de distribution du sous-secteur DR21.

Planche 4 : Projection d'un réseau localisé sur l'ilot 27 sous-secteur DR21
MITIDJA CENTRE.

Liste des Annexes :

Annexe 1 : Carte pédologique de la Mitidja

Annexe2 : Classification des eaux d'irrigation

Annexe 3 : Borne d'irrigation type B100

Annexe 4 : Borne d'irrigation type B150

Introduction générale

L'eau est un facteur essentiel dans le développement économique et social en générale et dans le secteur agricole en particulier ; sa disponibilité et sa bonne utilisation déterminent, dans une large mesure, la satisfaction des besoins de l'économie et des populations. Comme de nombreux pays, l'Algérie vit un déficit hydrique de plus en plus important ; cette situation s'explique par plusieurs facteurs, parmi lesquels citons l'augmentation de la demande en eau générée par la croissance démographique, la baisse et l'irrégularité de la pluviométrie, ainsi que l'exploitation inefficace des ressources disponibles.

Face à cette situation, la préoccupation liée à la mobilisation et au développement des ressources en eau occupe, depuis plus de deux décennies, une place centrale dans les politiques et programmes de développement économique de notre pays.

Le défi d'assurer une sécurité alimentaire à long terme dans un contexte de limitation des ressources impose aux pouvoirs publics la recherche de stratégies permettant des solutions efficaces pour augmenter les rendements agricoles par une utilisation rationnelle de l'ensemble des ressources en eau du pays (celles qui coulent en surface ou celles renfermées dans les nappes souterraines).

Le recours à l'irrigation est dans la plupart des cas nécessaire pour garantir le maintien d'une production suffisante et se prémunir contre les aléas climatiques et sécuriser la production. L'agriculture irriguée doit produire plus de nourriture pour répondre à la croissance des besoins mais en utilisant moins d'eau, d'énergie et de capitaux. Aussi, l'utilisation rationnelle de l'eau en agriculture implique la connaissance des besoins en eau des cultures à travers la bonne évaluation des paramètres régissant les conditions du milieu et ceci en fonction des paramètres climatiques, édaphiques, culturales et autres liés à la parcelle.

Notre travail s'inscrit dans ce cadre global, il porte sur l'étude du périmètre d'irrigation du sous-secteur DR 21 Mitidja Centre à partir du barrage de Douera. L'objectif est d'amener l'eau d'irrigation nécessaire aux terres afin d'augmenter le rendement agricole par une meilleure gestion et utilisation des ressources en eau et ce, en adoptant un système d'irrigation moderne qui a imposé sa fiabilité, à savoir: l'irrigation sous pression. Cette technique présente de multiples avantages, comme l'efficacité de l'eau et l'obtention de rendements importants. Pour atteindre cet objectif, l'étude s'est attelée à rechercher :

- Le bon dimensionnement et calcul hydraulique des réseaux.
- la distribution adéquate des eaux d'irrigation dans le périmètre
- l'optimisation de la productivité et du rendement agricole

Ainsi, nous avons structuré notre travail en sept chapitres comme suit :

Introduction générale

- Le premier chapitre présente la zone d'étude (DR21) située dans la plaine Mitidja et ce, à travers les différentes conditions géographiques, pédologiques et climatiques.
- Le deuxième chapitre décrit le sol dans ses caractéristiques physiques et chimiques, les ressources en eau, la qualité et les caractéristiques des eaux d'irrigation, ainsi que les aptitudes culturales
- Le troisième chapitre tente de quantifier les besoins en eau des cultures.
- Le quatrième chapitre est consacré à l'étude d'adduction qui est nécessaire à une gestion efficace.
- Le cinquième chapitre porte sur le mode d'arrosage en présentant les différentes techniques d'irrigation utilisées.
- Le sixième chapitre traite du dimensionnement à la parcelle.
- Enfin, le septième chapitre est consacré au calcul technico économique et l'estimation du cout global du projet.

I- Présentation de la zone d'étude

I.1 Introduction

L'objectif de ce premier chapitre est La connaissance des différentes conditions géographiques, pédologiques, géologiques, et climatologiques de la zone d'étude, ce qui relève une grande importance puisque cela est directement lié aux choix à entreprendre par la suite.

I.2 Présentation de la plaine de Mitidja.

I.2.1 Localisation :

La Mitidja est une plaine alluviale du Nord Algérien qui s'étend sur une longueur de 90 km et une largeur variable de 8 à 18 km, elle couvre une superficie d'environ 150000ha.

Elle correspond aussi à une dépression allongée d'Ouest en Est. Elle est limitée à l'Ouest par l'Oued Nador et à l'Est par l'Oued Boudouaou et bordée par deux zones élevées : au Sud par les piémonts de la chaîne montagneuse de l'Atlas Blidéen et au Nord par le Sahel qui est une bande collinaire de quelques kilomètres de large qui borde la mer Méditerranée et sur laquelle est située la ville d'Alger

La plaine de Mitidja se caractérise par une longitude 2°32' 00" à 3°19'00" et une latitude 36°25'17" à 36° 47'40 ' N'. Enfin elle est répartie sur quatre Wilayas : Boumerdes, Alger, Blida, et Tipaza.



Figure I- 1 Plan de situation de la plaine de Mitidja. (source :hydroAmenagement unité mitidja centre)

I.2.3 Division en secteur de la plaine de Mitidja centre

Notre étude portera sur la Mitidja centre qui s'étend sur une longueur de 30km dans la partie centrale de la plaine, entre les Oueds Chiffa et Harrach. Sa superficie géographique est de 46 000 ha environ.

A son extrémité Nord-Est, la Mitidja centre s'étend jusqu'à la banlieue d'Alger dans la région de gué de Constantine. A l'intérieur de la zone la principale ville est Boufarik. Les principales voies de communication sont l'autoroute et le chemin de fer qui traversent la plaine entre Alger et Blida en passant par Boufarik.

Le plaine de la Mitidja centre est subdivisée en 2 grands périmètres :

- Périmètre de la Mitidja centre tranche I : qui contient 2 secteurs DR1 (3.332 ha) et DR2 (3.758 ha)
- Périmètre de la Mitidja centre tranche II : qui contient 2 secteurs DR3 (6550 ha) et DR4 (3540 ha).

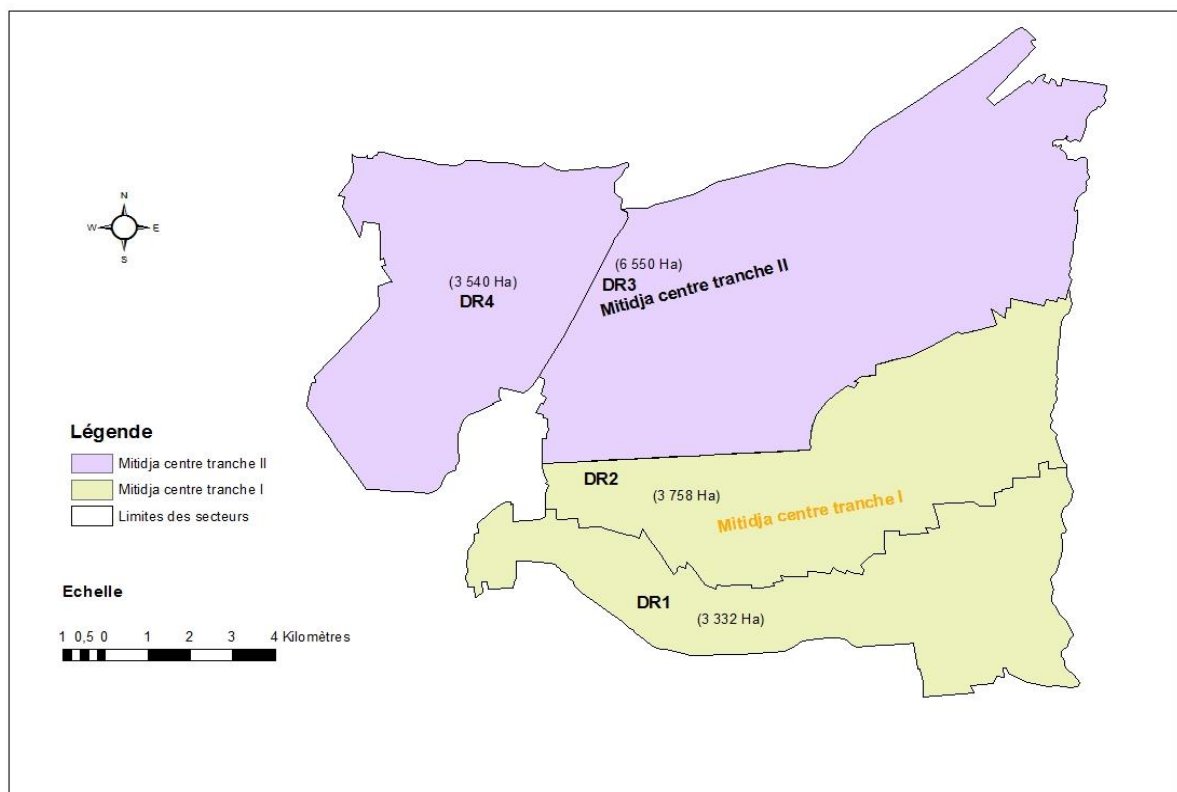


Figure I- 4 Limites des Secteurs de la Mitidja centre. (Source ONID)

I.2.4 Présentation du périmètre de la Mitidja centre tranche I

Le périmètre d'irrigation de la Mitidja centre tranche I est limité au sud par le périmètre de la Mitidja centre tranche II et au Nord par le Sahel, bande collinaire de quelques kilomètres de large qui borde la mer Méditerranée et sur laquelle est située la ville d'Alger. Il occupe les deux Wilaya d'Alger et Blida, et décomposé en deux secteurs DR1 et DR2 :

- **Secteur DR1** : d'une superficie de 3.332 ha est situé dans au Sud de la Wilaya de Blida à environ 50 km d'Alger
- **Secteur DR2** : d'une superficie de 3.758 ha est situé à l'Est de la Wilaya de Blida à environ 25 km d'Alger.

Il est limité par (05) communes à savoir :

Dans la partie nord : Chebli, Ouled Chebli et Boufarik, dans la partie sud : Soumaa et Bouinan .

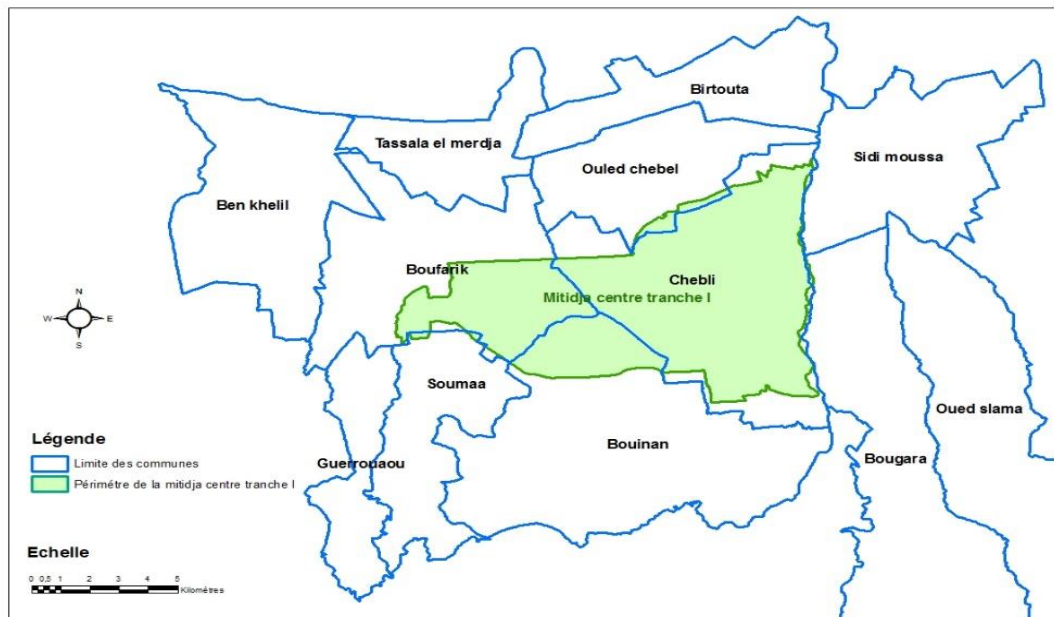


Figure I- 7 Limites du périmètre de la Mitidja centre tranche I (Source ONID).

I.3 Caractéristique de la région :

I.3.1 Géomorphologie et relief :

La plaine de la Mitidja est généralement plane et de pente faible. La Mitidja centre se trouve à une élévation comprise entre 20 et 100 m, mais des terres plus élevées se trouvent sur le cône de déjection de Blida qui atteint une élévation de 200 m. La pente générale du terrain diminue progressivement du Sud au Nord. Elle dépasse 1% sur le cône de Blida et près de la limite Sud autour de Bouinan. Elle diminue à moins de 0.5% dans la partie Nord de la zone et devient pratiquement nulle dans les bas-fonds des zones dépressionnaires, qui comprennent notamment le bassin du Mazafran dans le Nord-Ouest de la zone. (Hydro aménagement unité Mitidja Centre)

Du nord au sud de la région de la Mitidja, on peut définir trois unités géomorphologiques :

- **Le sahel :** il correspond à un ensemble de collines, formant la limite nord de la plaine de la Mitidja où l'altitude moyenne est de 200 mètres. La pente moyenne est de 4,5%, ce qui favorise les ruissellements des eaux et empêche de ce fait une grande partie à s'infiltrer.
- **La plaine de la Mitidja :** au sud du Sahel, s'étend la plaine de la Mitidja d'une superficie de 1450 km² orientée WSW – E.N.E. Elle est limitée par l'Atlas Blidéen au sud, son altitude moyenne varie de 50 à 100 mètres, la pente dans la plaine tend vers zéro, ce qui favorise l'infiltration des eaux, là où les conditions géologiques le permettent (formation de surface perméable).
- **L'Atlas :** la chaîne de l'Atlas forme sur 30 km environ une barrière continue où l'altitude moyenne est de 1400 mètres, certains sommets peuvent atteindre 1600 mètres. Les reliefs y sont escarpés et les oueds très encaissés, la pente atteint par endroits 30% ce qui favorise surtout l'écoulement superficiel.

La plaine offre sur le plan géomorphologique une assez grande homogénéité. Ce phénomène est lié à la nature subsidient de cette unité. Le paysage apparaît ainsi sous différents aspects.

I.3.2 Pédologie

La plaine de la Mitidja correspond à la zone la plus fertile, mais aussi la plus soumise aux exploitations et aux activités agricoles du nord de l'Algérie. D'après BENAMAR(1986), les sols de la Mitidja sont caractérisés par une texture limoneuse en surface et limono argileuse en profondeur.

En effet ces sols appartiennent à 4 classes, celles des sols peu évoluées, des sols a sesquioxydes de fer, des sols calcomagnésiques et des vertisols ; les sols peu évolués sont les plus étendus et ils recouvrent près de 75000 ha (**voir annexe 1**).

I.3.3 Géologie

La zone d'étude est une vaste plaine sublittoral formée au début du quaternaire (GLANGEAUD, 1932). ECREMENT .Niane(1971) a montré que la géologie est complexe et caractérisée par une dominance d'alluvions quaternaires.Niane(1977) « les grés, le calcaire, les argiles et les marnes sont les principaux matériaux présent en Mitidja

La structure géologique de la région des couches permet de distinguer âges et la nature lithologique des roches en deux étages :

- Un étage inférieur formé par le crétacé inférieur et le Miocène.
- Un étage supérieur formé par le pliocène marin, le pliocène continental et les dépôts quaternaires.

Le Miocène : ce sont des formations géologiques à faciès mixtes marin et continental et à multiples séries. Elles se manifestent à base de grès quartzeux, de conglomérats et des marnes rouges, blanches et à tripolis

Le Crétacé : il est à base de matériaux marneux et marno-calcaires riches en gypse s'alternant avec des roches gréseuses à faciès quartzeux.

I.3.4 Aptitude des terres de la Mitidja

Les sols de la Mitidja ont fait l'objet d'une évaluation de leurs aptitudes culturales par le bureau national des études du développement rural (BNEDER, 2000), qui donne les résultats suivants :

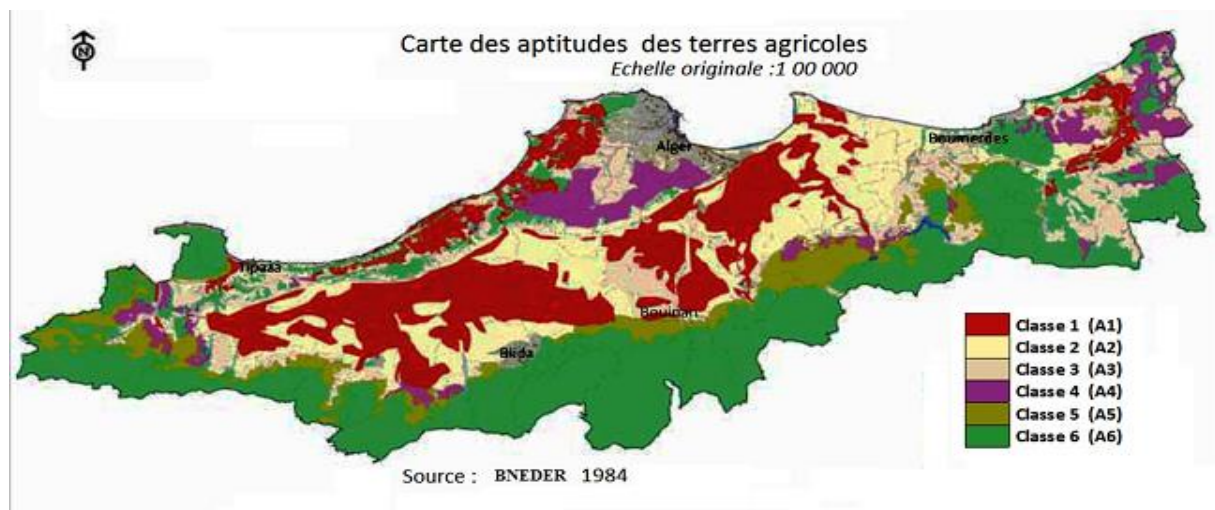


Figure I- 9 Carte des aptitudes des terres agricoles de la Mitidja

Classe A1 : Pentés de 0 à 3%, sols moyennement profonds irrigables représentent environ 83 400 ha.

Classe A2 : Pentés de 0 à 12%, sols moyennement profonds à profonds pouvant être irrigables, mais nécessitent parfois un drainage (sols hydro morphes) représentent environ 62 350 ha.

Classe A3 : Pentés de 12% à 25% ce sont des terres vallonnées moyennement profondes (collines et piémonts) l'irrigation n'est généralement pas possible, la superficie est estimée à 33 760 ha.

Classe A4 : pentés de plus de 25% et faible profondeur du sol, pas de possibilité d'irrigation, la superficie est de 20 450 ha.

Classe A5 : terres de piémonts et de basses montagne, la superficie est de 30 000 ha.

Classe A6 : terres forestières accidentées, la superficie est de 140 000 ha.

D'après cette classification on relève que pratiquement toute la Mitidja se situe en zone A1 et A2, c'est-à-dire qu'il s'agit de zones de pente nulle ou faible avec des sols moyennement profonds à profonds, irrigables mais qui nécessitent par endroits un drainage.

I.3.5 Le Climat

Le climat se définit comme étant l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état de l'atmosphère et de son évolution en un lieu donné.

Le climat est un facteur primordial qui conditionne la vie végétale ainsi que la production agricole. Tous les facteurs climatiques à savoir : température, vent, précipitation, l'humidité relative, nébulosité et l'évaporation influent sur les cultures envisagées dans leur cycle végétatif et sur leurs besoins en eau. De ce fait le climat est parmi les facteurs qui entrent dans le choix des cultures.

En général la plaine de la Mitidja est soumise à un climat de type méditerranéen caractérisé par des hivers frais et humides et des étés chauds et secs. (Source : <https://www.universalis.fr/encyclopedie>)

I.3.5.1) La pluviométrie

Les mois les plus humides sont décembre et janvier, tandis que les mois de mai à septembre sont en général secs.

La pluviométrie annuelle moyenne se situe autour de 700mm.

Les pluviométries moyennes mensuelles sur une période d'observation de 25 ans (1991 à 2014) à la station de Soumaa sont représentées sur le tableau suivant :

.Tableau I- 1 Pluies moyennes mensuelles (25 ans) - Source ANRH.

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
Pm (mm)	32,2	63,7	97,9	90,95	107,25	89,89	72,62	70,41	58,42	6,4	1,73	7,93	699,32

I.3.5.2) La Température

C'est un des facteurs qu'il ne faut pas négliger puisqu'il est à la base de l'évapotranspiration des cultures et donc directement lié au calcul de leurs besoins en eaux.

Les températures extrêmes et moyennes mesurées dans la station de Soumaa sur une période d'observation de 16 ans (1996 à 2012) sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau I- 2 Température extrême et moyennes mensuelles - Source ANRH.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
Tmin(°C)	7,5	7,7	9,5	11,1	14,1	17,5	19,9	21,5	19,2	15	11,7	9	13,64
Tmax(°C)	15,2	16,7	19,7	20,8	24,8	28,9	32,8	33,6	30,2	24,7	19,8	16,7	23,66
Tmoy(°C)	11.3	12,2	14,6	15.9	19,4	23,2	26,3	27,5	24,7	19,8	15,7	12,8	18,65

Avec : $T_{moy} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2}$

- La température maximale correspond au mois d’Août avec 27,5 °C, c’est le mois le plus chaud.
- La température minimale correspond au mois de Janvier avec 11,3°C, c’est le mois le plus froid.
- La température moyenne annuelle est de 18,65°C.

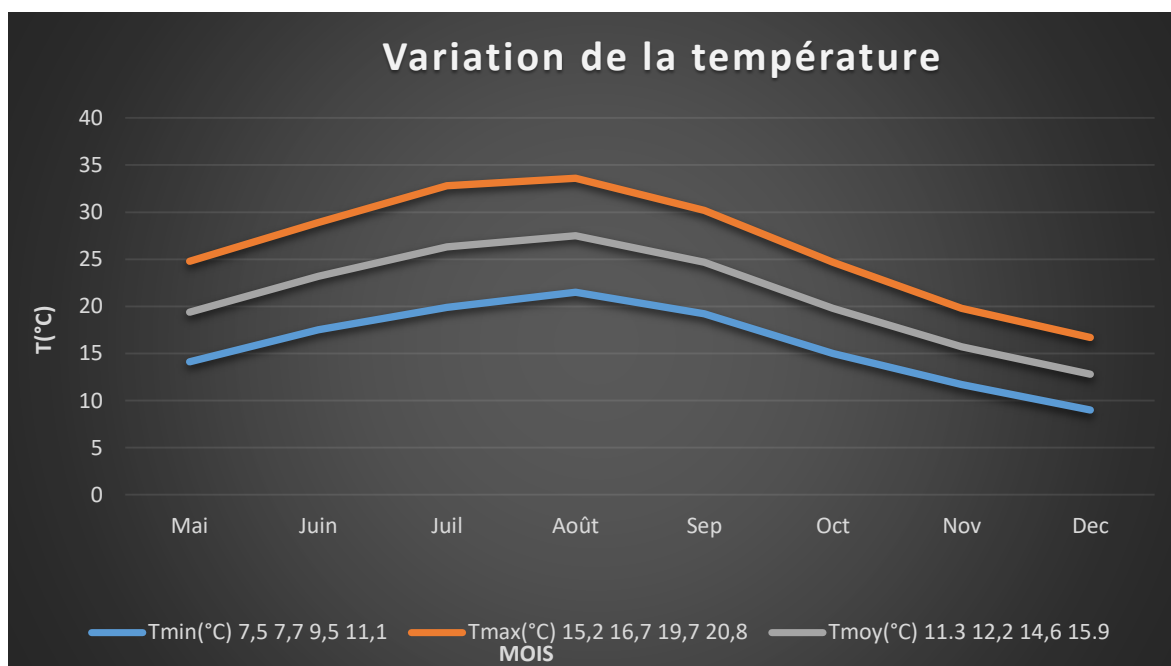


Figure I- 10 Variation de la température.

I.3.5.3) le vent

Le vent est un facteur destructif vu son influence directe sur les sols, la végétation et les autres facteurs telles que les précipitations et l'évapotranspiration. Il intervient aussi dans le choix de type d'irrigation. (aspersion ou gravitaire) ainsi que dans l'élaboration du système de protection des périmètres (réseau de brise-vent). (Doorenbos.J.Prulte.W.O 1983)

Les vents proviennent des directions suivantes :

N = 1,0%	N.E = 15,6%	N.W=5.9%	S = 3,1%
S.E = 1,6%	S.W = 10,2%	W = 18,6%	E = 5,6%

Les vitesses moyennes mensuelles sur une période de 17 ans (1996 à 2013) sont représentées sur le tableau suivant :

Tableau I- 3 Vitesses moyennes mensuelles des vents (17ans). Source : ANRH (Blida)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
V(m/s)	2.9	3.0	2.8	3.1	2.7	3.1	3.3	3.1	2.6	2.5	2.6	3.7

- La vitesse maximale est de 3,7 m/s, elle est observée au mois de Décembre.
- La vitesse minimale est de 2,5m/s, elle est observée au mois d'Octobre.

I.3.5.4)Evaporation

L'évaporation se traduit par la transformation de l'eau liquide en vapeur d'eau, elle dépend généralement de la température ambiante et des mouvements de l'air. (Doorenbos.J.Prulte.W.O1983)

L'évaporation moyenne mensuelle (mesurée à la station de Soumaa) sur une période de 16 ans (1996 à 2011) est représentée sur le tableau suivant :

Tableau I- 4 L'évaporation moyenne mensuelle (16ans). Source : ANRH Blida.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
Evapo (mm)	59	54	72	88	104	135	157	154	118	97	77	63	1178

L'évaporation est maximale dans le mois de Juillet, elle atteint 157mm.

I.3.5.5)Insolation

L'insolation est la période durant laquelle le soleil brille sur le sol, Elle dépend de la latitude, de l'époque de l'année, de l'exposition solaire et de la nébulosité, ce qui explique les variations des valeurs d'un site à l'autre. (Larousse)

Les valeurs de l'insolation moyenne mensuelle mesurée à Boufarik sur une période de 10 ans (2002 à 2011) sont représentées sur le tableau suivant :

Tableau I- 5 Insolation moyennes mensuelles (10ans). Source : ONM

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov	Déc
Insolation (heures)	4,43	6,00	7,09	7,65	9,66	10,12	11,29	10,58	9,29	7,07	5,32	4,09

I.3.5.6)La grêle :

La grêle un est phénomène qui se produit rarement de février a avril. On observe en moyenne une à deux averses de grêle dans l'année (source : service technique unité Mitidja Centre).

I.3.5.7)Humidité relative de l'air

L'humidité relative de l'air est un élément de cycle hydrologique qui contrôle l'évaporation du sol et le couvert végétal. (<https://www.universalis.fr/encyclopedie>)

L'humidité relative moyenne mensuelle est représentée dans le tableau suivant :

Tableau I- 6 Humidités relatives moyennes mensuelles (10ans). Source : ONM.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
Hr(%)	71	68	69	65	64	60	59	56	64	66	68	70	65

- Le mois le plus humide est le mois de Janvier avec 71%.
- Le mois le moins humide est le mois d'Août avec 56%.

I.3.5.8)Indices climatiques :

I.3.5.8.a) Indice d'aridité de Martonne :

C'est le degré de sécheresse du climat de la région.

-Il est calculé par la formule suivante :

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

Avec :

I_A : Indice climatique de Martonne.

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C).

Donc :

$$I_A = \frac{699,32}{18,65 + 10} = 24,409$$

$$I_A = 24.41$$

Tableau I- 7 : Les limites de climat d'après l'indice de Martonne (source ENSH).

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

$$I_A = 24.41 \text{ mm}$$

Donc $20 < I_A \leq 30$ ce qui correspond d'après les valeurs du tableau au climat « relativement humide » d'où l'irrigation est parfois utile.

I.3.5.8.b) Quotient pluviométrique d'Emberger

Il permet de déterminer l'étage bioclimatique et la valeur du coefficient pluviométrique en utilisant la formule et le diagramme bioclimatique d'Emberger.

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

Avec :

Q : coefficient pluviométrique d'Emberger.

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

M : Température moyenne maximale du mois le plus chaud en Kelvin.

m : Température moyenne minimale du mois le plus froid en Kelvin.

$$M = 273 + 33,6 = 306,6 \text{ K}$$

$$m = 273 + 7,5 = 280,5 \text{ K}$$

$$\text{D'où : } Q = 2000 \frac{699.32}{(306,6)^2 - (280,5)^2} = 91.27$$

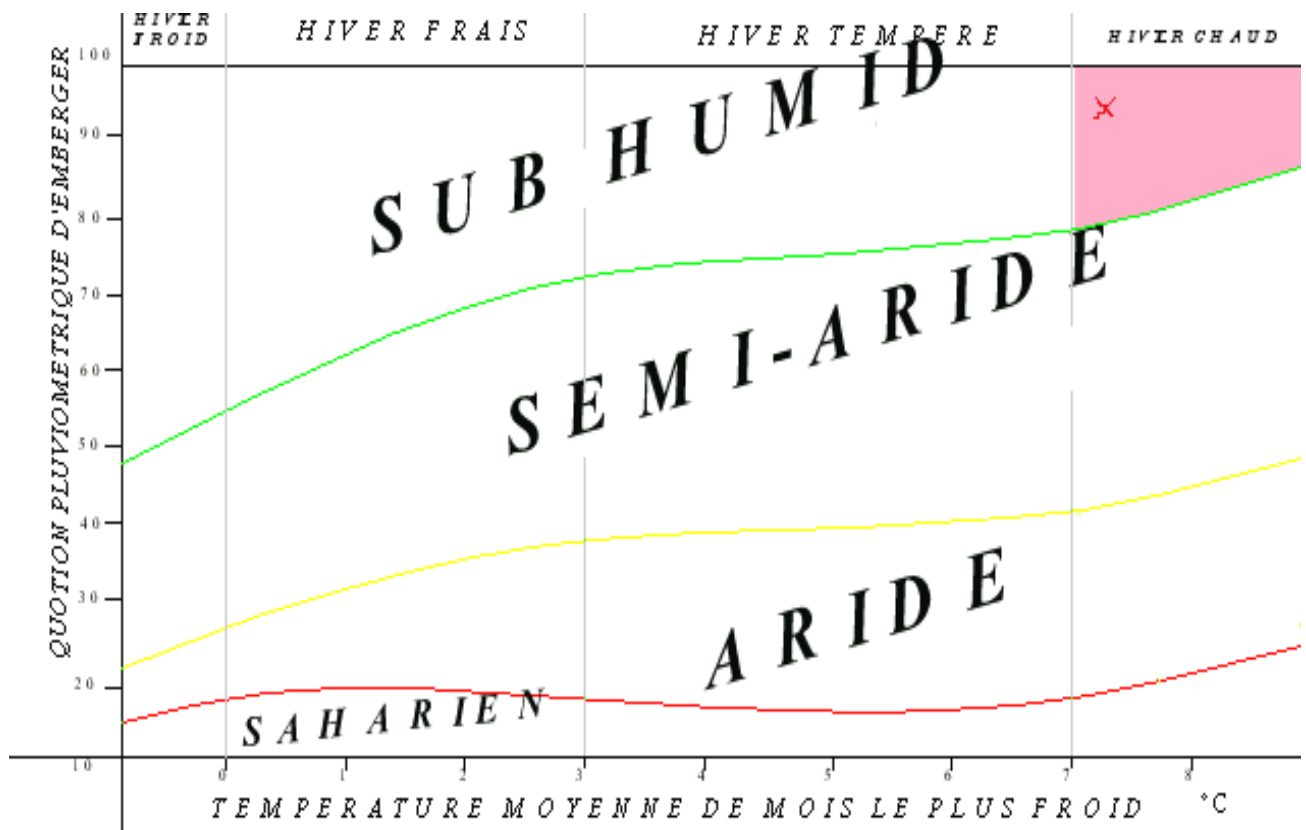


Figure I- 11 diagramme bioclimatique d'EMBERGER

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

- L'étage bioclimatique : sub-humide
- Sous étage : hiver chaud

I.3.5.8.c) Climogramme de Gaussen

Le Climogramme de Gaussen est une représentation graphique de variation de précipitation et de température en fonction du temps (mois) qui nous permet de déterminer la période où l'irrigation est indispensable (période sèche).

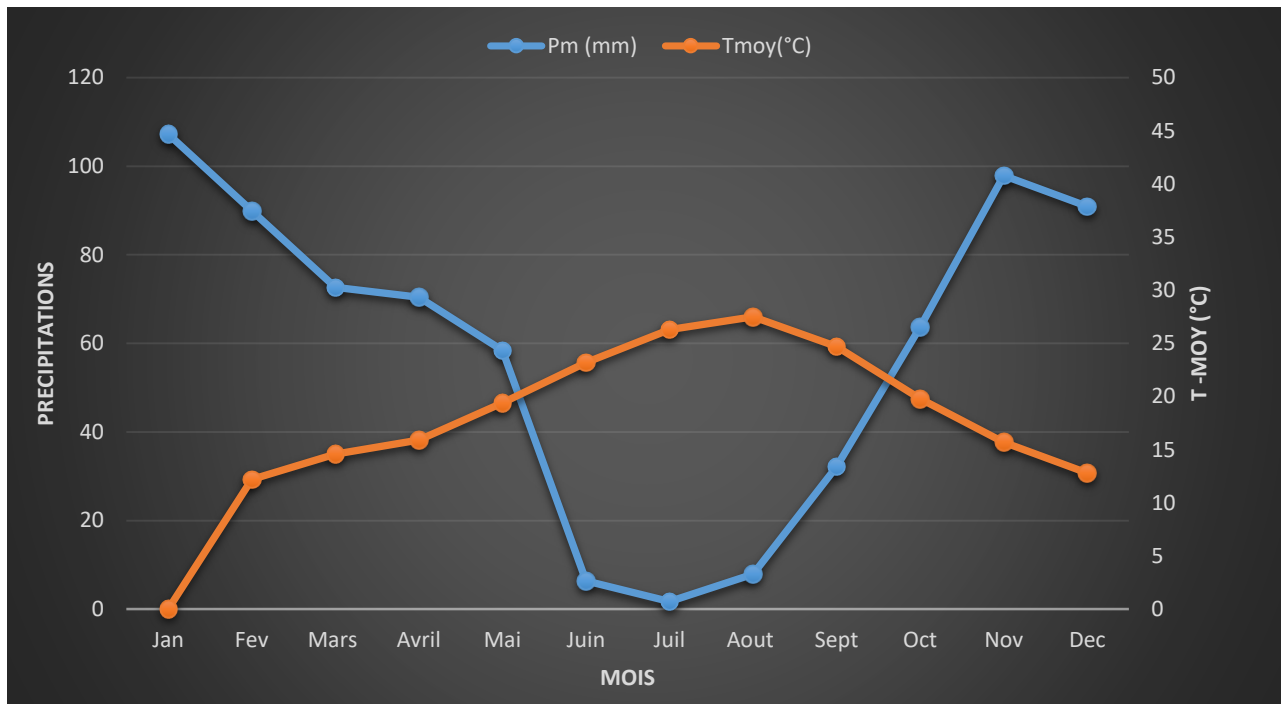


Figure I- 12 Climogramme de Gaussen

Dans notre cas, la période sèche commence du mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre.

I.3.5.9) Réseau hydrographique

La plaine de la Mitidja est traversée par plusieurs Oueds nés dans l'Atlas traversent la plaine du Sud au Nord, franchissent la Sahel par des cluses. Parmi les Oueds, les plus importants, nous citons : l'Oued Mazafran, l'Oued Nador, l'Oued EL-Harrach, l'Oued Hamiz et l'oued Reghaia. Il est à noter que l'Oued Mazafran est le plus important de la Mitidja, formé de la réunion des oueds Djer-Bouroumi et Chiffa.

I.3.5.10) Occupation du sol

L'arboriculture est très importante dans la Mitidja centre ou, elle occupe un peu plus de 50% de la superficie agricole. Elle est concentrée surtout sur la bande centrale de la plaine le long de l'axe Oued el Alleug – Boufarik – Chebli et Bouinan. Traditionnellement, les agrumes sont prédominants dans cette région.

I.3.5.11) Aspects fonciers et modes de faire valoir

Sur l'ensemble de la zone de la Mitidja, environ 80% de la superficie agricole est en secteur public et 20 % en secteur privé. Le secteur public est réparti en Exploitations Agricoles Collectives (EAC) dont le droit d'usage est cédé à un groupe d'exploitants et en Exploitations Agricoles Individuelles (EAI) dont le droit d'usage est cédé à des individus. Le droit de propriété est conservé par l'Etat.

Tableau I- 8 Répartition de la superficie de Mitidja centre tranche I par statut juridique.

Désignation	DR1	DR2
SAU brute		
EAC	2912	3182
Privé/EAI	103	422
Autre¹	317	155
Total	3332	3758
SAU nette²		
EAC	2679	2927
Privé/EAI	91	371
Autre	292	143
Total	3062	3441

Note :

1. Ferme pilote, station expérimentale, terre communale.
2. En appliquant les coefficients suivants (SAU nette/ SAU brute) :
 EAC/ ferme pilote / stations expérimentales : 0.92.
 Privé / EAI : 0.88.

I.4 Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons dégagé les principales caractéristiques de notre région d'étude.

D'après les analyses, il ressort que la zone d'étude est une zone fertile propice au développement arboricole et jouit d'un climat sub-humide avec un régime pluviométrique variable en volume et réparti dans le temps. L'année est caractérisée par des hivers chauds, la période pluvieuse commence dès le mois de Décembre pour se terminer au mois d'Avril, l'irrigation est indispensable à partir de ce mois d'Avril jusqu'au mois d'Octobre.

II-Ressource en sol

II.1 Introduction

Dans ce chapitre on détermine les caractéristiques physiques du sol de la zone d'étude ainsi que les ressources en eau et la qualité des eaux.

Ces facteurs sont très importants pour le calcul des besoins en eau et le dimensionnement du réseau de distribution.

II.2 Etude pédologique

La pédologie est la science qui étudie la formation et l'évolution d'un sol sous l'action du milieu, du climat, de l'activité biologique, et de la végétation.

L'étude pédologique est un facteur primordial pour prendre en compte la nature et la distribution des caractéristiques et des contraintes relevant des sols.

C'est grâce à la pédologie que l'on peut connaître précisément les contraintes et les atouts des sols « aptitudes des sols aux cultures, fertilité naturelle » en plus des facteurs climatiques permettant de raisonner certains aménagements afin de préserver l'équilibre écologique.

Dans le cas de l'irrigation, plusieurs caractéristiques doivent être prises en considération, on peut citer notamment:

- La profondeur du sol qui commande l'épaisseur des couches accessibles aux racines et par suite la réserve en eau disponible.
- La texture ou granulométrie de la terre fine et la charge caillouteuse qui joue sur la rétention de l'eau.
- La structure et la porosité des horizons qui commandent la perméabilité du milieu et globalement, la plus ou moins grande facilité de conduite des arrosages.
- Les caractéristiques chimiques (PH, CE, SAR) qui influent sur les possibilités culturales de la zone à irriguer.
- La bonne connaissance des sols permet le bon choix des cultures.

II.2.1 Le but de l'étude pédologique.

Toute pédologie d'un sol permet d'évaluer sa capacité à assurer un bon développement végétatif des cultures envisagées et à valoriser économiquement l'investissement. Estimer le degré de contribution des sols du périmètre à l'alimentation hydrique des plantes à irriguer. A choisir les techniques d'arrosage les plus adaptées aux conditions du sol et de culture (aspersion, goutte à goutte, submersion). Les aptitudes culturales sont appréciées en confrontant les exigences des productions possibles.

Fixer les règles à respecter pour une conduite des arrosages dans le système (sol-culture) pratiqué, nécessite une connaissance approfondie des sols à l'échelle de la parcelle d'exploitation agricole. Il s'agit en effet pour l'irrigant d'économiser l'eau et d'adapter les apports aux besoins de la plante. Mais il faut aussi protéger les eaux des nappes phréatiques et du réseau hydrographique contre les risques de pollution.

II.2.2 Classification des sols de la Mitidja Centre

Selon la classification (CPCS), les sols de la plaine de la Mitidja se rangent essentiellement dans 2 classes : sols à sesquioxydes de fer, et les sols hydromorphes.

- Sols à sesquioxydes de fer

Les sols de cette classe sont formés sous un climat de type méditerranéen. Ils sont représentés en Mitidja par les sols rouges. De profil A B C, ils sont très vivement colorés et développés sur les matériaux rubéfiés du soltanien. Ils couvrent une superficie importante.

- Sols hydromorphes

Ce sont des sols dont les caractères sont liés à une évolution dominée par l'effet d'un excès d'eau, cet excès d'eau peut être dû, soit à la présence ou à la montée de la nappe phréatique, soit au manque d'infiltration des eaux de pluie.

II.3 Les caractéristiques physiques des sols

Le sol est caractérisé par un certain nombre de paramètres physiques mesurables. Les valeurs de ces paramètres sont généralement en fonction à la fois de la structure et de la texture du sol.

II.3.1 Description du profil pédologique :

Le point d'implantation du profil au niveau de la parcelle est prélevé au 13 Avril 2012.

La profondeur du profil dépend des caractéristiques des sols observés sur site, quant à la profondeur des horizons est fonction du changement de la couleur.

La classification et la caractérisation du sol résultante de l'étude des différentes caractéristiques physico-chimiques et hydrodynamique du profil à savoir:

Structure, texture, solution du sol ...

Horizon A: 0-30 cm

Horizon B: 30-60 cm

Horizon c: 60-90 cm

Couleur:

Horizon A: 7.5 YR 5/2

Horizon B: 7.5 YR 6/6

Horizon C: 7.5 YR 6/2

II.3.2 Etude granulométrique

L'étude granulométrique nous permet de connaître la texture du sol. La texture du sol est sa composition en différents éléments, le triangle textural nous permet de la déterminer, en connaissant les pourcentages des éléments fins et grossiers qui constituent ce sol, les analyses granulométriques du profil pédologique sont présentées sur le tableau suivant :

Tableau II- 1 Analyse granulométrique du profil pédologique (ANRH)

Profondeur (cm)	Argile	Limon	Sable	Texture
0-30	32.54	42.61	24.85	Limono – argilo- sableux
30-60	11.64	32.09	56.3	Sablo- limono- argilo
60-90	31.26	48.51	20.23	Limono- argilo- sableux

D'après le tableau, on peut dire que notre sol à une texture limono- argileuse, et on confirme ce résultat sur le triangle de texture, il est pauvre en matières organiques, ces agrégats sont facilement détruits par l'irrigation.

II.3.3 Propriétés physique de notre sol :

Ce tableau représente les différentes propriétés physiques de notre sol sur différente profondeur :

Tableau II- 2 Propriétés physiques de notre sol. (Source ANRH)

Profondeur (cm)	0-30	30-60	60-90
Densité réelle	2.5	2.31	2.5
Densité apparente	1.41	1.25	1.4
Porosité	44	46	44
La vitesse d'infiltration (m/s)	7.10^{-6}	$5.08.10^{-6}$	7.10^{-6}

- D'après la vitesse d'infiltration, on remarque que notre sol est perméable.

II.4 Les caractéristiques chimiques des sols

II.4.1 Le PH eau

Lors d'une irrigation ou une pluie, les ions H^+ contenus dans le sol se trouvent à l'état dissocié. Ils sont libérés dans la solution du sol et augmentent sa concentration. L'acidité correspondant à cette concentration définit le PH eau. (https://fr.wikipedia.org/wiki/Potentiel_hydrogène).

Tableau II- 3 Caractéristiques chimiques du sol. (ANRH)

Profondeur (cm)	Propriétés chimiques du sol		
	PH eau	PH Kcl	CE (μ S/cm)
0-30	8.50	7.61	150
30-60	8.68	7.70	83
60-90	8.21	7.38	48.5

II.4.2 Analyse des paramètres hydrodynamique

A l'aide du résultat de l'analyse granulométrique de notre sol de la parcelle d'étude, les propriétés hydrodynamiques sont représentées sur le tableau suivant :

Tableau II- 4 Propriétés hydrodynamiques du profil pédologique. (Source ANRH)

Caractéristiques	Hcc (%)	H _{PF} (%)	Porosité (%)	Hcc- H _{PF} (%)	RU mm/m
Horizon (cm)					
0-30	22	12	44	12	140
30-60	18	10	42	8	120
60-90	22	12	44	12	140

H_{PF}: Humidité au point de flétrissement

Hcc: Humidité à la capacité au champ

Hcc- H_{PF} : Humidité disponible

RU: Réserve utile.

II.5 Ressource en eau et Qualité des eaux d'irrigation

II.5.1 Ressource en eau

L'alimentation de la Mitidja centre est assurée en partie par les ressources en eaux du Barrage Douera et en partie par les eaux souterraines.

II.5.1.1) Le barrage de Douera

Le Barrage de Douera est situé dans la vallée de l'oued Ben Amar à environ 2,5 Km au sud-ouest de la ville de Douera. Le remplissage du Barrage est assuré par deux transferts :

- Le transfert Harrach-Douera.
- Le transfert Mazafran-Douera.

Le périmètre irrigué à partir du Barrage de Douera concerne une superficie de 17 180 ha, située dans la partie Est de la Mitidja centre.

Il aura comme caractéristique :

- Niveau normal de la retenue : 148 m NGA ;
- Niveau minimum d'exploitation : 100m NGA ;
- Volume utile : 110 hm³.

II.5.1.2) Les eaux souterraines

Le périmètre irrigué à partir des eaux souterraines concerne le reste de la Mitidja centre qui représente une superficie totale de 15 800 ha.

L'irrigation par des eaux souterraines est basée sur des forages individuels au niveau des exploitations, plutôt que par des réseaux collectifs alimentés par des champs de captage.

II.5.2 Qualité des eaux d'irrigation

La qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation est un paramètre essentiel pour le rendement des cultures, le maintien de la productivité du sol et la protection de l'environnement. Ainsi, les propriétés physiques et chimiques du sol, telles que sa structure et sa perméabilité, sont très sensibles au type d'ions potentiellement échangeables présents dans les eaux d'irrigation.

La qualité de l'eau d'irrigation peut être mieux déterminée par une analyse chimique au laboratoire. Les facteurs les plus importants pour déterminer la qualité requise de l'eau dans l'agriculture sont les suivants:

- PH
- Salinité
- Conductivité électrique
- Degré d'Adsorption du Sodium ou (SAR).

II.5.2.1) La salinité

La salinité caractérise la teneur en sel dans l'eau d'irrigation

L'excès de teneur en sel est l'un des soucis principaux avec l'eau utilisée pour l'irrigation. Une concentration élevée en sel dans l'eau ou dans les sols affectera négativement le rendement des récoltes, provoquera une dégradation des sols et une pollution des eaux souterraines.

L'utilisation d'une eau salée pour l'irrigation dépendra de plusieurs facteurs:

- La tolérance en sel de la récolte
- Les caractéristiques du sol sous l'irrigation Les conditions climatiques.

- Les procédures de gestion des sols et de l'eau.

En général, l'eau utilisée pour l'irrigation doit avoir un degré faible ou moyen de salinité.

(<https://www.consoglobe.com/salinisation-des-sols-cg>)

II.5.2.2) La conductivité électrique

La conductivité électrique (CE) mesurée à 25°C est exprimée en mmhos/cm et prend compte de la salinité globale des eaux.

-Quatre classes de risque salin ont été définies :

- C1 : Risque faible $CE \leq 0,25$.
- C2 : Risque moyen $0,25 < CE \leq 0,75$.
- C3 : Risque élevé $0,75 < CE \leq 2,25$.
- C4 : Risque très élevé $CE > 2,25$.

*CE (ds/m).

II.5.2.3) Le coefficient d'adsorption du sodium S.A.R

Si l'eau est riche en sodium celui-ci peut se fixer sur le complexe du sol et exercer alors une action défloculante, pour apprécier le risque alcalin, on compare la concentration en ion Na^+ , celle en ion Ca^{++} et Mg^{++} avec Na^+ , Ca^{++} et Mg^{++} en meq/l

Quatre classes de risque alcalin ont été définies, en relation avec le risque salin :

- S1 : Risque faible $S.A.R \leq 10$.
- S2 : Risque moyen $10 < S.A.R \leq 18$.
- S3 : Risque élevé $18 < S.A.R \leq 26$.
- S4 : Risque très élevé $S.A.R > 26$

II.5.3 Caractéristique des eaux d'irrigation

Notre zone d'étude est irriguée à partir du Barrage Douera qui est alimenté par l'oued el Harrach.

Les résultats des analyses des eaux d'irrigation d'oued Harrach faites par le laboratoire de l'ANRH sont représentés dans le tableau suivant :

$$S.A.R = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

Tableau II- 5 Caractéristiques des eaux d'irrigation.

Année	Mois	Calcium (mg/l)	Magnésium (mg/l)	Sodium (mg/l)	Potassium (mg/l)	pH	CE (uS/cm)	SAR
2012	juillet	68	37	200	2	8,2	420	4.8
2011	Août	98	43	200	4	8,1	560	4.2

2010	Août	84	45	142	3	8.6	571	3.09
2009	Novembre	140	82	520	4	8.3	421	8.60

D'après les résultats des analyses des eaux d'oued Harrach le SAR est inférieure à 10, la conductivité électrique est entre 0.25 ds/m et 0.75ds/m, donc l'eau est classée dans la classe C2 SI d'après le Diagramme de classification des eaux d'irrigation (**Annexe 02**)

II.5.3.1) Classification de l'eau d'irrigation selon l'U.S.S. L (1954)

C'est la classification la plus utilisée en ce qui concerne l'irrigation proposée par laboratoire de Riverside (RICHARD 1954), elle est basée sur :

Selon la salinité et le risque d'alcalinisation des eaux destinés à l'irrigation. C'est-à-dire :

- La conductivité électrique exprimée en CE (mmhos/cm)
- Le SAR (% de Na échangeable)

D'après le diagramme de Riverside : les eaux d'oued Harrach sont de classe **C2S1** ce qui veut dire que l'irrigation avec cette eau est possible sans aucune nuisance sur le sol ou les plantes puisque l'alcalinité est faible et le risque de salinité est moyen donc un léger lessivage est à effectuer.

II.6 Les aptitudes culturelles

Le choix des cultures se fait selon plusieurs facteurs qui sont :

II.6.1 Climat

La plante a des exigences climatiques telles que la quantité de chaleur nécessaire pour accomplir son cycle, températures critiques, minimales et optimales, besoins en eau et périodes critiques

II.6.2 Sol

Les caractéristiques des sols ont une importance pour le choix des cultures, telle que la structure, le PH et la profondeur de la nappe.

II.6.3 Choix des cultures

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

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

D'après les résultats apportés sur notre zone d'étude on peut dire que notre secteur convient donc aux cultures suivantes :

- Les cultures maraîchères ; tomates, pomme de terre, poivron, pastèque, courgette, carotte.... etc. ;
- Les cultures fourragères : Mais, luzerne, bersim, blé ... etc. ;
- Les cultures industrielles : betterave, tabac, tomate industrielle... .etc. ;
- Les arboricultures : agrumes, vigne, olivier etc.

II.6.4 Les cultures mises en place :

L'arboriculture est la culture dominante dans le secteur DR21 elle occupe presque la totalité de la surface de secteur. Soit 63% de cette surface est occupée par les agrumes (l'oranger, citronnier et clémentine) et le reste par le pêcher, l'abricotier et le prunier.

La répartition des cultures en fonction de la surface est représentée dans le tableau suivant

Tableau II- 6 Répartition des cultures du secteur DR21 (source ONID exploitation)

Les cultures	La surface occupée (ha)	Pourcentage %
Agrumes	620.55	63
Pêchers	167.45	17
Abricotiers	118.2	12
prunier	29.55	3
vigne	49.25	5

II.7 Conclusion :

Selon l'étude pédologique sur la région de Mitidja, on a déterminé le type du sol de notre secteur DR 21, et selon les analyses de la qualité des eaux du barrage faites par le laboratoire d'ANRH on conclue que notre zone d'étude est propice à l'irrigation avec un bon rendement, de ce fait on a déterminé les cultures répondant à l'aptitude culturale du sol.

III- Besoins en eau des cultures

III.1 Introduction

Ce chapitre a pour objectif de quantifier les besoins en eau des cultures sur la base des informations définies auparavant, conditionnant la conception de notre projet tels que : les conditions climatiques, systèmes agronomiques, l'intensité culturale, potentialités des sols, l'eau disponible, et méthodes d'irrigation.

III.2 Traitement des données pluviométriques

Afin d'estimer le déficit des précipitations pour les besoins en eau d'irrigation, une analyse statistique doit être faite sur la base des enregistrements pluviométriques effectués sur une longue période.

Cette étude porte sur :

- Détermination de l'année de calcul.
- L'homogénéisation des séries pluviométriques.
- L'étude fréquentielle des séries pluviométriques par des lois statistiques.

III.2.1 Présentation de la série pluviométrique :

Les pluviométries moyennes mensuelles sur une période d'observation de 25 ans (1991 à 2014) à la station de Soumaa sont représentés sur le tableau suivant :

Code station : 021234
Nom station : SOUMAA
X : 517.45
Y : 355.9
Z : 177

*Figure III- 1 coordonnée géographique station
SOUMAA*

Tableau III- 1 Série pluviométrique de la station de Soumaa

Année	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1990	10,2	53,9	82,9	115,9	96,6	117	88	23,3	45,7	3,3	0	2,4	639,2
1991	3,8	237,2	33,1	15,8	216,8	24,7	107,6	91,6	103	3,3	1,1	1	839
1992	32,6	40,8	134,4	30,3	156,6	66,8	1,4	59,9	1,8	0	0	0	524,6
1993	87,9	123,7	48,5	61	182,9	202,9	132,7	21,5	0	18,9	0	24,5	904,5
1994	36,2	21,3	48,5	46,4	118,6	203,4	58	292,4	25,3	4,5	4,1	0,8	859,5
1995	33,3	67,8	14,9	47,9	41,8	32	7,6	104,6	23,4	1,6	2,6	18,5	396
1996	51,8	88,7	156,5	110,9	34,3	62,5	49,7	79,4	237,2	0,8	0	18,1	889,9
1997	22,8	37,2	103,5	48,4	158,2	98,9	65,9	10,7	1,3	2	0	0,6	549,5
1998	25,2	10	116	202,1	11,2	6,4	20,6	42,9	50,8	0	0	4,2	489,4
1999	10,1	85,9	131,3	49,3	197,1	57,1	0,7	53,1	23,8	0,5	0	0	608,9
2000	28,7	14	69,6	71	63,8	42,1	74,6	58,3	32,1	0,7	17,4	15,5	487,8
2001	20,1	41,7	194,8	140,4	213,5	160,7	22,2	99,4	62,1	0,3	0,8	1,8	957,8
2002	33,4	35	83,9	118	109,1	58,5	84,3	72,7	164,1	4,6	6,5	3,7	773,8
2003	11,8	43,3	95,4	170,4	94,2	128,4	58,2	40,6	5,6	1,9	0	2,4	652,2
2004	49,5	69,7	84,8	101	168,1	101,1	25,2	9,1	150,3	0	0	2	760,8
2005	43,1	23,3	68	176,7	11,4	51,3	153,7	102,8	15,5	14,3	3,7	14,3	678,1
2006	64,9	100	177,1	70,2	24,3	29	74,2	24	63,6	4,3	3,4	1,8	636,8
2007	50,2	131,9	111,1	150,3	167,2	20,4	65,5	83,1	28,7	0,3	1,7	1,3	811,7
2008	86,2	8,9	100	130,8	67,2	92,1	122,8	53,3	30,8	20,9	0	35,8	748,8
2009	5,5	80,2	122,8	74,1	92,4	140,6	35,3	99,2	122,9	15,8	0	2	790,8
2010	11,9	85,1	85,3	68,8	52	220,6	132,4	152,8	34,4	0	0	24	867,3
2011	8,5	44,6	111,3	22,4	133,3	107,7	66,4	103,5	170,4	1,5	0,4	23,5	793,5
2012	12,2	16,2	148,3	95,7	74,7	63,4	109,9	2	14,4	51,5	0	0	588,3
2013	34,8	33,3	54,2	156	118,7	86,3	96,7	0	21,1	9	0	0	610,1
2014	30,2	98,7	71,3	0	77,3	73,4	162	80	32,1	0	1,5	0	626,5

III.2.2 Homogénéité de la série pluviométrique

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

- On divise la série complète en deux sous séries : x et y tel que : N_1 et N_2 , Représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement : $N_2 > N_1$.
- On constitue par la suite, la série x union y après avoir classé la série de pluie d’origine par ordre croissant. à ce stade, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang, tout en précisant à quels sous série elle appartient.

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

Avec :

$$W_{\min} < W_x < W_{\max} \quad \mathbf{W_x} = |\text{Rang}|_x \quad \mathbf{W_x} : \text{Somme des rangs de sous séries}$$

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

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

Tableau III- 2 Test de Wilcoxon pour la station de Soumaa.

série d'origine (mm)	série x	Séries-y	Union y par ordre croissant	Rang
639.2	639.2	773.8	396	1
839	839	652.2	487.8	2
524.6	524.6	760.8	89.4	3
904.5	904.5	678.8	524.6	4
859.5	859.5	636.8	549.5	5
396	396	811.7	588.3	6
889.9	889.9	748.8	608.9	7
549.5	549.5	790.8	610.1	8
489.4	489.4	867.3	625.6	9
608.9	608.9	793.5	636.8	10
487.8	487.8	588.3	639.2	11
957.8	957.8	610.1	652.2	12
773.8		625.6	678.1	13
652.2			748.8	14
760.8			760.8	15
678.8			773.8	16
636.8			790.8	17
811.7			793.5	18
748.8			811.7	19
790.8			839	20
867.3			859.5	21
793.5			867.3	22
588.3			889.9	23
610.1			904.5	24
625.6			957.8	25

- $W_x=146$
- $W_{min} =119.47$
- $W_{max}=192.53$.

$$W_{min} < W_x < W_{max} \Rightarrow 119.47 < 146 < 192.53.$$

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

III.2.3 Etude statistique des précipitations

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses, on utilise pour notre projet celle qui garantit le meilleur ajustement possible qui est la loi de Gauss ou loi Normale.

Les différentes étapes envisagées sont :

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant ou décroissant selon la fréquence au dépassement ou au non dépassement ;
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées ;
- Calculer la fréquence expérimentale par une formule empirique ;
- Calculer les caractéristiques empiriques de l'échantillon à savoir : moyenne, écart type ou coefficient de variation, coefficient d'asymétrie s'il existe ;
- Reporter les points sur papier à probabilité approprié à chaque loi ;
- Tracer la droite ou la courbe théorique appropriée ;
- Lire ou calculer la valeur extrême (quantile), c'est-à-dire la valeur correspondante à une probabilité donnée ;
- Tester l'adéquation de la loi d'ajustement ;
- Calculer l'intervalle de confiance en général à 95% sur les caractéristiques empiriques de l'échantillon et sur le ou les valeurs extrêmes ;
- Déterminer les valeurs mensuelles pour l'année sèche par la relation suivante :

$$P_{i\text{sec}} = P_{i\text{moy}} \times \frac{P_{\text{sec}}}{P_{\text{moy}}}$$

Dans laquelle :

- $P_{i\text{moy}}$: Pluie moyenne mensuelle pour le mois i ;
- $P_{i\text{sec}}$: Pluie mensuelle de l'année sèche pour le mois i ;
- P_{moy} : Pluie moyenne annuelle ;
- P_{sec} : Pluie annuelle à une probabilité de dépassement de 20%.

III.2.3.1) Choix de la loi de l'ajustement

III.2.3.1.a) Ajustement statistique des pluies

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

- Loi de Gauss ou loi normale
- Loi de Galton ou loi log-normale

Pour notre cas on choisit la loi normal vue qu'on a un cas non complexe qui nécessite pas la loi de log normal

III.2.3.1.b) Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale

Le procédé de calcul consiste à :

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Calculer la fréquence expérimentale (par la formule de Hazen par exemple).

$$U = \frac{X - \bar{X}}{\delta}$$

-Variable réduite de gauss : $U = \frac{X - \bar{X}}{\delta}$

-Calcul des caractéristiques empirique de loi (\bar{X} ; δ ; Cv ; $CS=0$).

-Calculer le coefficient de variation : $Cv = \frac{\delta}{\bar{x}}$

Le quantile de pluie pour une période de retour donnée est:

$$XP\% = \bar{X} + \delta * Up\%$$

Avec : $XP\%$: précipitation de probabilité $P\%$.

$Up\%$: variable réduit de Gauss.

\bar{X} : Moyenne arithmétique.

δ : Écart type

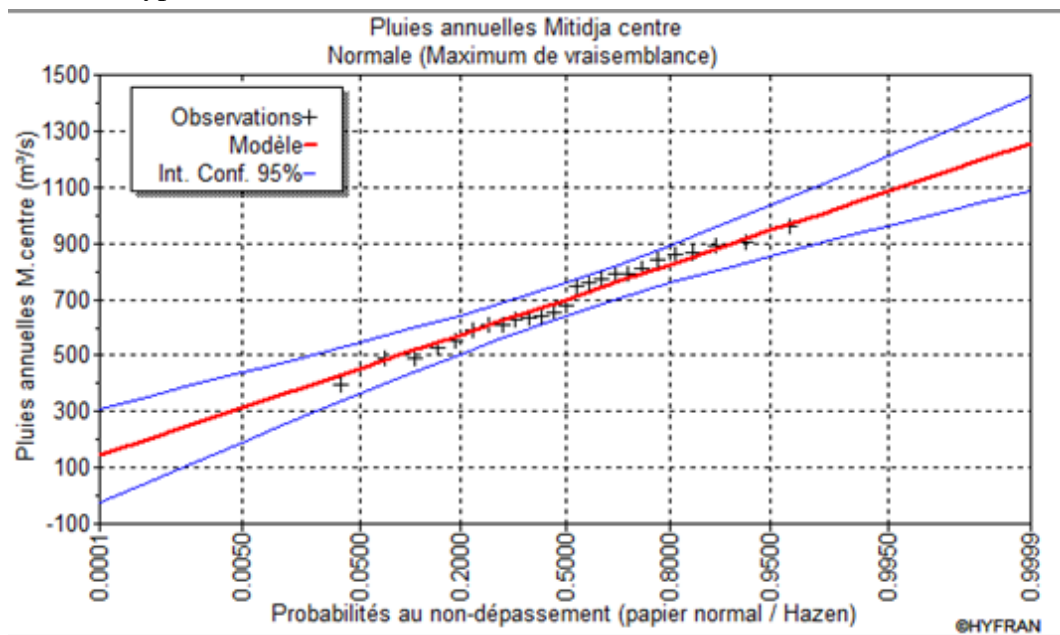


Figure III- 2 Ajustement de la série à la loi de GAUSS

III.2.3.1.c) Test d'adéquation a une loi

La loi choisie pour ajuster la distribution statistique de l'échantillon, ne représente qu'approximativement l'échantillon étudié, l'erreur commise en adoptant une loi donnée est une erreur d'adéquation. Il convient par conséquent de comparer l'adéquation de ces lois afin

d'adopter le meilleur ajustement. L'un des tests le plus employé, est le test du Khi carré (χ^2). Soit un échantillon de N valeurs, classées par ordre croissant ou décroissant à étudier, et pour lequel une loi de répartition F(X) a été déterminée : On divise cet échantillon en un certain nombre de classes K contenant chacune N_i valeurs expérimentales. Le nombre V_i est le nombre théorique de valeurs sur un échantillon de N valeurs affectées à la classe i par la loi de répartition, donnée par la relation suivante :

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

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

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

$$\lambda = K - 1 - P$$

Avec : **P** : Nombre de paramètres, dont dépend la loi de répartition (P=2).

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

Avec : χ^2 théorique = $g(\gamma, \alpha)$

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

Pour les calculs nous avons utilisé le logiciel HYFRAN.

Tableau III- 3 Test de validité des deux ajustements

Loi normale	Loi log normale
χ^2 calculé =2.72	χ^2 calculé=6.08
Degré de liberté $\gamma=4$.	Degré de liberté $\gamma=4$.
χ^2 théorique =13.28 $\alpha = 0.05$	

D'après le test de Khi carré, on déduit à nouveau qu'on n'a pas besoin de la loi log normale et que la loi normale présente un meilleur ajustement.

III.2.3.2) Calcul de la pluie efficace

Elle est définie comme la différence entre les précipitations et l'évapotranspiration réelle, et exprimée en mm. Les précipitations efficaces peuvent être calculées directement à partir des paramètres climatiques et de la réserve facilement utilisable (RFU). L'eau des précipitations efficaces est répartie, à la surface du sol, en deux fractions : le ruissellement* et l'infiltration. Et c'est la pluie effectivement retenue dans la zone racinaire.

Source: <http://www.glossaire.eaufrance.fr/concept/pluie-efficace>

Tableau III- 4 Quantiles de pluies de la station de Soumaa (Loi log normale)

T = 1/q	q = F(X) (probabilité au non-dépassement)				
	Fréquence	Quantile	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10	0.90	891	40.8	811	971
5	0.80	865	35	757	894
2	0.50	699	29.9	641	785
1.25	0.2	573	35	505	641

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

$$P_{\text{moy } 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} \times \frac{P_{\text{théorique (80\%) annuelle}}}{P_{\text{théorique (50\%) annuelle}}}$$

$$P_{\text{théorique de 80\%}} = 699 \text{ mm} \text{ et } P_{\text{théorique de 50\%}} = 865 \text{ mm},$$

$$\text{et } P_{\text{moy } 80\%} = 0.8 \times P_{\text{moy-mensuelle}}$$

Ou bien on utilise directement le logiciel CROPWAT 8.0

Tableau III- 5 Pluies efficaces calculées à l'aide du logiciel CROPWAT V 8 Land and Water Development Division of FAO.

Les calculs sont donnés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 dans le tableau suivant :

Station		Méthode Précipitations eff.	
Soumaa		Pourcentage fixé	
	Pluie	Pluie eff.	
	mm	mm	
Janvier	87.9	70.3	
Février	73.7	59.0	
Mars	59.5	47.6	
Avril	57.7	46.2	
Mai	47.9	38.3	
Juin	5.2	4.2	
Juillet	1.4	1.1	
Août	6.5	5.2	
Septembre	26.4	21.1	
Octobre	52.2	41.8	
Novembre	80.3	64.2	
Décembre	74.6	59.6	
Total	573.3	458.7	

III.2.4 Besoin en eau des cultures

Selon Doorenbos et Pruitt (1976) : « Le besoin en eau d'une culture est la quantité d'eau en mm, nécessaire pour compenser l'évapotranspiration d'une culture en bon état sanitaire, établit dans un champ de grande superficie, dans des conditions de sol non limitant du point de vue de la disponibilité de l'eau et de la fertilité, et conduisant au rendement cultural potentiel dans des conditions climatiques données».

III.2.4.1) L'évapotranspiration (E T)

On appelle évapotranspiration d'une culture la combinaison du phénomène physiologique de la transpiration et de celui, purement physique, de l'évaporation d'eau à la surface d'une feuille, et à la surface du sol sur lequel la culture est implantée. Comme pour la pluie, l'évapotranspiration d'une culture s'exprime en millimètres d'eau, c'est-à-dire en litres d'eau par mètre carré de surface du sol (Blaney 1953).

On distingue deux types d'évapotranspiration :

- Evapotranspiration potentielle ETP.
- Evapotranspiration réelle ETR.

III.2.4.2) L'évapotranspiration potentielle (ETP)

L'évapotranspiration potentielle représente la quantité d'eau évaporée, et transpirée par une végétation qui recouvre totalement le sol (Avers.SR).

Le calcul de l'évapotranspiration potentielle se fait soit à partir de stations (méthodes directes), soit à partir des données climatiques disponibles, soit par des méthodes empiriques.

a) Formule de Turc 1960 : basée sur la température et le rayonnement:

Pour le calcul de ETP mensuelles nous pouvons utiliser la formule de Turc donnée par :

$$ETP = 0,40 \times (I_g + 50) \times \frac{t}{(t + 15)} K$$

Avec :

ETP : Evapotranspiration mensuelle (mm).

T : Température moyenne mensuelle (°C).

I_g : Radiation globale mensuelle (cal/cm²/jour)

b) Formule de Blaney- Criddle 1959

Elle utilise des paramètres facilement accessibles et introduit des coefficients culturaux susceptibles d'ajustement aux données locales éventuelles. Le facteur f (en mm) de cette formule s'exprime comme suit :

$$f = (0,46 \times T + 8,13) \times P$$

T : (°C) est la température moyenne

P : le pourcentage de la durée d'éclairement pendant la période considérée.

c) Formule de Thornthwaite 1948

C'est une formule qui utilise un seul paramètre qui est la température :

$$ETP = 16 \left(\frac{10 \times t^a}{I} \right) \times K$$

t : est la température moyenne mensuelle (°C),

a : est fonction de l'indice thermique mensuel.

K : coefficient d'ajustement mensuel.

d) Formule Modifiée de Penman_Monteith:

La formule la plus employée aujourd'hui est la formule de Penman-Monteith modifiée :

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

Avec:

- ET_0 : évapotranspiration de référence [mm jour⁻¹],
- R_n : rayonnement net à la surface de la culture [MJ m⁻² jour⁻¹],
- G : densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m⁻² jour⁻¹],
- T : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [°C]
- u_2 : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s⁻¹],
- e_s : pression de vapeur saturante [kPa],
- e_a : pression de vapeur réelle [kPa],
- $e_s - e_a$: déficit de pression de vapeur saturante [kPa],
- D : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C⁻¹],
- g : constante psychrométrique [kPa °C⁻¹].

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET_0 calculés à l'aide du logiciel **CROPWAT V.8** sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau III- 6 Données obtenues à partir du logiciel CROPWAT V.8 Land and Water Development Division of FAO.

Pays		Station					
Algérie		Soumaa					
Altitude	Latitude	Longitude					
177 m.	36.00 °N	2.00 °E					
Mois	Temp Min	Temp Max	Humidité	Vent	Insolation	Ray.	ET_0
	°C	°C	%	m/s	heures	MJ/m ² /jour	mm/jour
Janvier	7.5	15.2	74	3.0	4.4	8.4	1.63
Février	7.7	16.7	70	3.1	6.0	12.0	2.20
Mars	9.5	19.7	71	2.9	7.1	16.1	2.90
Avril	11.1	20.8	66	3.1	7.7	19.5	3.76
Mai	14.1	24.8	65	2.8	9.7	23.8	4.77
Juin	17.5	28.9	61	3.0	10.1	25.0	5.80
Juillet	19.9	32.8	60	3.2	11.2	26.2	6.71
Août	21.5	33.6	57	3.1	10.5	23.9	6.61
Septembre	19.2	30.2	66	2.5	9.3	19.7	4.78
Octobre	15.0	24.7	69	2.3	7.1	13.9	3.10
Novembre	11.7	19.8	71	2.5	5.3	9.6	2.09
Décembre	9.0	16.7	73	3.7	4.1	7.5	1.86

Avec :

- **Température** : Les températures minimales et maximales mensuelles.
- **Humidité de l'air** : l'humidité relative de l'air exprimée en pourcentage (%).
- **Insolation journalière** : donnée en heures d'insolation.
- **Vitesse de vent** : La vitesse du vent peut être introduite en km/jour.

III.2.5 L'évaporation maximale de culture (ETM)

Elle exprime les besoins en eau des cultures suivant leur stade végétatif, Pour estimer l'évapotranspiration maximale (ETM) à partir de l'évapotranspiration de référence (ET_0),

(Westcot D.W 1983). on utilise les coefficients culturaux (K_c), dépendant du type de la culture et de son stade de développement et des conditions climatiques observées. Elle est donnée par la formule suivante :

$$ETM = K_c \times ETO$$

K_c : coefficient cultural

E_{t0} : évapotranspiration de référence.

Les valeurs du coefficient cultural (K_c) de chaque culture ont été ressorties, en fonction du stade végétatif de la plante ; de la force du vent et de la valeur moyenne de l'humidité moyenne minimale de l'air régnant au niveau de notre périmètre d'étude, à partir du bulletin « irrigation et drainage », F.A.O Nous présenterons dans le tableau ci-après les coefficients culturaux (K_c) des spéculations à envisager dans le périmètre :

Tableau III- 7: Coefficients culturaux (K_c) des cultures. (FAO Irrigation and Drainage Paper no. 2007).

Culture	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout
Agrumes	0.75	0.65	0.65	0.65	0.5	0.5	0.6	0.6	0.65	0.7	0.9	0.8
pêchers	0.73	0.6	0.58	0.51	0.5	0.6	0.6	0.63	0.65	0.71	0.8	0.76
Abricotiers	0.73	0.6	0.58	0.51	0.5	0.6	0.6	0.63	0.65	0.71	0.8	0.76
prunier	0.85	0.9	0.9	0.9	0.75	0.65	0.55	0.55	0.55	0.55	0.75	0.9
Vignes	0.65	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.65	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8

III.3 Calcul des Besoins en eaux d'irrigation

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

- **B** : besoin en eau d'irrigation (mm).
- **E.T.M** : évapotranspiration (mm/mois).
- **RFU** : La réserve facilement utilisable
- **Pe_{ff}** : pluie efficace.

III.3.1 La réserve facilement utilisable (RFU)

La réserve utile c'est la quantité d'eau contenue dans la tranche de sol explorée par les racines, entre le point de ressuage et le point de flétrissement. Mais les plantes ayant d'autant plus de mal à extraire l'eau que l'humidité qui s'approche du point de flétrissement, on considère donc la Réserve Facilement Utilisable (RFU).

On obtient donc :

$$\text{RFU} = (\text{Hcc} - \text{Hpf}) * \text{Y} * \text{Z} * \text{da}$$

Avec :

Y : degré de tarissement égal à 2/3

Da : densité apparente égal 1.4

Z : profondeur d'enracinement mm

Hcc : humidité à la capacité au champ, dans notre cas. On prend (27)

Hpf : humidité au point de flétrissement, dans notre cas. On prend (13)

Les valeurs de la RFU sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau III- 8 Les valeurs de la RFU.

Culture	Texture du sol	$h_{cc} - h_{pf}$ (mm)	Z	Y	RFU (mm)
Agrumes	argileux limoneuse	140	1.1	2/3	144
Pêchers	argileux limoneuse	140	1	2/3	130
Abricotiers	argileux limoneuse	140	1	2/3	130
Pruniers	argileux limoneuse	140	1.2	2/3	157
Vignes	argileux limoneuse	140	1.5	2/3	196

III.3.2 Calcul des besoins bruts

C'est le volume d'eau d'irrigation exprimé en mm/j, nécessaire en pratique (compris les pertes et les besoins de lessivage mais à l'exclusion de la contribution des autres ressources).

La formule employée est :

$$B_{brut} = B_{net} \times E_f$$

Avec :

- E_f : l'efficacité du réseau

La formule utilisée pour l'estimation de l'efficacité d'un réseau d'irrigation qui dépend, du transport et de l'uniformité de distribution.

Dans notre cas, on a considéré une efficacité globale de 1.1.

III.3.3 Détermination des Besoin en eaux des cultures

Les Besoins en eaux des cultures sont détaillés comme suit :

III.3.3.1) Estimation des besoins en eau des agrumes*Tableau III- 9 Estimation des besoins en eau des agrumes.*

Mois	ET0 mm/j	ET0 mm/mois	Pluie (mm)	Peff (mm)	Kc	ETM (mm/mois)	RFU	Besoins net (mm)
Sep	4,78	143,4	26,4	21,1	0,75	107,55	48	38,45
oct	3,1	96,1	52,2	41,8	0,65	62,465	72	-51,335
Nov	2,09	62,7	80,3	64,2	0,65	40,755	144	-167,445
Dec	1,86	57,66	74,6	59,6	0,65	37,479	144	-166,121
Jan	1,63	50,53	87,9	70,3	0,5	25,265	144	-189,035
Fev	2,2	61,6	73,7	59	0,5	30,8	144	-172,2
Mars	2,9	89,9	59,5	47,6	0,6	53,94	72	-65,66
Avr	3,76	112,8	57,7	46,2	0,6	67,68	72	-50,52
Mai	4,77	147,87	47,9	38,3	0,65	96,1155	48	9,8155
Juin	5,8	174	5,2	4,2	0,7	121,8	0	117,6
Juill	6,71	208,01	1,4	1,1	0,9	187,209	0	186,109
Aout	6,61	204,91	6,5	5,2	0,8	163,928	0	158,728

III.3.3.2) Estimation des besoins en eau des pêcheurs*Tableau III- 10. Estimation des besoins en eau des pêcheurs.*

Mois	ET0 mm/j	ET0 mm/mois	Pluie (mm)	Peff (mm)	Kc	ETM (mm/mois)	RFU	Besoins net (mm)
Sep	4,78	143,4	26,4	21,1	0,73	104,682	43,33	40,252
oct	3,1	96,1	52,2	41,8	0,6	57,66	65	-49,14
Nov	2,09	62,7	80,3	64,2	0,58	36,366	130	-157,834
Dec	1,86	57,66	74,6	59,6	0,51	29,4066	130	-160,1934
Jan	1,63	50,53	87,9	70,3	0,5	25,265	130	-175,035
Fev	2,2	61,6	73,7	59	0,6	36,96	130	-152,04
Mars	2,9	89,9	59,5	47,6	0,6	53,94	65	-58,66
Avr	3,76	112,8	57,7	46,2	0,63	71,064	43,33	-18,466
Mai	4,77	147,87	47,9	38,3	0,65	96,1155	43,33	14,4855
Juin	5,8	174	5,2	4,2	0,71	123,54	0	119,34
Juill	6,71	208,01	1,4	1,1	0,8	166,408	0	165,308
Aout	6,61	204,91	6,5	5,2	0,76	155,7316	0	150,5316

III.3.3.3) Estimation des besoins en eau des abricotiers*Tableau III- 11 Estimation des besoins en eau des abricotiers.*

Mois	ET0 mm/j	ET0 mm/mois	Pluie (mm)	Peff (mm)	Kc	ETM (mm/mois)	RFU	Besoins net (mm)
Sep	4,78	143,4	26,4	21,1	0,73	104,682	43,33	40,252
oct	3,1	96,1	52,2	41,8	0,6	57,66	65	-49,14
Nov	2,09	62,7	80,3	64,2	0,58	36,366	130	-157,834
Dec	1,86	57,66	74,6	59,6	0,51	29,4066	130	-160,1934
Jan	1,63	50,53	87,9	70,3	0,5	25,265	130	-175,035
Fev	2,2	61,6	73,7	59	0,6	36,96	130	-152,04
Mars	2,9	89,9	59,5	47,6	0,6	53,94	65	-58,66
Avr	3,76	112,8	57,7	46,2	0,63	71,064	43,33	-18,466
Mai	4,77	147,87	47,9	38,3	0,65	96,1155	43,33	14,4855
Juin	5,8	174	5,2	4,2	0,71	123,54	0	119,34
Juill	6,71	208,01	1,4	1,1	0,8	166,408	0	165,308
Aout	6,61	204,91	6,5	5,2	0,76	155,7316	0	150,5316

III.3.3.4) Estimation des besoins en eau des pruniers*Tableau III- 12 Estimation des besoins en eau des pruniers.*

Mois	ET0 mm/j	ET0 mm/mois	Pluie (mm)	Peff (mm)	Kc	ETM (mm/mois)	RFU	Besoins net (mm)
Sep	4,78	143,4	26,4	21,1	0,85	121,89	52,33	48,46
oct	3,1	96,1	52,2	41,8	0,9	86,49	78,5	-33,81
Nov	2,09	62,7	80,3	64,2	0,9	56,43	157	-164,77
Dec	1,86	57,66	74,6	59,6	0,9	51,894	157	-164,706
Jan	1,63	50,53	87,9	70,3	0,75	37,8975	157	-189,403
Fev	2,2	61,6	73,7	59	0,65	40,04	157	-175,96
Mars	2,9	89,9	59,5	47,6	0,55	49,445	78,5	-76,655
Avr	3,76	112,8	57,7	46,2	0,55	62,04	78,5	-62,66
Mai	4,77	147,87	47,9	38,3	0,55	81,3285	52,33	-9,3015
Juin	5,8	174	5,2	4,2	0,55	95,7	0	91,5
Juill	6,71	208,01	1,4	1,1	0,75	156,0075	0	154,907
Aout	6,61	204,91	6,5	5,2	0,9	184,419	0	179,219

III.3.3.5) Estimation des besoins en eau des Vignes*Tableau III- 13 Estimation des besoins en eau des vignes.*

Mois	ET0 mm/j	ET0 mm/mois	Pluie (mm)	Peff (mm)	Kc	ETM (mm/mois)	RFU	Besoins net (mm)
Sep	4,78	143,4	26,4	21,1	0,65	93,21	65,33	6,78
oct	3,1	96,1	52,2	41,8	0,5	48,05	98	-91,75
Nov	2,09	62,7	80,3	64,2	0,5	31,35	196	-228,85
Dec	1,86	57,66	74,6	59,6	0,5	28,83	196	-226,77
Jan	1,63	50,53	87,9	70,3	0,5	25,265	196	-241,035
Fev	2,2	61,6	73,7	59	0,5	30,8	196	-224,2
Mars	2,9	89,9	59,5	47,6	0,65	58,435	196	-185,165
Avr	3,76	112,8	57,7	46,2	0,7	78,96	98	-65,24
Mai	4,77	147,87	47,9	38,3	0,7	103,509	98	-32,791
Juin	5,8	174	5,2	4,2	0,8	139,2	0	135
Juill	6,71	208,01	1,4	1,1	0,8	166,408	0	165,308
Aout	6,61	204,91	6,5	5,2	0,8	163,928	0	158,728

Après le calcul des besoins en eau des cultures on fait un petit récapitulatif des résultats mois par mois. Nous pourrions ainsi dégager le mois de pointe qui correspond au mois où la demande en eau est maximale.

III.3.3.6) Besoins en eau des cultures*Tableau III- 14 Récapitulatif des besoins en eau des cultures.*

Mois	Abricotiers	pêchers	Agrumes	Pruniers	Vignes	Besoin total
Sep	40,252	40,252	38,450	48,460	6,780	174,194
Oct	-49,140	-49,140	-51,335	-33,810	-91,750	-275,175
Nov	-157,834	-157,834	-167,445	-164,770	-228,850	-876,733
Dec	-160,193	-160,193	-166,121	-164,706	-226,770	-877,984
Jan	-175,035	-175,035	-189,035	-189,403	-241,035	-969,543
Fev	-152,040	-152,040	-172,200	-175,960	-224,200	-876,440
Mars	-58,660	-58,660	-65,660	-76,655	-185,165	-444,800
Avril	-18,466	-18,466	-50,520	-62,660	-65,240	-215,352
Mai	14,486	14,486	9,816	-9,301	-32,791	-3,306
Juin	119,340	119,340	117,600	91,500	135,000	582,780
Juill	165,308	165,308	186,109	154,908	165,308	836,941
Aout	150,532	150,532	158,728	179,219	158,728	797,738

III.4 Calcul du débit spécifique

Les débits spécifiques sont définis d’après les besoins en eau de chaque culture évaluée précédemment à partir de la répartition culturale. La dose d’arrosage de la consommation de pointe est donnée sous forme de débit permanent fourni 24 heures sur 24 afin d’assurer les besoins de la consommation mensuelle.

$$q = \frac{B_{net} \cdot 10 \cdot 1000}{N \times T \times 3600 \times K} \text{ (l/s/ha)}$$

- **Bnet** : besoin net du mois de pointe en mm/mois.
- **T** : nombre des heures d’irrigation=24h
- **N** : nombre de jours du mois de pointe =30 jours
- **K** : Coefficient d’efficience globale du système d’irrigation ≈ 0.75

Nous avons :

- Besoin max mensuel = **836,941mm**
- $Q_{sp} = 4.61 \text{ (l/s /ha)}$

Ce débit est important, ce qui risque d’aboutir à un surdimensionnement du réseau.

Pour y remédier, on choisit le débit spécifique de la culture la plus exigeante, ou bien la moyenne de tous les débits spécifiques de chaque culture

Tableau III- 15 Débit spécifique de chaque culture

Culture	Besoins (mm)	Qs (l/s)
Agrumes	186,11	0,96
Pêchers	165,31	0,85
Abricotiers	165,31	0,85
Pruniers	179,22	0,92
Vignes	165,31	0,85

- $Q_{sp} = (0.96+0.85+0.85+0.92+0.85) / 5 = 4.43 / 5$
- $Q_{sp} = 0.89 \text{ (l/s /ha)}$

III.5 Estimation des volumes d'irrigation

L'estimation du volume d'eau d'irrigation nous permet d'évaluer le volume d'eau nécessaire d'eau d'irrigation,

La détermination de ce volume est basée principalement sur l'estimation des besoins en eau totale de notre périmètre d'étude.

Le tableau suivant représente les différents volumes d'irrigation trouvés :

Tableau III- 16 Estimation des volumes d'irrigation

Cultures	Besoins nets (mm)	Besoins nets (m3/ha)	Superficie (ha)	Efficiencie	Besoins bruts (m3/ha)	Besoins totaux (m3)
Agrumes	510,703	5107,03	620.55	0,9	5674,477778	3521297,185
Pêchers	489,917	4899,17	167.45	0,9	5443,522222	911517,7957
Abricotiers	489,917	4899,17	118.2	0,9	5443,522222	643424,324
Pruniers	474,087	4740,87	29.55	0,9	5267,633333	155658,565
Vignes	465,816	4658,16	49.25	0,9	5175,733333	254904.867
Total (m³)						5486802.74

III.6 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons abordé la phase la plus importante d'un projet d'irrigation, il s'agit de la détermination des besoins en eau des cultures. Après les calculs théoriques, nous avons estimé les besoins de chaque culture, et les volumes d'eau à apporter par l'irrigation au cours de la période de la croissance pour assurer aux plantes un approvisionnement hydrique adéquat et continu.

De ce fait, il faudra combler le déficit hydrique en apportant un volume annuel de 5.94 Hm³ d'eau d'irrigation pour une superficie de 985ha via un réseau d'irrigation dont son dimensionnement se fera dans le chapitre suivant.

IV- Etude d'adduction

IV.1 Introduction

Pour une bonne conception d'un périmètre d'irrigation il faut se préoccuper de la partie adduction vue que l'ensemble du système d'irrigation en dépend et afin de garantir une gestion efficace.

IV.2 Alimentation en eau du périmètre

Le périmètre du secteur DR21 dont la surface nette est de 985 Ha, sera irrigué à partir du barrage de Douera, qui est situé en amont du périmètre.

IV.3 Organisation du périmètre :

L'organisation du périmètre est la première contrainte dans un aménagement hydro-agricole, la conception du périmètre du DR 21 a été faite en discrétisant le périmètre en 47 ilots dont la superficie varie de 5 ha à 37 ha.

IV.3.1 Taille des îlots d'irrigation

La taille de l'îlot est déterminée en fonction du débit d'équipement de prise, en relation avec le débit fictif continu maximum au niveau de l'îlot. En outre, le débit fourni par la prise d'irrigation doit correspondre à une main d'eau compatible avec la méthode d'irrigation adoptée au niveau de l'exploitation.

La taille de l'îlot doit être déterminée en fonction des facteurs suivants :

- Le débit fictif continu en relation avec le débit d'équipement de la prise ;
- Le nombre d'exploitations qui partagent une seule prise.

IV.3.1.1) Débit fictif continu

Le débit fictif continu à la parcelle, est en général basé sur la satisfaction des besoins en eau de la culture la plus exigeante.

IV.3.1.2) Débit d'équipement :

Le débit fourni par la prise doit correspondre à une main d'eau compatible avec le système d'irrigation adopté au niveau de l'exploitation.

Plusieurs facteurs peuvent faire varier la valeur à choisir pour le module ; Le premier de ces facteurs, est la méthode d'arrosage, plus elle est perfectionnée, plus le module pourra être réduit ; si les surfaces à mettre en eau sont petites on peut judicieusement donner de petites quantités d'eau.

Le module est également à déterminer en fonction de l'état général du sol, et de sa pente. On peut choisir un petit module lorsque le sol est bien nivelé et la pente convenable.

La perméabilité du sol est le facteur prédominant, normalement, les mains d'eau plus grandes ne sont nécessaires que sur les grands bassins avec des sols relativement perméables.

En résumé, le problème est de choisir pour le module une valeur satisfaisante. Pour rester commode, pratique et économique, le module est choisi pour une main d'eau qui se situe entre 10 et 20 l/s.

IV.3.1.3) Taille de l'îlot

Les classes de taille de l'îlot ainsi que les débits d'équipements sont indiqués au tableau suivant selon l'ONID :

Tableau IV- 1 Classes de taille de l'îlot.

Type	Débit fourni	Entrée	Sortie (prise)
Type A2	Q<40 m3/h (11.11) l/s	1 Entrée Φ80, 100	2 Entrée Φ65
Type A4	Q<40 m3/h (11.11) l/s	2 Entrée Φ80, 100	4 Entrée Φ65
Type B	40 m3/h (11.11l/s) <Q<80 m3/h (22.22 l/s)	2 Entrée Φ80, 100, 125	2 Entrée Φ100
Type C	Q>80 m3/h (33.33 l/s)	2 Entrée Φ80, 100, 125	1 Entrée Φ150

IV.3.1.4) L'emplacement des bornes d'irrigation dans les îlots

Chaque îlot sera desservi par une prise d'irrigation sur le réseau de distribution par les conduites qui suivent les limites de ces îlots.

Par conséquent la prise serait située sur la limite de l'îlot sur le coté amont dans le cas de petites surfaces et au centre dans le cas de grandes parcelles.

IV.3.2 L'irrigation à la demande

Dans ce mode chaque irrigant est libre d'utiliser le débit qu'il a souscrit à toute heure du jour ou de la nuit. L'organisme de gestion du réseau distribue l'eau sur la base des débits souscrits à l'irrigant et les volumes effectivement prélevés. Cependant le débit affecté à une prise sera supérieur au débit fictif continu.

IV.3.2.1) L'irrigation au tour d'eau :

C'est un mode de desserte spécifique très rigide, il en existe deux types :

- Avec un tour d'arrosage, à module fixe et uniforme sur tout le réseau, chaque irrigant pourra irriguer au cours d'un tour d'eau, pendant une durée proportionnelle à la surface irriguée.
- Avec un tour d'arrosage à module variable sur tout le réseau : dont les conduites de desserte sont calculées de manière à obtenir un fonctionnement continu au cours du tour d'eau et en fonction de la surface irriguée.

L'inconvénient de ce mode, est le respect de tour d'arrosage, qui nous mène à concevoir un organisme de contrôle. Pour apporter une solution adéquate à ce problème, nous devons prévoir deux modalités :

IV.3.2.1.a) Tour d'arrosage à l'antenne

Dans le cas des petites propriétés, les modules disponibles lors de l'application des modalités précédentes, pourront être trop faibles, d'où l'option de regrouper plusieurs bornes sur une seule antenne donnée. Le débit fictif continu relatif aux superficies irriguées, desservies par cette antenne, constituera le module d'irrigation, successivement délivré aux différentes prises de l'antenne.

IV.3.2.1.b) Tour d'arrosage à la borne

Chacune des bornes représentant le tertiaire dans le réseau de surface, reçoit un débit correspondant au débit fictif continu ce qui constitue alors le module d'irrigation qui est utilisé successivement par les différentes prises de la borne.

Dans le cadre de notre projet, on adopte une distribution d'eau d'irrigation à la demande, caractérisée par une souplesse, en laissant l'irrigant utiliser selon sa convenance sa prise d'irrigation.

IV.3.3 Calcul des débits des ilots

Le but est de définir les débits nécessaires que le système d'irrigation doit véhiculer pour répondre à la demande en eau des cultures. Le débit spécifique est défini d'après les besoins en eau de chaque culture, évalués précédemment à partir de la répartition culturale.

Ce débit a été évalué à : $q_s = 0.89/s/ha$

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

$$Q_b = q_s \cdot S$$

- **Q_b** : Débit caractéristique de chaque ilot (l/s)
- **q_s** : Débit spécifique moyen (l/s/ha)
- **S** : Superficie de l'ilot (ha)

IV.3.3.1) I 3 3 2 Choix de type de borne :

Le choix de type de borne dépend de la surface généralement on admet :

- Pour les ilots qu'ont un nombre de parcelles entre [4 -8], et dont la superficie inférieure à 15ha, on prend la borne à quatre prises (Borne de type A4).
- Pour les ilots qu'ont deux parcelles et dont la superficie inférieure à 15ha, on prend la borne à deux prises (borne de type A2).
- Pour les ilots qu'ont deux parcelles et dont la superficie dépasse 15ha, on prend la borne à deux prises (Borne de type B). (**Voir annexes 4 et 5**)
- Pour les grands ilots on prévoit des bornes de type C.

Tableau IV- 2 Calcul des débits des ilots et choix du diamètre et type de bornes

ilot	parcelle	Superficie	Débit	Matériel	type de borne
1	1	19	17.1	PVC	B100
2	1	20.1	18.09	PVC	B100
3	1	12.2	10.98	PVC	A2
4	1	28.5	25.65	PVC	B150
5	1	27.8	25.02	PVC	B150
6	1	21	18.9	PVC	B100
7	1	26.2	23.58	PVC	B150
8	1	14.9	13.41	PVC	B100
9	1	14.5	13.05	PVC	B100
10	1	17.4	15.66	PVC	B100
11	1	27.9	25.11	PVC	B150
12	1	20	18	PVC	B100
13	1	31.5	28.35	PVC	B150
14	1	37.3	33.57	PVC	B150
15	1	13	11.57	PVC	B100
16	1	21.9	19.71	PVC	B100
17	1	22	19.8	PVC	B100
18	1	26.4	23.76	PVC	B150
19	1	24.4	21.96	PVC	B150
20	1	12.7	11.43	PVC	B100
21	1	11.7	10.53	PVC	A2
22	1	9.4	8.46	PVC	A2
23	1	27.6	24.84	PVC	B150
24	1	25.7	23.13	PVC	B150
25	1	24.5	22.05	PVC	B150
26	1	31.1	27.99	PVC	B150
27	1	5.8	5.22	PVC	A2
28	1	13.5	12.15	PVC	B100
29	1	29.9	26.91	PVC	B150
30	1	22.4	20.16	PVC	B100
31	1	21	18.9	PVC	B100
32	1	21.4	19.26	PVC	B100
33	1	20.1	18.09	PVC	B100
34	1	16.9	15.21	PVC	B100
35	1	13	11.7	PVC	B100
36	1	17.8	16.02	PVC	B150
37	1	30.6	27.54	PVC	B150
38	1	15.7	14.13	PVC	B100
39	1	24.6	22.14	PVC	B150

40	1	18.5	16.65	PVC	B100
41	1	19.6	17.64	PVC	B100
42	1	18.8	16.92	PVC	B100
43	1	21.7	19.53	PVC	B100
44	1	23.6	21.24	PVC	B150
45	1	28.5	25.65	PVC	B150
46	1	15.4	13.86	PVC	B100
47	1	21.3	19.17	PVC	B100

Remarque : Dans le projet réel les bornes sont dimensionnées seulement par (B150 et B100)

En cas où l'agriculteur veut changer de culture (une culture plus exigeante en eau qui nécessite une borne de plus grand diamètre) ou bien parce qu'il y a juste 4 borne sur 47 de type A

IV.4 Les composantes de l'aménagement

Voici les différentes composantes d'aménagement de notre adduction :

- Barrage de Douera
- Transfert Harrach-Douera
- Mode de fonctionnement du transfert (station de pompage)
- Départ du réseau de distribution

IV.4.2 Barrage de Douera

Le barrage de Douera sera situé dans la vallée de l'Oued Ben Amar à environ 2.5 Km au Sud-ouest de la ville de Douera. Le barrage comprendra une digue en terre avec noyau argileux et aura les caractéristiques principales suivantes :

- Niveau normal de la retenue : 148 m NGA ;
- Niveau minimum d'exploitation : 100m NGA ;
- Volume utile : 110 hm³.

IV.4.3 Transfert Harrach-Douera

Pour le remplissage du barrage de Douera, les ouvrages assureront le transfert de l'eau depuis le réservoir de régulation situé à la sortie des bassins de décantation de la prise du Harrach jusqu'au barrage. Le plan d'eau nominal dans le réservoir de régulation est de 124,7 m. le remplissage du barrage s'effectuera par le haut, en-dessous du niveau normal de la retenue qui est de 148 m. l'eau sera refoulée par la station de pompage Harrach-Douera, située à peu près à mi-chemin le long de la conduite de transfert. Le débit nominal du transfert pour le remplissage du barrage est de 8m³/s.

Les ouvrages de transfert fonctionnent aussi dans le sens inverse pour l'adduction d'eau d'irrigation à partir du barrage Douera vers le réseau de distribution.

La conduite de transfert entre les ouvrages de dérivation et le barrage de Douera traverse le périmètre et a une longueur de 24Km environ. Elle a un diamètre de 2000mm réalisée en PRV.

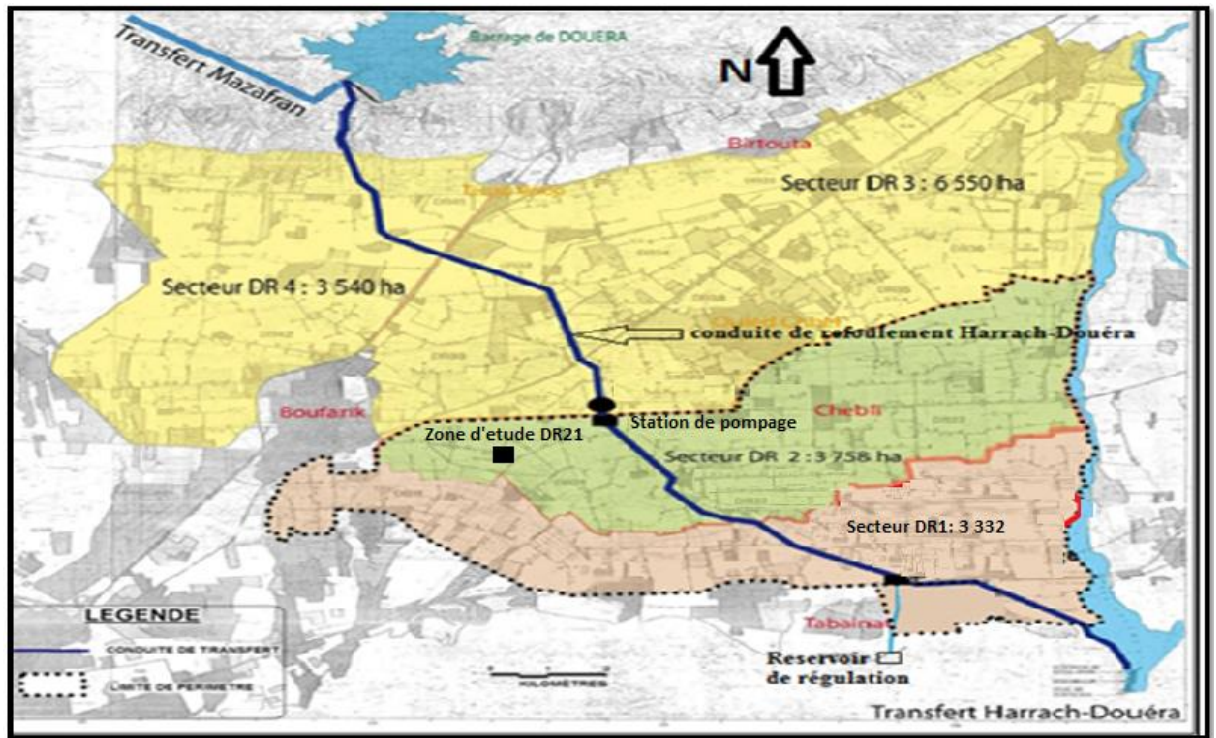


Figure IV- 1 Schéma explicatif du transfert Harrach-Douera.

(Source :Service technique hydro aménagement unité Mitidja Centre)

IV.4.4 Mode de fonctionnement du transfert

Compte tenu de son double rôle de transfert/adduction, la conduite Harrach-Douera doit répondre à quatre cas de fonctionnement possible :

- Remplissage de Douera à partir du Harrach, sans irrigation simultanée (cas général de période pluvieuse).
- Remplissage de Douera avec irrigation simultanée (cas par exemple, de période sèches pendant l'hiver).
- Irrigation à partir du Harrach avec complément à partir de Douera (cas par exemple, du printemps, lorsque les besoins en eau d'irrigation dépassent le débit dérivé).
- Irrigation uniquement à partir de Douera (cas où le débit du Harrach est nul ou la dérivation du Harrach est arrêtée).

IV.4.4.1) Rôle de la station de pompage principale

Sans ou avec irrigation simultanée, un pompage sera toujours nécessaire en direction de Douera. Aux périodes de prélèvement à partir du barrage, et en cas de baisse de la retenue, un pompage est nécessaire pour alimenter les réseaux de distribution DR2 à partir de la conduite de by pass DR20.

Pour qu'elle puisse fonctionner dans les deux sens de façon à répondre aux différents cas, la station de pompage principale doit être située entre les départs des secteurs DR3 et DR2

La station de pompage sera équipée de deux jeux de groupe ; un pour le transfert d'eau du réservoir de régulation (réservoir près d'Oued Harrach) au barrage de Douera et un jeu pour l'adduction d'eau à partir du barrage vers les réseaux de distribution. Elle sera équipée d'un by pass gravitaire DR20 qu'on va développer dans les sous-titre suivant.

Lorsque le débit dérivé à partir de la conduite de transfert est inférieur à la demande d'irrigation, une partie ou la totalité de ces demandes sera satisfaite du barrage de Douera à partir de la station de pompage. Le mode de fonctionnement du système dépendra alors des débits des systèmes et le niveau d'eau dans le barrage comme suit :

a) Débit dérivé supérieur au débit appelé par les secteurs DR2 et DR1

La station de pompage enverra l'excédent d'eau en direction de Douera, soit par pompage si le niveau d'eau dans la retenue est bas, soit par régulation automatique des pompes et/ou du by pass en fonction du niveau d'eau du réservoir de régulation si le niveau de la retenue est élevé.

b) Débit dérivé inférieur au débit appelé par les secteurs DR1 et DR2

Le complément d'eau pour satisfaire à la demande du secteur DR1 et/ou DR2 sera envoyé en direction du Harrach, soit par pompage, soit par gravité selon le niveau de la retenue, de façon à maintenir le niveau d'eau dans le réservoir de régulation, sinon il y aura un renversement de gradient hydraulique soit au départ DR1, soit au départ DR2.

IV.4.4.2) Conduite de bypass DR20

Lorsque la conduite de transfère fonctionne avec débit élève vers Douera, le niveau piézométrique dans la conduite au départ DR2 tombe au- dessous du niveau exigé pour alimenter le réseau DR2. Dans ce cas. Ce réseau sera alimenté à partir du coté aval de la station de pompage principale par la conduite de by pass DR20 le Schéma (Figure IV- 2) est indiqué à la page suivante.

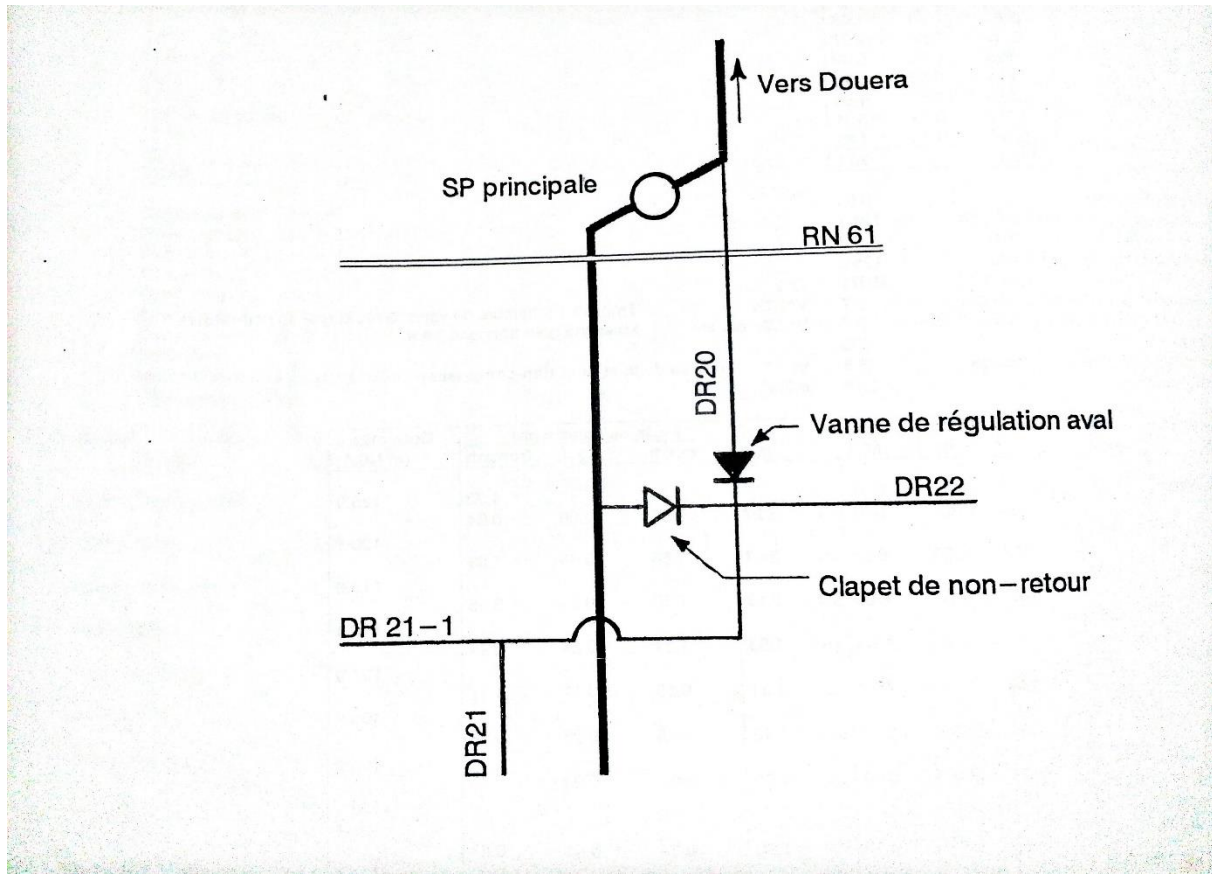


Figure IV- 3 Schéma explicatif du conduit de bypass DR20

Source : service technique hydro aménagement unité Mitidja centre

IV.4.4.2.a) Fonctionnement

Lorsque le niveau piézométrique dans la conduite de transfert est suffisant pour alimenter le réseau DR2 (cas de faible débit dérivé à partir du Harrach), ce réseau sera alimenté à partir de la conduite de transfert. Lorsque le niveau piézométrique tombe au-dessous d'un certain seuil, on va solliciter la station de pompage, (débit élevé à partir de la conduite de transfert), dans ce cas la vanne de régulation aval assurera la diminution de pression de service de tel sorte à garantir un débit suffisant à la fin du réseaux de distribution s'ouvrira automatiquement pour alimenter le réseau à partir du côté aval de la station de pompage

IV.4.5 Départ du réseau de distribution

Le périmètre se divise en trois zones selon les modes possibles d'alimentation en eau :

- Une zone haute, (Secteur DR1) dans le sud de la plaine pour laquelle l'alimentation demande un pompage (sous-secteur DR13), et une autre zone qui peut être irriguée par gravité à partir du Harrach (sous-secteur DR11 et DR12).
- Une zone intermédiaire, au milieu de la plaine qui peut être irriguée par gravité à partir d'El Harrach (secteur DR2).
- Une zone basse, dans le Nord de la plaine, qui peut être alimentée toujours par gravité à partir d barrage de Douera (secteur DR3 et DR4)

IV.5 Calculs hydrauliques du système d'adduction

Pour les besoins des calculs hydrauliques du système d'adduction le dimensionnement se fera sur :

- La station de pompage
- La desserte gravitaire

IV.5.1 Choix de la variante d'aménagement

Notre périmètre est situé en aval du barrage de Douera dans ce cas, deux variantes ont été étudiées :

- **Une variante gravitaire** : le périmètre sera alimenté exclusivement par une desserte gravitaire. Après analyse on déduit que la desserte est gravitaire Par la conduite de transfert (Harrach Douera)
- **Une variante mixte** : à partir d'un refoulement du barrage vers un réservoir de mise en charge puis une desserte gravitaire alimentant les parcelles. Après analyse on a exclue cette possibilité.

Donc on choisira la variante la plus adéquate c'est-à-dire un système gravitaire.

IV.5.2 Etude du système de pompage

IV.5.2.1) Les pompes :

La pompe est un dispositif utilisé pour aspirer, pour déplacer ou pour comprimer des liquides et des gaz. Dans toutes les pompes, il faut éviter la cavitation (formation des poches gazeuses), ce qui réduirait le débit et endommagerait le corps de la pompe. Il existe deux grands types de pompes : les pompes volumétriques qui sont utilisées pour pomper les eaux usées et les turbopompes.

- **Les turbopompes (pompes centrifuge)**

Il existe trois classes de turbopompes : les pompes centrifuges, à écoulement radial ;

Les pompes axiales, à écoulement axial ; les pompes semi axiales.

- **Les pompes à écoulement radial**

Ce sont les pompes centrifuges au sens strict. Elles permettent de relever des faibles débits sur de fortes hauteurs. La hauteur de refoulement croit avec le diamètre extérieur de la roue. Dans ce cas, l'écoulement est radial et les aubages sont des surfaces planes.

➤ **Les pompes axiales :**

Ce sont les pompes hélices où les pales sont constituées par des surfaces gauches. Ces pompes conviennent pour relever de forts débits sur de faibles hauteurs.

➤ **Les pompes semi axiales :**

Pour relever de forts débits sur de faibles hauteurs on montre que les vitesses d'entrée doivent être faibles. La hauteur de refoulement étant faible le diamètre de sortie est relativement faible d'où la construction d'une pompe hélico-centrifuge avec des dimensions importantes. Les diamètres d'entrée et de sortie sont comparables.

IV.5.2.2) Station de pompage.

L'emplacement de la station de pompage est alimentée par un piquage branché sur la conduite de transfert Harrach-Douera au Pk 5.1 juste au nord de la route nationale RN29. elle est situé approximativement entre le barrage de Douira et le réservoir de régulation

Les conditions hydrauliques de la station de pompage :

- Côte d'aspiration : 124,3 NGA
- Côte de refoulement : 153,3 NGA
- Hauteur géométrique : 29 m

Le but est de choisir la pompe idéale adaptée à l'usage du projet.

a) Fonctionnement de la pompe

La pompe est destinée à transformer l'énergie donnée par le moteur d'entraînement en énergie hydraulique en projetant de l'eau en périphérie et par la suite un écoulement continu de la veine liquide.

b) Choix du type de pompe

Les critères de choix du type de pompe sont :

- Assurer le débit appelé Q_{app} et la hauteur HMT ;
- Meilleur rendement ;
- Vérifier la condition de non cavitation ;
- Encombrement et poids les plus faibles ;
- Vitesse de rotation la plus élevée ;
- Puissance absorbée minimale ;
- Placée en série ;

Dans notre projet on opte pour les pompes Italiennes (pompes à hautes pressions) de marque CAPRARI qui sont fabriquées en série. En plus de ses avantages techniques et

mécaniques, ce type de pompe nous assure le débit et la hauteur manométrique totale appelée avec une vitesse de rotation élevée.

c) Choix du nombre de pompes

Les critères de choix du nombre de pompes sont :

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

On note le nombre, le type et les caractéristiques des pompes dans le tableau suivant :

Tableau IV- 3 *Caractéristiques des pompes en fonction de leur nombre*

Nombre	Q _{pom} (l/s)	HMT _{pom} (m)	Type de pompe	η (%)	Vitesse de rotation (tr/min)	P _{abs} (Kwh)	NPSH _r (m)
5	106.4	32.2	MEC-AZ 1/125A	68.4	2950	51.2	5.49
6	106.4	32	MEC-AZ 1/125A	70.8	2950	39.5	4

A partir du tableau, on déduit que la variante de six (06) pompes est la meilleure du point de vue rendement, puissance absorbée, vitesse de rotation et (NPSH_r).

d) Choix du nombre de pompes de secours

D'après le choix du nombre de pompes, on détermine le nombre de pompes de secours.

Les intervalles de nombre de pompes sont comme suit :

- Nombre de pompes $n \leq 4$ une seule pompe de secours.
- Nombre de pompes $4 < n \leq 6$ deux pompes de secours.
- Nombre de pompes $n > 6$ trois pompes de secours.

Remarque :

On opte pour chaque ligne de pompage un nombre de six (06) en plus de deux pompes de secours. Ces huit (08) pompes sont identiques de type : MEC-AZ 1/125A.CAPRARI

e) Courbe caractéristiques de la pompe

Les pompes caractéristiques de la pompe [H-Q], [Pabs-Q], [np-Q], [(NPSHr-Q)], sont retirées à partir de logiciel CAPRARI ; ces courbes représentées par la figure suivante :

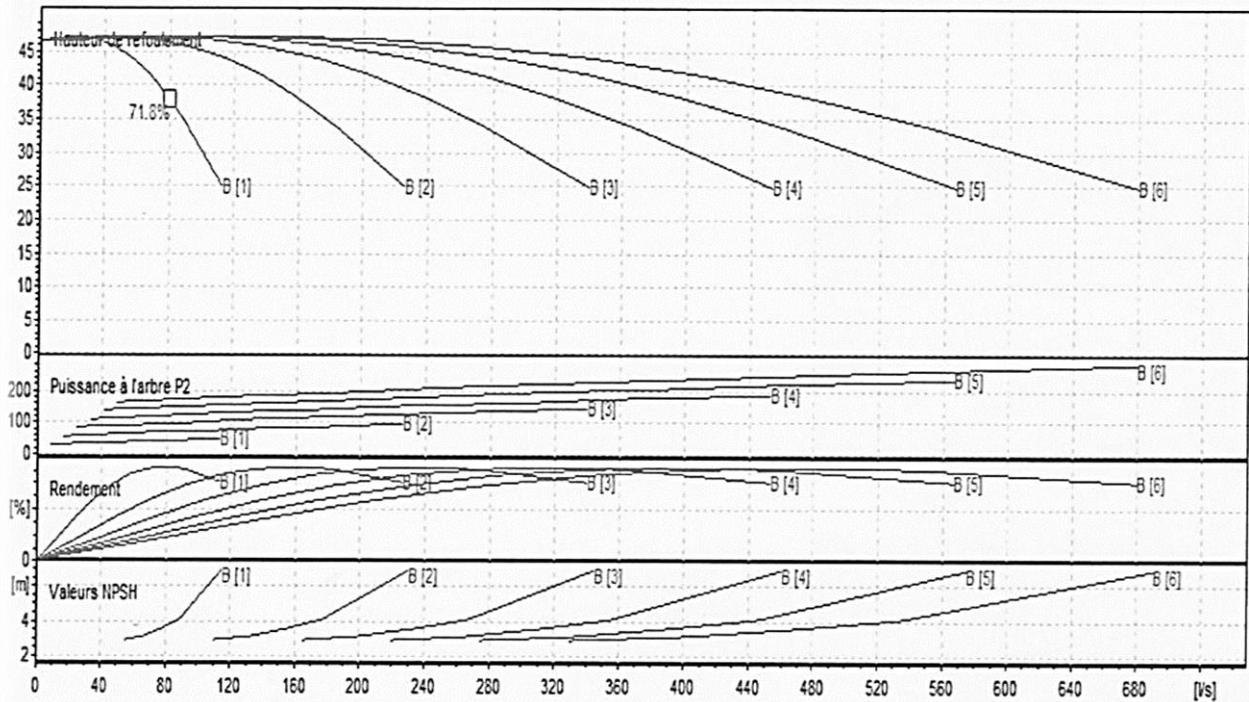


Figure IV- 4 Courbe caractéristique de la pompe

IV.5.2.3) Protection contre de la cavitation

La cavitation est la perturbation du courant liquide juste à l'entrée de la pompe en fonctionnement, cela se produit pour à une température constante, la pression absolue est inférieure ou égale à la tension de vapeur d'eau.

La condition suivante doit être vérifiée : (NPSH)_r< (NPSH)_d

(NPSH)_r : Charge nette d'aspiration requise, elle est fournie par le constructeur ;

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

La relation permettant de calculer le NPSH_d est la suivant :

$$(NPSH)d = \frac{pa}{\rho g} - ZE - \Delta Ha - \frac{Pv}{\rho g} \dots\dots\dots(IV.11)$$

Avec :

$\frac{pa}{\rho g}$: en mce, la hauteur de pression atmosphérique locale, il est posé que $\frac{pa}{\rho g} = 10.33 - \Delta h$

En notant que la hauteur perdue Δh est liée à l'altitude, il est notamment commande de prendre une hauteur perdue de 0.125m par tranche de 100m.

P_v : en mce, pour la plupart des installations, avec une température d'eau comprise entre 15°C et 20°C, il est commande de prendre $P_v = 20$ hPa, soit $\frac{P_v}{\rho g} = 0.2$ m

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

ΔH_a : perte de charge à l'aspiration.

Les pertes de charge sont calculées par la formule de Williams-Hazen :

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

$$\Delta H_{(m/100m)} = \mathbf{0,0000019805}$$

$$(NPSH)_d = \frac{pa}{\rho g} - Z_E - \Delta H_a - \frac{P_v}{\rho g} = 10.33 - (0.25 + 10^{-5} + 4.4^{-9} + 2 + 0.24) = \mathbf{7.84m}$$

Par comparaison entre $NPSH_d$ et $NPSH_r$ en remarque que :

$$NPSH_d > NPSH_r$$

Donc Notre pompe sera protégée contre la cavitation. La desserte gravitaire :

IV.5.2.4) Tracé du réseau de distribution :

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

- Il est important de chercher un profil en long aussi régulier que possible pour éliminer les contres pentes ;
- Dans le but d'économie du projet, le tracé doit être le plus court possible ;

- Éviter le phénomène de cavitation qui peut engendrer les éclatements et vibration de la canalisation au cours de la phase de surpression ;
- Éviter les forêts, bois et zones marécageuses, ainsi que la traversée des obstacles (routes, voies ferrées, canaux, oueds,).

Le tracé est un réseau ramifié qui conduit à un coût d'investissement optimum.

IV.5.2.5) Choix des matériaux des canalisations

De nombreux types de matériaux sont disponibles pour constituer une conduite. On peut classer en fonction des matériaux avec lesquels ils sont fabriqués : fonte, PEHD, PRV, etc. Le choix des tuyaux utilisés est fonction de la pression et de la nature du terrain, des coûts de fourniture et de mise en œuvre, mais aussi de la facilité à réaliser les raccordements, les prises de branchement et les réparations en cas de fuite.

➤ **Fonte**

La fonte est un matériau noble apte à prendre en charge les grandes pressions, il n'est pas sensible à la corrosion et sa pose se fait sans grande contrainte. Néanmoins elle nécessite beaucoup de pièces spéciales ainsi son prix devient onéreux mais acceptable par rapport à la longévité de la conduite.

➤ **PEHD (polyéthylène)**

Les tuyaux en matière plastique sont les plus légers de tous les tuyaux. Ils sont faciles à couper, à poser et à assembler si certaines précautions sont prises. Ils ont de très bonnes propriétés hydrauliques et ne sont pas sujets à la corrosion. Toutefois leur résistance mécanique présente une limitation plus sévère que les autres matériaux (Casse pour le PVC, écrasement pour le PEHD).

➤ **PRV (polyester renforcé verre) :**

C'est un matériau composite constitué d'une matrice polymère (appelée résine) renforcée par des fibres ou parfois par des microsphères de verre, Ses propriétés de résistance (mécanique, chimique) et sa densité sont très favorables, comparé aux métaux. et sa résistance à la corrosion.

IV.5.2.6) Dimensionnement hydraulique des canalisations**➤ Calcul des diamètres :**

Le calcul des diamètres est réalisé sur la base des débits véhiculés par le tronçon de conduite, et les vitesses. La formule de « LABYE "nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 1000 \quad (\text{IV.14})$$

Avec :

Q : débit, exprimé en m³/s ;

D : diamètre exprimé en mm

V : vitesse d'écoulement dans les conduites.

➤ Vitesse admissible :

La vitesse admissible varie entre 0.5 m/s, comme vitesse inférieure, et 2.5 m/s comme vitesse maximum. Dans notre étude, on prend une vitesse moyenne dans la conduite égale à 1.5 m/s.

➤ Calcul des pertes de charge :

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

$$h_{Pu} = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C \quad (\text{IV.15})$$

Avec :

h_{Pu}: Pertes de charge unitaire en mm/ml

Q : Débit en m³/s

D : Diamètre de la conduite considérée. **L**, **M** et **N** : Paramètres en fonction de la rugosité absolue (**Ks**) des canalisations

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

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

Tableau IV- 4 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 400mm et en PEHD dans le cas contraire. Pour une conduite en fonte/PEHD, nous avons les caractéristiques suivantes :

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

L'estimation des pressions est basée sur le principe de Bernoulli entre le point A et le point B :

$$Z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + h_{21} + \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H$$

Où h₁ et h₂ sont les hauteurs de pressions

V₁ et V₂ sont les vitesses d'écoulement dans A et B

Z₁ et Z₂ sont les côtes du terrain naturel.

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

Les calculs sont détaillés dans le tableau IV.5 :

Tableau IV- 5 dimensionnement du réseau de distribution

N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	Longueur du tronçon L(km)	Surface (Ha)	débit Q(l/s)	débit Q (m3/S)	Diamètre calculé (mm)	Diamètre Normalisé (mm)	Vitesse réelle (m/s)	Perte de charge Totale (m/m)	Cote terrain aval Z(m)	Cote piézométrique (m)	Pression (m)	Pression (bars)
P-N1	50	0.05	985	886.5	0.887	866.3	900	1.39	0.08	52.3	124.62	72.3	7.23
N1_B01	300	0.30	528.8	475.9	0.476	634.7	700	1.23	0.53	51.7	124.09	72.4	7.22
B01-N11	150	0.15	513.8	462.4	0.462	625.7	700	1.20	0.25	51.9	123.84	71.9	7.19
N11-B02	130	0.13	20.0	18	0.018	123.4	125	1.46	2.63	52.3	121.21	68.9	6.89
N11-N12	510	0.51	497.7	447.9	0.448	615.8	700	1.16	0.80	52	123.04	71.0	7.10
N13-B03	740	0.74	115.3	103.8	0.104	296.4	300	1.46	5.11	54.8	117.93	63.1	6.31
B03-B04	100	0.10	103.4	93.1	0.093	280.7	300	1.31	0.56	54.5	117.36	62.9	6.29
B04-N121	800	0.80	74.4	67	0.067	238.2	250	1.36	6.02	59.6	111.34	51.7	5.17
N121-B05	850	0.85	27.8	25	0.025	145.5	200	0.79	3.04	63.3	108.30	45.0	4.50
N121-N122	130	0.13	47.2	42.5	0.043	189.7	200	1.35	1.27	61.1	110.07	49.0	4.90
N122-B06	170	0.17	209.9	188.9	0.189	399.9	400	1.50	0.86	61	109.21	48.2	4.82
N122-B07	120	0.12	26.2	23.6	0.024	141.3	150	1.33	1.63	62.4	108.45	46.0	4.60
N12-N13	0	0.00	0.0		0.000	0.0	150	0.00	0.00	52	123.04	71.0	7.10
N13-B08	360	0.36	14.9	13.4	0.013	106.5	125	1.09	4.17	50.7	118.87	68.2	6.82
N13-B09	250	0.25	389.2	350.3	0.350	544.6	600	1.24	0.53	51.7	122.51	70.8	7.08
B09-N14	300	0.30	376.8	339.1	0.339	535.8	600	1.20	0.60	52.7	121.90	69.2	6.92
N14-B10	190	0.19	65.2	58.7	0.059	222.9	250	1.19	1.11	50.7	120.79	70.1	7.01
B10-B11	395	0.40	47.9	43.1	0.043	191.0	200	1.37	3.95	49.8	116.84	67.0	6.70

N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	Longueur du tronçon L(km)	Surface (Ha)	débit Q(l/s)	débit Q(m ³ /S)	Diamètre calculé (mm)	Diamètre Normalisé (mm)	Vitesse réelle (m/s)	Perte de charge Totale (m/m)	Cote terrain aval Z(m)	Cote piézométrique (m)	Pression (m)	Pression (bars)
B11-B12	400	0.40	20.0	18	0.018	123.4	125	1.46	8.09	49	108.74	59.7	5.97
N14-N15	330	0.33	319.8	287.8	0.288	493.6	500	1.46	1.21	53.8	120.69	66.9	6.68
N15-N151	540	0.54	98.1	88.3	0.088	273.4	300	1.25	2.75	61	117.94	56.9	5.69
N151-B13	270	0.27	31.4	28.3	0.028	154.8	150	1.60	5.15	61.6	112.79	51.2	5.11
N151-B14	10	0.01	66.6	59.9	0.060	225.2	250	1.22	0.06	61	117.88	56.9	5.68
B14-B15	410	0.41	29.3	26.4	0.026	149.5	150	1.49	6.86	65.1	111.02	45.9	4.59
B15-B16	310	0.31	21.9	19.7	0.020	129.1	150	1.11	2.98	66	108.03	42.0	4.20
N15-B17	390	0.39	230.9	207.8	0.208	419.4	500	1.06	0.77	54.4	119.92	65.5	6.55
B17-B18	520	0.52	210.3	189.3	0.189	400.3	400	1.50	2.65	54	117.27	63.3	6.32
B18-N16	235	0.24	185.6	167	0.167	376.0	400	1.33	0.94	54.3	116.33	62.0	6.20
N16-B19	430	0.43	111.2	100.1	0.100	291.1	300	1.41	2.77	60.2	113.55	53.4	5.33
B19-B20	240	0.24	87.1	78.4	0.078	257.6	300	1.11	0.98	63.3	112.58	49.3	4.92
B20-N161	290	0.29	74.4	67	0.067	238.2	250	1.36	2.18	64.3	110.39	46.1	4.60
N161-B21	200	0.20	11.7	10.5	0.011	94.3	100	1.33	4.47	66	105.92	39.9	3.99
N161-N162	0	0.00	0.0	0	0.000	0.0	0	0	0	66.3	110.39	44.1	4.40
N162-B22	10	0.01	9.3	8.4	0.008	84.3	100	1.07	0.15	63.9	110.25	46.3	4.63
N162-B23	420	0.42	53.3	48	0.048	201.6	250	0.98	1.68	68	108.71	40.7	4.07
B23-B24	400	0.40	25.7	23.1	0.023	139.8	150	1.30	5.20	64.7	103.51	38.8	3.88
N16-B25	245	0.25	77.3	69.6	0.070	242.7	250	1.41	1.98	57	114.34	57.3	5.73

N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	Longueur du tronçon L (km)	Surface (Ha)	débit Q (l/s)	débit Q(m3/S)	Diamètre calculé mm	Diamètre Normalisé (mm)	Vitesse réelle (m/s)	Perte de charge Totale(m/m)	Cote terrain aval Z(m)	Cote piézométrique (m)	Pression (m)	Pression (bars)
B25-B26	510	0.51	52.8	47.5	0.048	200.5	200	1.51	6.13	58.5	108.21	49.7	4.97
B26-B27	520	0.52	21.8	19.6	0.020	128.8	150	1.11	4.96	60	103.25	43.3	4.32
B27-B28	350	0.35	13.9	12.5	0.013	102.9	125	1.02	3.56	56.8	99.70	42.9	4.28
N1-B29	510	0.51	376.9	339.2	0.339	535.9	600	1.20	1.03	56.5	123.59	67.1	6.70
B29-N2	220	0.22	17.6	15.8	0.016	115.7	150	0.89	1.40	57.4	122.20	64.8	6.47
N2-N21	70	0.07	216.7	195	0.195	399.0	400	1.55	0.38	57.5	121.82	64.3	6.43
N21-B30	380	0.38	22.3	20.1	0.020	130.4	125	1.63	9.47	58.5	112.35	53.8	5.38
N21-N22	390	0.39	195.7	176.1	0.176	386.1	400	1.40	1.73	57.2	120.09	62.9	6.28
N22-B31	170	0.17	21.0	18.9	0.019	126.5	125	1.54	3.77	56.6	116.32	59.7	5.97
N22-N23	680	0.68	175.9	158.3	0.158	366.1	400	1.26	2.47	59.1	117.62	58.5	5.85
N23-B32	320	0.32	21.4	19.3	0.019	127.8	125	1.57	7.39	59.5	110.23	50.7	5.07
N23-B33	10	0.01	155.4	139.9	0.140	344.1	400	1.11	0.03	59.1	117.59	58.5	5.84
B33-N24	380	0.38	136.1	122.5	0.123	322.0	400	0.97	0.85	59.5	116.74	57.2	5.72
N24-B34	15	0.02	30.0	27	0.027	151.2	150	1.52	0.26	59.4	116.48	57.1	5.70
B34-B35	230	0.23	13.0	11.7	0.012	99.5	100	1.49	6.31	58.9	110.17	51.3	5.12
N24-N25	530	0.53	107.0	96.3	0.096	285.5	300	1.36	3.18	62.2	113.57	51.4	5.13
N25-B36	230	0.23	17.8	16	0.016	116.4	125	1.30	3.73	61.8	109.84	48.0	4.80
N25-B37	300	0.30	89.4	80.5	0.081	261.1	300	1.14	1.28	64.8	112.28	47.5	4.74
B37-N26	10	0.01	58.8	52.9	0.053	211.6	300	0.75	0.02	64.9	112.26	47.4	4.73
N26-B38	320	0.32	15.8	14.2	0.014	109.6	150	0.80	1.66	68.7	110.60	41.9	4.19
N26-B39	340	0.34	54.2	48.8	0.049	203.3	250	0.99	1.41	65.4	110.86	45.5	4.54
B39-B40	530	0.53	18.4	16.6	0.017	118.5	200	0.53	0.87	68.9	109.98	41.1	4.10
N2-N3	1070	1.07	147.3	132.6	0.133	335.0	400	1.05	2.78	61.7	122.20	60.5	6.04

N° du tronçon	Longueur du tronçon L(m)	Longueur du tronçon L(km)	Surface (Ha)	débit Q(l/s)	débit Q(m ³ /S)	Diamètre calculé (mm)	Diamètre Normalisé (mm)	Vitesse réelle (m/s)	Perte de charge Totale (m/m)	Cote terrain aval Z(m)	Cote piézométrique (m)	Pression (m)	Pression (bars)
N3-B41	190	0.19	38.3	34.5	0.035	170.9	200	1.10	1.25	60.8	120.95	60.1	6.01
B41-B42	210	0.21	18.8	16.9	0.017	119.6	125	1.37	3.77	63	117.18	54.2	5.41
N3-B43	440	0.44	110.2	99.2	0.099	289.8	300	1.40	2.79	64.7	119.41	54.7	5.47
B43-N4	290	0.29	88.7	79.8	0.080	259.9	300	1.13	1.22	66	118.19	52.2	5.21
N4-B44	470	0.47	23.6	21.2	0.021	134.0	150	1.20	5.20	64.6	112.99	48.4	4.83
N4-N5	360	0.36	65.1	58.6	0.059	222.7	250	1.19	2.10	69.5	116.08	46.6	4.65
N5-B45	200	0.20	28.6	25.7	0.026	147.5	150	1.45	3.18	69.9	112.90	43.0	4.30
N5-B46	420	0.42	36.7	33	0.033	167.1	200	1.05	2.54	70.3	113.55	43.2	4.32
B46-B47	410	0.41	21.2	19.1	0.019	127.2	150	1.08	3.72	69	109.82	40.8	4.08

IV.6 Conclusion

Les calculs hydrauliques indiquent l'existence de multiples choix concernant le système d'irrigation et cela vu les valeurs des pressions aux bornes qui varient de (3bars à 7.25bars).

V- Mode d'arrosage

V.1 Introduction

L'irrigation est une opération qui consiste à apporter artificiellement de l'eau à des cultures en cas de manque ou d'insuffisance des ressources naturelles. L'irrigation permet d'augmenter les rendements ou de permettre des cultures dans des zones à fort déficit pluviométriques.

Les systèmes d'irrigation permettent l'arrosage de superficies aménagées de plus ou moins grandes tailles. Les superficies aménagées peuvent être en maîtrise totale ou partielle d'eau.

Il existe suivant les pays, plusieurs systèmes d'irrigation généralement classés d'après la taille des aménagements. Lorsque les superficies couvertes par le système d'irrigation permettent d'irriguer plusieurs centaines, voire des milliers d'hectares, on parle de grands aménagements.

Par contre, lorsque les superficies couvertes sont de l'ordre de quelques mètres carrés à des centaines d'hectares, on parle de petits et moyens aménagements.

Les aménagements peuvent être communautaires ou individuels. Les exploitants des aménagements communautaires sont souvent organisés en groupement coopératif.

Dans la plupart des cas, les aménagements communs sont réalisés par l'État ou des organismes actifs dans le secteur du développement rural.

Dans le cas des grands périmètres ils sont organisés sur la base de réseau d'irrigation définitif avec des canaux primaires en béton à ciel ouvert ou en tuyauterie enterrée (semi-californien) et des stations de pompages ou des vannes de régulation.

Dans le cas des petits périmètres de type individuel, ils sont réalisés par les producteurs eux-mêmes, généralement sans aucune étude préalable. Ces aménagements sont installés autour des points d'eau, de façon éparse et les irrigants y travaillent individuellement ou en petits groupements. Ils utilisent des motopompes et d'autres équipements qui permettent de pomper ou de puiser l'eau. Les raies, planches et réseaux d'irrigation sont conçus généralement pour une campagne de production.

Les systèmes d'irrigation connus depuis l'antiquité ont beaucoup évolués et peuvent se classer globalement en 2 ou 3 systèmes (suivant les auteurs), en fait il existe également un autre système est appelé irrigation souterraine qui ne sera pas abordé dans ce travail.

V.2 Les techniques d'irrigation

V.2.1 Irrigation gravitaire (ou de surface) :

Les irrigations de surface recouvrent l'ensemble des techniques d'irrigation où l'eau disponible en tête de parcelle est répartie sur le terrain à irriguer par un écoulement gravitaire de surface, ne nécessitant aucun aménagement adéquat du sol.



FigureV- 1 irrigation de surface

<https://www.aboutcivil.org/surface-irrigation-methods.html>



FigureV- 2 Irrigation par rigole

<https://www.alamyimages.fr/photos-images/surface-irrigation.html>

On classe généralement les différentes techniques d'irrigation de surface en trois groupes principaux (Ollier & Poirée, 1981) : irrigations par submersion, irrigations par ruissellement, irrigations par rigoles d'infiltration.

L'apport en eau à la parcelle se fait entièrement à l'air libre par simple écoulement à la surface du sol. La répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissèlement, infiltration, et capillarité). En irrigation de surface, la distinction entre les différentes techniques est essentiellement fondée sur la méthode d'application de l'eau : ruissèlement et submersion et infiltration latérale ou de haut en bas (Rober Tiercelin et Vidal, 2006)

L'irrigation de surface ou irrigation gravitaire est le mode d'irrigation le plus ancien et le plus répandu dans le monde (Rieul, 1997).

V.2.1.1)a- Irrigation par bassin (Submersion)

Cette méthode consiste à introduire la dose d'arrosage à l'intérieur de planches horizontales bordées par des diguettes et formant bassin de submersion.

L'eau est amenée aux bassins par un canal arroseur situé entre deux séries de bassins adjacents.. La culture du riz qui nécessite des volumes d'eau importants est un des exemples de ce type d'irrigation. (Source : <https://www.universalis.fr/encyclopedie>)

V.2.1.2)b- Irrigation par planches (ruissellement)

L'irrigation à la planche, s'effectue par ruissellement d'une lame d'eau sur une planche (terrain en pente parfaitement nivelée) délimitée par deux diguettes longitudinales ou levées. L'eau est déversée à la partie supérieure de la planche constituant le petit côté d'un rectangle.

V.2.1.3)c- Irrigation à la raie (infiltration)

Avec l'irrigation à la raie, l'eau ne ruisselle que sur une faible partie de la surface du sol dans des raies ou sillons préalablement aménagés et qui constituent des rigoles d'infiltration.

L'irrigation par ruissellement et infiltration présentent plusieurs inconvénients :

- ❖ Elle nécessite un aménagement préalable du terrain.
- ❖ Le volume d'eau utilisé est important.
- ❖ Pertes d'eau considérable.
- ❖ Elle nécessite beaucoup de mains d'œuvre, la durée de l'arrosage est plus longue.

Les techniques d'irrigation de surface entraineraient un apport excessif d'eau et pour réduire les pertes, des améliorations ont été introduites par des dispositifs mécaniques qui permettent de mieux contrôler la répartition de l'eau en tête de parcelle et les débits délivrés dans les raies ou sur les planches et dans les bassins. Ce sont notamment les siphons, les gaines souples, les tubes à vannettes, qui sont utilisés pour réduire les volumes d'eaux distribuées. (Source : <https://arrosage.irrig.fr/> -arrosage surface)

Le tableau suivant représente les avantages et inconvénient de l'irrigation de surface :

Tableau V- 1 Avantage et inconvénient d'irrigation de surface

Avantage :	Inconvénients :
<ul style="list-style-type: none"> - Coût d'investissement faible - Apport énergétique nul - Réalimentation de l'aquifère 	<ul style="list-style-type: none"> - Besoins en main d'œuvre importants - Coûts importants en cas d'ouvrages (bassin, galerie) - Pertes d'eau importantes selon la nature du sol - Lieu de points de distribution fixe, parcellaire figé - Nécessite un terrain plat ou un nivellement - faible efficience - Estimation du volume réellement consommé difficile - Pollution possible par déversement

Source : Elaboré d'après Tiercelin J.-R. & Vidal A., eds. Traité d'irrigation. 2e éd. Paris : Lavoisier, 549-583

V.2.2 L'irrigation par aspersion :

C'est un réseau de conduites sous pression portant des asperseurs ou des buses, conçu pour projeter des jets ou pulvériser de l'eau sous forme de fine gouttes à la surface du sol. C'est un système d'irrigation intégré, l'eau circule dans des canalisations et sort par des tuyaux mobiles qui la distribuent aux cultures grâce à des systèmes d'aspersion.

Le but d'une irrigation par aspersion est l'application uniforme de l'eau sur l'aire occupée par la culture. Le système d'irrigation doit être conçu pour appliquer l'eau à un taux inférieur à la capacité d'infiltration du sol et éviter ainsi les pertes par ruissellement. (Source : cours Ensh)

V.2.2.1) Différentes installations à la parcelle :

En pratique, deux solutions extrêmes peuvent être envisagées : L'installation totalement fixée, et l'installation totalement mobile. Dans l'installation fixée, l'ensemble des équipements (pompe, canalisation, asperseur) sont fixés de façon, permanente, ce qui limite une main d'œuvre, mais occasionne des investissements très élevés.



Figure V- 3 Aspersion fixe

Source : <https://arrosage.ooreka.fr/astuce/voir/402109/asperseur-arrosage>



Figure V- 4 Aspersion mobile

Source : <https://arrosage.ooreka.fr/astuce/voir/403215/asperseur-arrosage>

Le tableau suivant regroupe les avantages et inconvénients de cette technique d'irrigation :

Tableau V- 2 Avantage et inconvénients d'irrigation par aspersion

Avantage :	Inconvénients :
<ul style="list-style-type: none"> - Le système s'adapte à n'importe quel type de terrain (pente) et à n'importe quel type de sol - Elle permet l'oxygénation de l'eau - Elle permet d'économiser près de 50% d'eau par rapport au système gravitaire 	<ul style="list-style-type: none"> - Investissement important - Favorise le développement des maladies cryptogamiques et les mauvaises herbes - Les eaux chargées peuvent provoquer l'abrasion ou le colmatage des buses

Source : Elaboré d'après Tiercelin J.-R. & Vidal A., eds. Traité d'irrigation. 2e éd. Paris : Lavoisier, 549-583

V.2.3 Irrigation localisée (goutte à goutte) :

L'irrigation localisée est une méthode relativement récente qui englobe tous les systèmes qui disposent d'un réseau de distribution à la parcelle fixe et sous pression qui permet des apports continus ou fréquents d'eau en des endroits déterminés. (La Rousse).

La micro-irrigation se fait au goutte-à-goutte, l'eau est amenée directement au pied de la plante. C'est un système très économe en eau puisqu'il ne consomme que ce dont la plante a besoin. (La rousse)

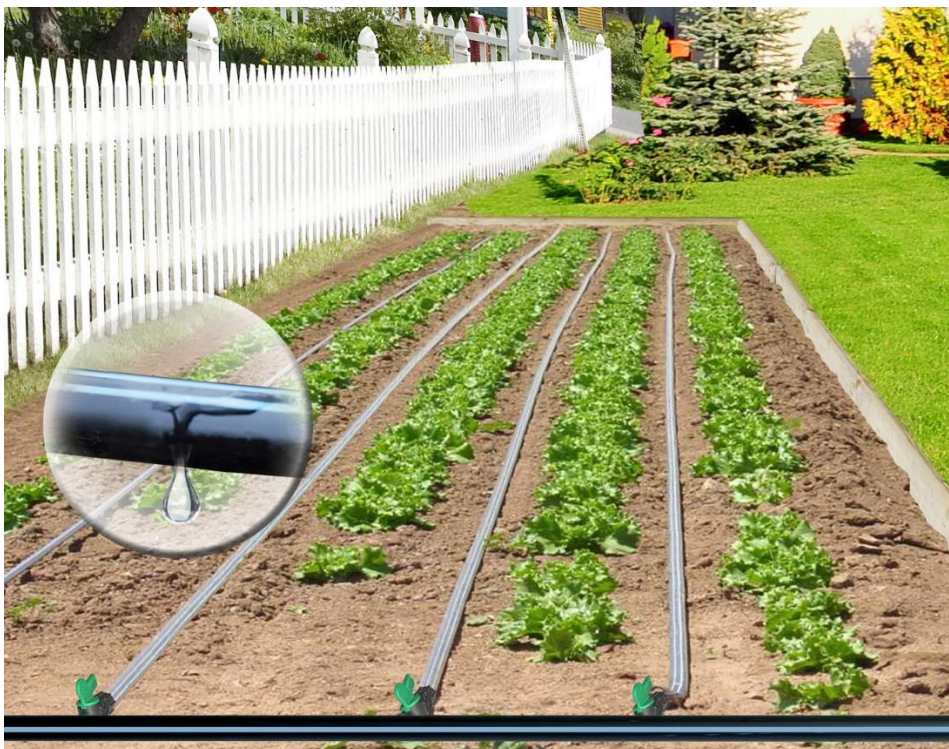


Figure V- 5 Irrigation localisée.

<https://agronomie.info/fr/principes-de-fonctionnement-de-systeme-goutte-a-goutte/>

Le tableau suivant regroupe les avantages et inconvénients de cette technique d'irrigation :

Tableau V- 3 Avantage et inconvénient d'irrigation localisée

Avantage :	Inconvénients :
<ul style="list-style-type: none"> - Efficience améliorée pour l'aspersion, très bonne efficience pour l'irrigation localisée ; - Pas de pertes d'eau dans les conduites de transport (si entretien régulier) ; - Parcellaire non figé - Technique adaptée à tout type de sol - Automatisation possible 	<ul style="list-style-type: none"> - Investissement important ; - Besoins énergétiques importants - Les techniques les plus récentes, nécessitent des formations spécialisées - La maintenance des installations est couteuse - La faible dimension des buses d'aspersion ou des goutteurs nécessitant une eau filtrée - La réalimentation des nappes phréatiques par infiltrations, est réduite

Source : Elaboré d'après Tiercelin J.-R. & Vidal A., eds. Traité d'irrigation. 2e éd. Paris : Lavoisier, 549-583

V.3 Choix de la technique d'arrosage

Les différents systèmes d'irrigation présentent tous des avantages et des inconvénients mais il apparait clairement que le choix d'un système d'irrigation doit tenir compte d'un certain nombre de paramètres, dont la qualité des ressources en terre et en eau, les couts financiers et techniques du système d'irrigation et son aptitude à assurer convenablement l'irrigation de la culture à exploiter (Hlavec, 1992)

Ce qui apparait comme évident et qui peut être mesuré c'est par contre c'est la capacité de l'eau distribuée à être utilisée par la plante, c'est-à-dire l'efficience d'irrigation qui se, définie comme le rapport :

$$EI = \frac{\text{Eau utilisée avantageusement}}{\text{Eau totale appliquée}} \quad (\text{Hlavec, 1992}) .$$

Le tableau suivant représente une analyse de plusieurs critères pour le choix du mode d'arrosage :

Tableau V- 4 Analyse multicritère du choix de la technique d'irrigation.

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	+++
Contrainte économique :			
économie d'eau	x	++	+++

Remarque : x: inadéquat ou déconseillé ; +: Adapté avec réserve; ++: Adapté ; +++: Très adapté

V.4 Technique d'irrigation en Algérie

Les systèmes d'irrigation en Algérie sont généralement dominés par le système gravitaire qui a rapidement évolué dans les années 2000. Cependant au cours des années les autres systèmes d'irrigation (sous pression) ont été favorisés par la politique d'encouragement des systèmes économiseurs d'eau pour la même période comme le montre les 2 tableaux suivants :

Tableau V- 5 Evolution des surfaces irriguées et des systèmes utilisés (2000-2008)

Année	Superficie irriguée totale (ha)	Technique d'irrigation (ha)		
		Gravitaire	Aspersion	Goutte à goutte
2000	350 000	275 000	70 000	5 000
2001	617 427	458 421	102 987	56 028
2002	644 427	433 561	127 570	83 877
2003	722 320	485 019	138 301	99 000
2004	793 334	416 108	159 739	117 487
2005	825 206	524 503	153 006	147 697
2006	835 590	481 046	175 056	179 488
2007	907 293	557 327	183 182	166 784
2008	928 955	583 002	185 080	160 873

Source : D'après bilan 2000-2008 MADR

Tableau V- 6 évolution des surfaces irriguées et du système d'irrigation utilisé (2000-2012-2014)

années	Superficie totale (ha)	Mode d'arrosage	
		gravitaire	Sous pression (goute à goutte+ aspersion)
2000	350 000	73%	27%
2012	1 229 907	58%	42%
2014	1 270 302	49%	51%

Source (FAO, 2015)

Remarque : Ce tableau a été fait par moi-même en regroupant toutes les informations tirées des manuels de la FAO.

L'irrigation gravitaire reste dominante comme le montre les deux tableaux précédents :
Cependant l'irrigation en sous pression (aspersion et localisée) a fait progressivement place ces dernières années de 27 % en 2000 à 42 % en 2012 et 49 % en 2014 (FAO, 2015).

En fait, on constate qu'avec l'augmentation de la superficie irriguée ce sont tous les systèmes d'irrigation qui se sont développés mais c'est le système gravitaire qui a augmenté le plus en superficie.

Cela correspond à une réalité concrète et à des difficultés objectives, généralement les exploitations sont de petites tailles et elles ne disposent pas des moyens financiers nécessaires. Sur un autre plan il y a un manque de formation et de sensibilisation des agriculteurs qui ne maîtrisent pas suffisamment les données relatives aux besoins des plantes en eau et en matière d'irrigation.

V.5 Conclusion

Les différents systèmes d'irrigation présentent tous des avantages et des inconvénients, cependant leur choix dépend d'un ensemble de paramètres, tels que la qualité des ressources en terre et en eau, les coûts d'investissement financiers et technique, et type de culture et mode d'arrosage y correspondant.

En Algérie, on peut donc relever que malgré tous les efforts de l'Etat pour encourager les systèmes économiseurs d'eau (goute à goutte et aspersion), les résultats se heurtent à la réalité du terrain et restent dans l'ensemble moyens.

VI- Dimensionnement à la parcelle

VI.1 Introduction

L'irrigation est l'application de l'eau au sol dans le but de combler le déficit en eau, pour cela il faut réaliser les conditions les plus favorables pour la croissance des plantes.

Quel que soit l'origine de l'eau (nappe souterraine, eau de barrage) et son mode de transport (canaux, conduite sous pression), il faut bien la répartir sur le sol de façon à ce que les plantes en tirent le maximum de profit. Cependant on doit envisager un choix minutieux du mode d'irrigation et de la technique d'arrosage en compatibilité avec les contraintes de la région d'étude.

L'objectif du présent chapitre, est le calcul des installations d'irrigation à la parcelle, pour l'irrigation localisée dont les calculs vont être portés sur une parcelle type.

VI.2 Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte

Dans cette partie on devra faire le dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte appelé aussi système d'irrigation localisé, nous avons choisis d'étudier la culture des oranger et cela par l'intermédiaire des caractéristiques calculées précédemment.

Données générales :

Le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée nécessite la connaissance de données de base comme la surface de la parcelle, les besoins journaliers et le temps maximum journalier de travail [Ollier et Poirre, 1983]

Le réseau d'irrigation sera installé sur l'ilot N°27, alimentée par la borne N27° et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 4.32 bars, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est de 5.8 ha et présente une forme relativement rectangulaire.

- **La culture** : oranger
- **besoin de pointe** : 186.109 mm en juillet
- **caractéristiques de la surface occupées par l'oranger**:
 - surface : 5.8 ha
 - longueur : 306m
 - largeur : 188 m

- **Organisation du réseau** : Avec un écartement de 4*4m, et un espacement des goutteurs 2 m et 2 goutteurs pour chaque arbre.
- **Caractéristique du goutteur** :
 - Débit nominal : 4l/h
 - Pression nominal : 10 m.c.e
 - Espacement des goutteurs : 2 m
 - Le nombre de goutteurs par arbre : 2

VI.2.1 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée

a. Influence du taux de couverture du sol :

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

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

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

- KELLER et KARMELI (1974) :

$$K_r = \frac{C_s}{0.85} \dots\dots\dots \text{(VI.1)}$$

- La formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_s + 0.5(1 - C_s) \dots\dots\dots \text{(VI.2)}$$

- La formule de Decroix (CTGREF) :

$$K_r = 0.1 + C_s \dots\dots\dots \text{(VI.3)}$$

On prévoit un taux de couverture égale à 60% (pour les arbres adultes) donc :

$K_r = 0.70$ Selon KELLER et KARMELI

$K_r = 0.80$ Selon Freeman et Garzoli

$K_r = 0.70$ Selon Decroix (CTGREF)

On prendra un coefficient $K_r = 0.80$

$$B_{jl} = B_j \times K_r \quad \dots\dots\dots \text{(VI.4)}$$

Le besoin maximum = 186.109 mm (mois de pointe juillet)

- Besoin en eau journalière : $B_j = 186.109/30 = 6.20$ mm/jour

$$B_{jl} = 6.2 \times 0.8 = \mathbf{4.96 \text{ mm/j}}$$

b. Dose nette (Dose pratique)

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

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

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \times Y \times Z \times d_a \times P \% = RFU \times P\% \quad \dots\dots\dots \text{(VI.5)}$$

Tel que :

H_{cc} : humidité a la capacité au champ (26%)

H_{pf} : humidité au point de flétrissement (12%)

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

Z : profondeur d'enracinement en (1100 mm)

D_a : Densité apparente 1.4

P : Pourcentage du sol humidifié

On calcule le pourcentage du sol humidifié.

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

P% : Pourcentage du sol humidifié.

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

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

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

S_r : Ecartement entre rangs d'arbres 5 m.

S_a : Espacement des arbres sur les rangs 5m.

$$P\% = 25\%.$$

Donc :

$$D_p = (26 - 12) \times \frac{2}{3} \times 1000 \times 1.4 \times 25 \% = 36 \text{ mm}$$

c. Calcul de la dose brute

$$D_{brute} = \frac{D_p}{C_u \times E_{ff}} \dots\dots\dots (\text{VI.6})$$

Avec :

C_u : coefficient d'uniformité qui est égal à 90%

E_{ff} : efficacité du réseau d'irrigation qui est égal à 90%

D'où :

$$D_{brute} = \frac{36}{0.9 \times 0.9} = 44.44 \text{ mm/mois}$$

d. Calcul de la fréquence d'arrosage

La fréquence d'arrosage est en fonction du besoin journalier qu'il faut satisfaire et de la dose réelle nette, elle est donnée par la formule suivante :

$$F_r = \frac{\text{dose nette}}{B_{jl}} \dots\dots\dots (\text{VI.7})$$

$$F_r = \frac{36}{4.96} = 7.25 \text{ jours}$$

Donc on prend $F_r = 7 \text{ jours}$, et on recalcule la nouvelle dose réelle nette tel que: \approx

$$D_r = 7 \times 4.96 = 34.72 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{VI.8})$$

La nouvelle dose brute est alors égale à :

$$D_{brute} = \frac{34.72}{0.9 \times 0.9} = 42.86 \text{ mm} \dots\dots\dots (\text{VI.9})$$

e. La durée d'arrosage par mois

$$\theta = \frac{D_{brute} \times S_d \times S_r}{n \times Q_g} \dots\dots\dots (\text{VI.10})$$

Avec :

S_d : Espacement entre les distributeurs.

S_r : Espacement entre les rangs.

n : le nombre des goutteurs.

Q_g : Débit des goutteurs.

$$\theta = \frac{42.86 \times 2 \times 4}{4 \times 2} \approx \mathbf{42.86 \text{ heures/mois}}$$

f. Durée d'arrosage journalier

$$D_j = \frac{\text{Durée d'arrosage}}{F_r} \dots\dots\dots \text{(VI.11)}$$

$$D_j = \frac{42.86}{7} \approx \mathbf{5.9 \text{ heures/jours}}$$

g. Nombre de postes

Le nombre de postes par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{20}{6} = \mathbf{3.33 \text{ postes}} \dots\dots\dots \text{(VI.12)}$$

On prend **3** postes

h. La surface du poste

La surface du poste est définie par la formule suivante :

$$S_p = \frac{\text{La surface totale}}{\text{Le nombre de postes}} = \frac{5.8}{2} = \mathbf{2.9 \text{ ha}} \dots\dots\dots \text{(VI.13)}$$

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

VI.2.2 Calcul hydraulique

1. Conditions hydrauliques de base :

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

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\% \dots\dots\dots \text{(VI.14)}$$

La variation maximale de la pression :

$$q = K \times H^X \quad \dots\dots\dots \text{(VI.15)}$$

Avec :

K : constante dimensionnelle donnée par le fabricant

H : la pression dans la rampe en mètre colonne d'eau

X : exposant caractérisant le goutteur

X= 0.3 a .8 pour les goutteurs non autorégulant, pour les goutteurs autorégulant X est voisin de 0, dans notre cas on prend X=0.5.

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

Avec :

$q(g)$: Débit nominal du goutteur

$H(n)$: Pression nominale

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

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

2. Le débit :

$$Q_r = Q_g \times N_g \quad \dots\dots\dots \text{(VI.16)}$$

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r \quad \dots\dots\dots \text{(VI.17)}$$

Avec :

Q_r : debit de la rampe (l/h)

Q_{pr} : debit du porte rampe (l/h)

Q_g : débit du goutteur (l/h)

N_r : nombre de rampes

N_g : nombre de goutteurs

Le porte rampe coupe la surface du terrain au milieu de la parcelle, donc on a :

- La longueur de la rampe : $L_r = 188/2 = 94 \text{ m}$

- La longueur de la porte rampe : $L_{pr} = 306$ m

3. *Le nombre d'arbres par rampe :*

$$N_{arbres/rampe} = \frac{L_r}{E_R} = \frac{94}{4} = 24 \text{ arbres} \quad \dots\dots\dots (\text{VI.18})$$

4. *Le nombre de goutteurs par rampe :*

$$N_{goutteurs/rampe} = N_{arbres} \times n = 24 \times 2 = 48 \text{ goutteurs} \quad \dots\dots\dots (\text{VI.19})$$

5. *Le nombre des rampes :*

$$N_r = \frac{L_{pr}}{E_r} = \frac{306}{4} = 77 \text{ rampes} \quad \dots\dots\dots (\text{VI.20})$$

6. *Débit de la rampe :*

Les débits des goutteurs sont de 1 à 8 l/h et ils ont une pression de 1 bar. En pratique, on utilise le plus souvent 2 l/h pour les cultures maraîchères et 4 l/h pour les cultures pérennes.

$$Q_r = Q_g \times N_g \quad \dots\dots\dots (\text{VI.21})$$

$$Q_r = 4 \times 48 = 192 \text{ l/h}$$

7. *Débit de la porte rampe :*

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r \quad \dots\dots\dots (\text{VI.22})$$

$$Q_{pr} = 192 \times 77 = 14784 \text{ l/h} = 4.11 \text{ l/s}$$

8. *Le nombre de porte rampe :*

$$N_{pr} = 1 \text{ porte rampe}$$

9. *Débit de la conduite tertiaire :*

$$Q_{ct} = Q_{pr} \times N_{pr} \quad \dots\dots\dots (\text{VI.22})$$

$$Q_{ct} = 4.11 \text{ l/s} \times 1 = 4.11 \text{ l/s}$$

VI.2.3 Dimensionnement des canalisations du réseau

Les rampes et les portes rampes sont généralement fabriquées en polyéthylène de basse densité ou bien en polyéthylène de haute densité, et qui sont conçues pour résister à des pressions nominales de 4 à 6 bars.

- **La conduite tertiaire (conduite d'approche) :**

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

- **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 (PEMD), soit en chlorure de polyvinyle rigide (PVC).

- **Les rampes :**

Qui sont toujours en PEBD (polyéthylène basse densité, diamètre normalisé 16,20,25,32,40,50,63,75,90,110,125mm), à l'exception de quelques installations où l'on a utilisé du PVC rigide de petit diamètre.

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

$$\varnothing r(cal) = \left[\frac{P.d.c(r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \dots\dots\dots (VI.23)$$

$$\varnothing pr(cal) = \left[\frac{P.d.c(pr) * 2.75}{0.478 * Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \dots\dots\dots (VI.24)$$

Avec

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

La répartition de la perte de charge est :

- Sur les portes rampes p.d.c (pr) = 0.6 mce
- Sur les rampes p.d.c (r) = 1.2 mce

VI.2.3.1) Vérification des pertes de charges

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, On recalcule les pertes de charges pour un D = 16 mm, Perte de charge selon hazen-williams.

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_w} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.852} \dots\dots\dots \text{(VII.25)}$$

Avec:

L: longueur de la conduite

Q : débit en (l/h)

D : diamètre intérieur de a canalisation

VI.2.3.2) Calcul du diamètre de la rampe et vérification de la perte de charge :

a) **Calcul du diamètre :**

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

Q(r)=192 l/h , L(r) =94

$$\varnothing r(cal) = 12.02 \text{ mm}$$

On prend un diamètre normalisé de 16 mm.

b) **Vérification de la perte de charge :**

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

CW=140 PEBD, L= 94 m, D=0.016 m, Q= 192 l/ h = 5.33×10⁻⁵ m³/s

ΔH_Rampe= 0.72 m

La valeur de la perte de charge est inférieure à 1.2 m.c.e (hr max) et remarque que la perte de charge ne dépasse pas la limite imposée par la règle de Christiansen.

VI.2.3.3) Calcul du diamètre de la porte rampe et vérification de la perte de charge :

a) **Calcul du diamètre :**

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

$Q_{pr}=14784 \text{ l/h} . L(pr)=306\text{m}$

$$\phi_{pr(cal)} = \mathbf{90.4mm}$$

On prend un diamètre normalisé de 110 mm

b) **Vérification de la perte de charge :**

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

$CW=140 \text{ PEBD}, L= 306 \text{ m}, D=0.110\text{m}, Q= 14784 \text{ l/h} = 4.11 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

$\Delta H_{\text{ Porte rampe}}= \mathbf{0.72 \text{ m}} > \mathbf{0.6}$ ► elle n'est pas vérifié donc on joue sur diamètre

Pour réduire les pertes de charge, on prend **D= 125m**

Et on trouve $\Delta H_{\text{ Porte rampe}}=\mathbf{0.39 < 0.6}$ ► vérifié

Les pertes de charges totales dans le réseau sont de 1.24 m, donc elles sont inférieures à 1.8 m.

On remarque que la perte de charge totale ne dépasse pas la limite imposé par la règle de Christiansen.

c) **Calcul des diamètres de la conduite tertiaire**

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

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

Après normalise le diamètre, et on recalcule notre nouvelle vitesse **Vcal (m/s)**

Et on fait la même chose pour les pertes de charge avec la loi :

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_w} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.852} \dots\dots\dots(\text{VIII.55})$$

Tableau VI- 1 Calcul de diamètre des conduites tertiaires

Culture	Surface m ²	L(m)	Q (m ³ /s)	V (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
Olivier	58000	10	0.00411	1.05	70.2	125	0.93	0.01

VI.2.4 La pression d'eau a la borne de distribution :

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

Les pertes de charge de la borne jusqu'au le goutteur le plus défavorable :

Tableau VI- 2 Tableau récapitulatif.

Conduites	La rampe	Porte rampe	Conduite tertiaire
Longueur(m)	94	306	10
Diamètre(m)	0.063	0.125	0.125
Débit (m ³ /s)	0.0000533	0.00411	0.00411
Pertes de charge(m)	0.72	0.39	0.01

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

Donc la pression demandée à la borne égale à la pression nominale plus la somme des pertes de charges.

$$P(m) = 10+0.72+0.32+0.01= \mathbf{11.05\ m} \dots\dots\dots (\mathbf{VI.26})$$

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

VI.3 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé le dimensionnement de l'irrigation à la parcelle d'un système goutte à goutte ou localisée.

Pour cette technique d'irrigation on doit tenir compte des facteurs agronomiques et hydrauliques afin d'aboutir à un bon dimensionnement. Elle est nettement plus économique que n'importe quelle autre technique d'irrigation et donc elle est plus économique en terme de ressource en eau pour participer dans le développement d'agriculture.

VII- Calcul techno économique

VII.1 Introduction :

A travers ce chapitre on fera une estimation du cout global du projet de l'aménagement hydroagricole du périmètre du secteur DR21 (Mitidja centre). Pour se faire il est important de quantifier l'ensemble des travaux à entreprendre et qui sont :

- Canalisation du Réseaux de distribution
- Terrassement
- Equipement hydrotechnique
- Installation du chantier
- Béton maçonnerie

VII.2 Estimation de l'aménagement agricole :

VII.2.1 Canalisation du réseau de distribution

Les prix des conduites sont détaillés comme suit :

Tableau VII- 1 Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.

type Conduite (mm)	unité	quantité	Prix (Da/ml)	total
Ø100	ml	440	600	264 000
Ø125	ml	2 550	800	2 040 000
Ø150	ml	3 665	1 000.00	3 665 000
Ø200	ml	3 025	1 400.00	4 235 000
Ø250	ml	2 655	2 100.00	5 575 500
Ø300	ml	3 620	3 200.00	11 584 000
Ø400	ml	3 525	5 000.00	17 625 000
Ø500	ml	720	12 900.00	9 288 000
Ø600	ml	1 060	12 900.00	13 674 000
Ø700	ml	960	14 300.00	13 728 000
Ø900	ml	50	17 100.00	855 000

Totale (HT)= 82 533 500 DA

VII.2.2 Frais des travaux sur réseau d'irrigation (Terrassement)

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

a) Exécution des tranchées : C'est une opération de terrassement (déblais) qui consiste à faire des excavations. Ces excavations seront faites par une pelle hydraulique et les déblais seront posés à côté de la tranchée, l'autre côté étant réservé au bardage des conduites.

b) Pose du lit de sable : Cette opération consiste à poser un lit de sable au fond de la tranchée, ce lit aura une épaisseur de 20cm dans notre cas.

c) Pose des conduites : Avant la pose des conduites dans chaque fouille, on procède à un tri des conduites de façon à écarter celles qui ont subies des chocs ; et on les descend lentement à l'aide d'un engin de levage, dans le fond de la fouille. Au cours de pose, on vérifie régulièrement l'alignement des tuyaux pour n'avoir pas des difficultés au raccordement des conduites.

d) Epreuve de joint et de la canalisation : Pour plus de sécurité, l'essai de pression des conduites et des joints se fait avant le remblaiement, on l'effectue à l'aide d'une pompe d'essai qui consiste au remplissage en eau de la conduite sous une pression de 1,8 fois la pression de service à laquelle sera soumise la conduite lors du fonctionnement. Cette épreuve doit durer 30 minutes environ où la variation ne doit pas excéder 0.2 bar.

e) Remblayage des tranchées : C'est une opération de terrassement qui consiste à enterrer la conduite, en utilisant le remblai résultant de l'excavation.

f) Nivellement et compactage : Une fois le remblai fait, on procède au nivellement qui consiste à étaler les terres qui sont en monticule, ensuite au compactage pour augmenter la densité des terres et éviter le tassement par la suite.

VII.2.2.1) Calcul des volumes de déblais et remblais

La pose des conduites dans le réseau se fait dans des tranchées conçues selon le tracé et l'itinéraire des lignes de conduites et prend en compte les longueurs, les largeurs et les hauteurs de chaque tranchée conçue à recevoir une conduite de diamètre spécifique La largeur de la tranchée varie selon la section des conduites est de :

$$l = D + 2 \times 0.3 \text{ (m)}$$

La hauteur est de :

$$H = D + h_{\text{sable}} + 0.8 \text{ (m)}$$

Avec : h_{sable} : qui est la hauteur du lit de sable comprise entre 0.1 et 0.2 mètres.

L : la longueur de la tranchée en mètres.

D : diamètre de la conduite.

Volume de remblais :

Le volume du remblai est égale à celui des déblais duquel on soustrait le volume de la conduite enterrée on aura donc : $V_{\text{remb}} = V_{\text{deb}} - V_{\text{cond}}$

Avec : $V_{\text{cond}} = \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) L$

Donc : $V_{\text{remb}} = V_{\text{deb}} - \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) L$

Volume de sable :

Le Volume du sable nécessaire pour le lit de sable est égale à :

$$V_{\text{sable}} = h_{\text{sable}} \times L \times l$$

La figure si après illustre la disposition de la conduite au niveau de la tranchée :

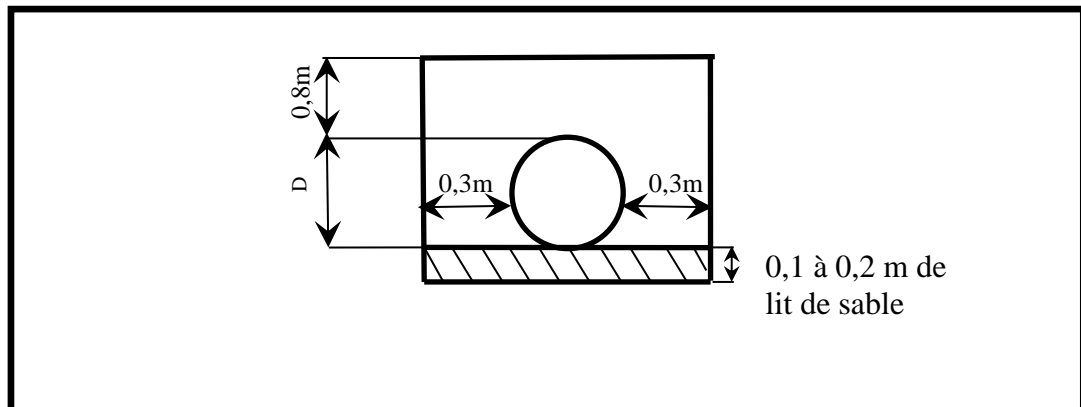


Figure VII- 1 -disposition de la conduite dans une tranchée

- Calcul des différents volumes :

Tableau VII- 2 Quantité des travaux de terrassement.

conduite(\emptyset)mm	l(m)	H(m)	L(m)	V _{deb} (m ³)	V _{cond} (m ³)	V _{sabl} (m ³)	V _{remb} (m ³)	V _{exedentaire} (m ³)
100	0.7	1	440	308	3.45	30.8	304.55	34.25
125	0.8	1	2 550	2040	31.28	204	2008.72	235.28
150	0.8	1.1	3 665	3225.2	64.73	293.2	3160.47	357.93
200	1	1.1	3 025	3327.5	94.99	302.5	3232.52	397.49
250	1	1.2	2 655	3186	130.26	265.5	3055.74	395.76
300	1	1.2	3 620	4344	255.75	362	4088.25	617.75
400	1	1.3	3 525	4582.5	442.74	352.5	4139.76	795.24
500	1.2	1.4	720	1209.6	141.30	86.4	1068.30	227.70
600	1.2	1.5	1 060	1908	299.56	127.2	1608.44	426.76
700	1.5	1.6	960	2304	369.26	144	1934.74	513.26
900	1.5	1.8	50	135	31.79	7.5	103.21	39.29
totale				26569.8		2175.6	24704.68	4040.72

VII.2.2.2) Cout de travaux de terrassement :

Tableau VII- 3 Coût des travaux de terrassement.

conduite	Unité de mesure ⁾	quantité	Prix unitaire(DA)	Montant (DA)
Déblais	m ³	26569.8	1100	29226780
Pose du lit de sable	m ³	2175.6	1100	2393160
Remblais de tranchée	m ³	24704.6842	600	14822810.5
Evacuation des terres excédentaires	m ³	4040.71584	500	2020357.92

TOTALE=48 463 108.4 DA

VII.2.3 Estimation des installations de chantier, Base vie et fournitures :

Tableau VII- 4 Estimation des installations de chantier, base vie et fournitures.

Installation de chantier, Base vie et fournitures	Unité	Prix unitaire (DA)	Prix total (DA)	Prix total (DA)
Installation de chantier	u	5000000	7000000	5000000
Reconnaissance géotechnique complémentaire	u	1000000	1000000	1000000
Replis des installations de chantier, en remise en état des lieux	u	300000	300000	300000
Total (DA)			8300000	8300000

VII.2.4 Equipements hydrotechniques

Tableau VII- 5 Estimation des équipements hydrotechniques.

Equipements	Unité	Final	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
Robineets Vannes				
D125	U	1	27600	27600
D150	U	5	31000	155000
D200	U	5	46000	230000
D300	U	1	10000	10000
D400	U	3	15000	45000
D600	U	1	25000	25000
D700	U	3	30000	90000
Total (DA)				582600
Ventouses				
D150	U	10	50000	500000
Total (DA)				500000
Clapets				
D150	U	1	41000	41000
D200	U	1	55000	55000
Total (DA)				96000
Bornes				
B100	U	30	54700	1641000
B150	U	40	114700	4588000
Total (DA)				6229000
Vanne de régulation				
D700	U	1	1000000	1000000
Total (DA)				1000000
Soupape anti-bélier				
D125	U	2	250000	250000
D200	U	2	450000	900000
Total (DA)				1150000
Grillage avertisseur (bleu)	ml	21850	35	Total (DA) =764750

VII.2.4.1) Total des équipements hydrotechniques :*Tableau VII- 6 Estimation totale des équipements hydrotechniques.*

Désignation	Montant (DA)
Robinets vannes	582600
Ventouses	500000
Clapets	96000
Bornes	6229000
Appareils de protection	1000000
Soupape anti-bélier	1150000
Grillage avertisseur (bleu)	764750
Totale	10 322 350

VII.2.5 Total du béton, et de la maçonnerie :*Tableau VII- 7 Estimation total du béton et de la maçonnerie*

Désignation	Montant (DA)
Bétons	6129600
Coffrage	4012000
Aciers pour armatures	510000
Matériaux	14000
Total (DA)	11665600

VII.2.6 Coût total du projet

Tableau VII- 8 cout total du projet

Divers travaux	Montant (DA)
1- Canalisation	82 533 500
2- Terrassement	48 463 108.4
3- Estimation des installations de chantier, Base vie et fournitures	8 300 000
4- Equipement hydrotechnique	10 322 350
5- Total du bétons, et de la maçonnerie	11 665 600
Totale (Ht)	161 284 558.4
Tva (19%)	30 644 066
Total TTC	191 928 625

VII.3 Conclusion :

Le devis quantitatif total du projet secteur DR 21 est estimé à (191 928 625 Da) **cent quatre-vingt-onze millions neuf cent vingt-huit mille six cent vingt-cinq Dinars** soit un prix de 194 851,00 DA/Hectare, ce qui est conforme aux linéaires des conduites et aux différents travaux faites sur le réseau.

Conclusion Générale

Cette étude nous a permis de connaître, de dérouler et de maîtriser les différentes phases de réalisation d'un projet d'aménagement hydro agricole, et de mettre en pratique nos connaissances dans le cadre d'un cas concret (cas du périmètre DR 21).

En guise de conclusion, nous présentons les principaux constats/conclusions auxquels l'étude a abouti, ils peuvent se résumer comme suit :

- ✓ La zone d'étude (DR21) est une zone fertile propice au développement arboricole et jouit d'un climat sub-humide avec un régime pluviométrique variable en volume et réparti dans le temps. L'irrigation est indispensable durant la période allant du mois d'Avril au mois d'Octobre (les mois les plus secs sont Juillet et Août)
- ✓ La zone d'étude est également propice à l'irrigation avec un rendement appréciable ; l'étude pédologique a déterminé le type de sol, ainsi que les cultures répondant à l'aptitude culturale du sol.
- ✓ L'évaluation des besoins en eau des cultures fait ressortir un déficit hydrique qu'il faudra combler en apportant un volume annuel de 5.94 Hm³ d'eau d'irrigation pour une superficie de 985ha via un réseau d'irrigation judicieusement dimensionné.
- ✓ Les calculs hydrauliques nous indiquent qu'on dispose de multiples choix concernant le système d'irrigation et cela vu les valeurs des pressions aux bornes qui varient de (3bars-7.25bars).
- ✓ Les différents systèmes d'irrigation présentent tous des avantages et des inconvénients, cependant leur choix dépend d'un ensemble de paramètres, tels que la qualité des ressources en terre et en eau, les coûts d'investissement financiers et technique, et type de culture et mode d'arrosage y correspondant. Les systèmes économiseurs d'eau sont souvent recommandés.
- ✓ Le dimensionnement de l'irrigation à la parcelle d'un système de goutte à goutte ou l'irrigation localisée est fortement encouragé, car elle est nettement adaptée et plus économique que n'importe quelle technique particulièrement en période de limitation des ressources en eau.
- ✓ Le devis quantitatif total du projet secteur DR 21 est estimé à (191 928 625) Da deux cents soixante-quatre millions cent vingt-six mille cent trois Dinars soit un prix

Référence bibliographique :

- **MATARLI (2012).** Dimensionnement du réseau d'irrigation du secteur DR13 de la Mitidja centre ;
- • **CLEMENT J M, 1981**«*Larousse Agricole, 1981* », 1208 p « Collection du Musée du Livre ». ASIN: B003N8T502

- **HLAVEK R, 1992** «Critère de choix des systèmes d'irrigation», New Delhi : *ICID*
- **TOUAIBIA, BENINA 2004.** Manuel d'hydrologie ISBN-2-940198-01-2.BLIDA Algérie. mars 2004, 166p ;
- **MESSAHEL M. (2013-2014).** Syllabus de cours : irrigation et drainage. Document non publié, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;
- **ANRH.** Etude agro-pédologique de la Mitidja. 1990.
- **ONID.** Aménagement et équipement du périmètre hydro-agricole de la Mitidja centre secteur DR1 sur 3.332 ha dans la wilaya de Blida..
- **FAO.** Irrigation and Drainage Paper no., 2007, Manuel des techniques d'irrigation sous pression.
- **DANIEL VESCHAMBRE et PIERRE VAYSSE, 1980 :** guide pratique de la micro irrigation par goutteurs et diffuseurs. Edition C.T.I.F.L, INRA ; Sci., 5: 161-172.
- **PHOCAIDES, A.** Manuel des techniques d'irrigation sous pression. 2 ed. FAO : Rome, 2008.
- **Ollier et Poirée,** 1983. Editeur : Eyrolles

Liste des abréviations

ONID : Office Nationale d'Irrigation et Drainage

ONM : Office National de Météorologique.

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

ENSH :Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique.

FAO : Food and Agriculture Organization ou bien l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

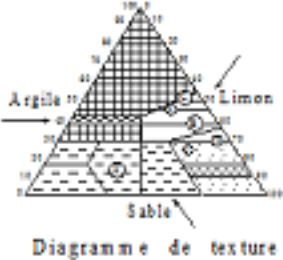
BNEDER : Bureau National Etudes pour le Développement Rural

MADR : Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural.

Liste des Annexes

Annexe 1 : Carte pédologique de la Mitidja

ESQUISSE PEDOLOGIQUE DE LA MITIDJA



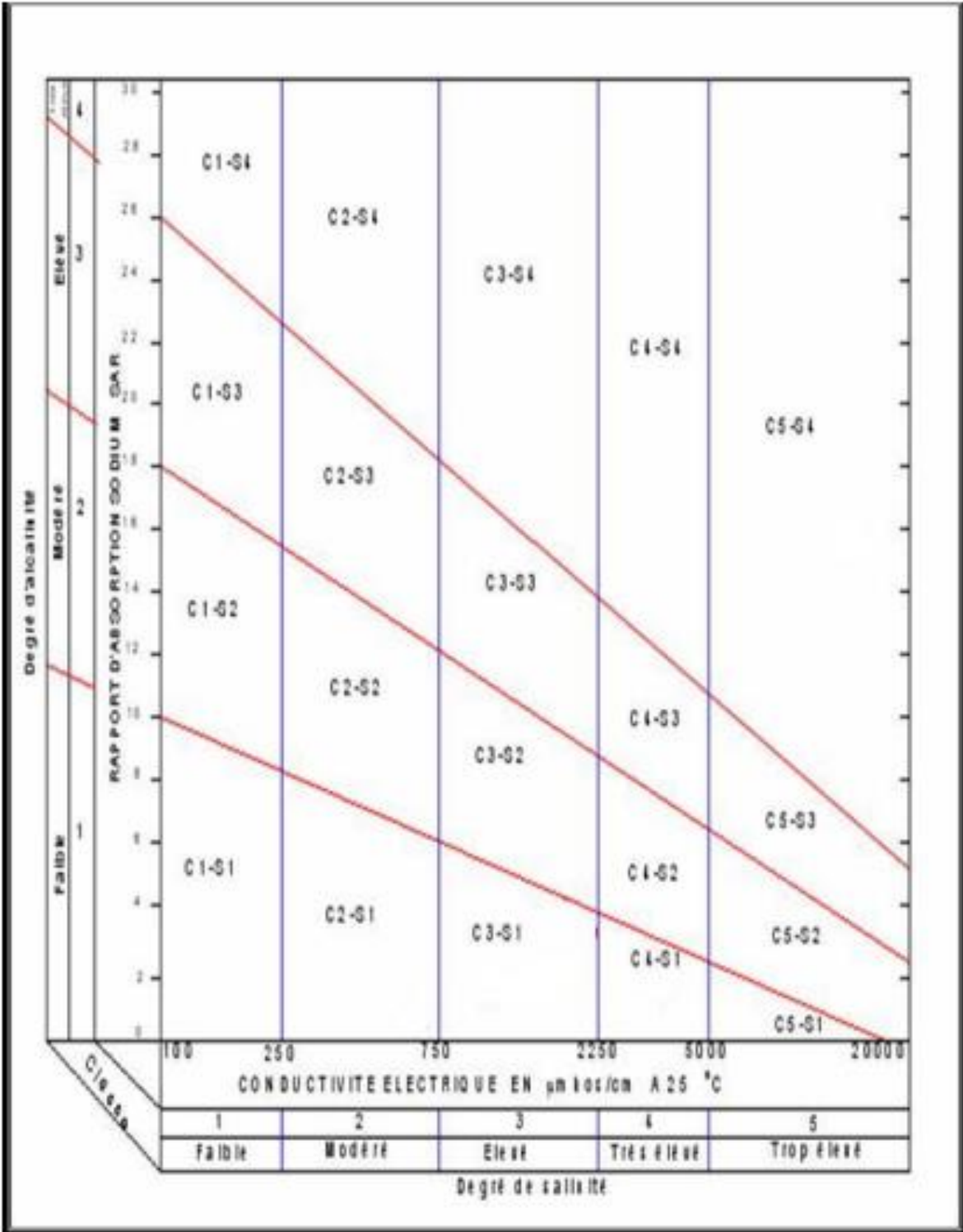
- A sols peu évolués
- B sols peu évolués à tendance hydromorphe
- C sols hydromorphes
- D versisols
- E sols calcomagnésiques
- F sols à sesquioxides de fer

- Argile
- Sable
- Limon

LEGENDE

- A Soli peu evolues d'apport fluvial
 - B Soli peu evolues d'apport colluvial
 - C Soli peu evolues à tendance hydromorphe
 - D versisols
 - E Soli calcomagésiques (carbonatés)
 - F Soli à sesquioxides de fer
- 0 2 4 6 8 10 Km

Annexe2 : qualité d'eau d'irrigation



Annexe 3 : Borne d'irrigation type B100



Annexe 4 : Borne d'irrigation type B150

