



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

DEPARTEMENT Hydraulique Urbaine

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

OPTION : Irrigation et Drainage

THEME :

**DIMENSIONNEMENT DU PERIMETRE
D'IRRIGATION DE LA COMMUNE DE HASSI LEFHEL
(W. GHARDAIA)**

Présenté par :

M^r : BOUKARRAT MOHAMED RIDA

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et Prénom	Grade	Qualité
M ^r RASSOUL Abdelaziz	M.C.A	Présidente
M ^{me} AZIEZ Wahiba	M.A.A	Examinatrice
M ^r YAHIAOUI Samir	M.A.A	Examineur
M ^r KARID Rachid	M.A.A	Examineur
M ^r BOUZIANE Omar	M.A.A	Promoteur

Dec 2016

Dédicace

Je rends un grand hommage à travers ce modeste travail, en signe de respect et de reconnaissance envers :

Ma mère, mon père, mon grand père, ma grande mère

Mes sœurs et mon cher petit frère.

Pour tous les sacrifices et leur soutien moral et matériel dont ils ont fait preuve pour que je réussisse.

Je le dédie également à

Mes collègues : Ilias msili , Ayoub TP, Bouf SAM ,Fayçal Jason Borne ,Brahim passe tir ,Imed candia ,Tarek hadadou , Lotfi berjaji ,Frank et Amouchi

Mes amis : Nassim Sayd , Meriem turbine, Lynda Belba, Khaled jordison, Hafid Cyclope et les autres qui sont nombreux.

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

REMERCIEMENT

*Au terme de ce projet, fruit de mes années de labeur, je tiens à remercier
sincèrement*

Dieu, de m'avoir octroyé les moyens et les personnes qui m'ont aidé dans mon élaboration.

*On tient à remercier notre promotrice Mr. BOUZIANE.O., de m'avoir assisté le long de la
réalisation du travail, qu'il trouve ici nos sincères gratitude et nos profondes*

*reconnaisances pour tous les efforts qui ont été déployé dans ce sujet, ainsi que de sa
compréhension et de sa patience.*

*Nous remercions les membres du jury : M. RASSOULA. de vouloir bien examiner
ce travail et présidé la soutenance, Mme. AZIEZ.W, M. YAHIAOUI.S. et M.*

KERID.R. d'avoir accepté d'examiner notre travail.

*Nous remercions également tout le personnel de DRE Skikda, et du BET de
ADGERIOU ABDELMAJID pour leur accueil.*

*Nous remercions nos enseignants et tout le personnel de l'ENSH pour leurs
contributions*

à notre formation d'ingénieur d'état en hydraulique.

Merci

ملخص

هذه المذكرة تندرج ضمن السياسة المتعلقة بتسيير المساحات المسقية، و الذي يسعى إلى تحقيق مردود معتبر من الناحية الإنتاجية. مستخدما أفضل أنواع تقنيات السقي. مع المحافظة على الموارد المائية و الأخذ بعين الاعتبار الظروف المناخية، نوعية التربة، و نوعية المياه المستخدمة و هذا لن يأتي إلا بتبني و استخدام الطرق النوعية في تحديد مستلزمات الأشجار أو مختلف المزروعات الأخرى من المياه و تقديمها بطرق لا يكون فيها معامل تبذير المياه كبير كل هذا مع ضمان إنتاج وفير بأقل تكلفة.

Résumé

Ce mémoire rentre dans le cadre de la politique de gestion des périmètres d'attendre un rendement élevé à la productivité. En utilisant meilleurs techniques d'irrigation. Toute en préservant les ressources hydriques, et en tenant compte des conditions Climatiques, la qualité du sol et la qualité des eaux utilisées. Ce par adoption de meilleures méthodes de calcul des besoins en eau des arbres, et des différentes cultures. Et d'avoir bon coefficient d'efficience pour la distribution. Tout cela pour atteindre une production avec le moindre coût

Abstract

This memory returns within the framework of the Policy of the management of the perimetre irrigate , et it with an aim of awaiting a high output the en productivity using best the techniques of the touted irrigation by preserving the hydrous resources , et by taking climatic account of the conditions , the quality of ground and the quality of water used by adoption of best the methods of calculation of the requirements out of water for the trees , and the efferent cultures to have a good coefficient of efficiency for the distribution that to await a good production with lower cost .

Table des matières

CHAPITRE I : ANALYSE DES CONDITIONS NATURELLES

Introduction.....	1
I.1. Situation géographique :	1
I.2. Relief :	2
I.3. Climatologie :	3
I.3.1. Pluviométrie :	3
I.3.1.1. Pluviométries moyennes mensuelles :	3
I.3.1.2. Nombre moyen de jours pluvieux :	4
I.3.2. Température :	4
I.3.3. Nébulosité	4
I.3.4. Vent	5
I.3.5. Evaporation :	5
I.3.6. Insolation :	6
I.3.7. Humidité relative de l'air :	6
I.3.8. Indices climatiques :	6
I.3.8.1. Indice d'aridité de Martonne :	6
I.3.8.2. Quotient pluviométrique d'Emberger... ..	7
I.3.8.3. Climogramme de Gaussen :	9
Conclusion.....	9

CHAPITRE II : RESSOURCES EN EAU ET EN SOL

Introduction	10
I. Ressources en eau	10
I.1. Eaux de surface	10
I.2. Eaux souterraines	10
I.2.1. La nappe du Complexe terminal (C.T).....	11
I.2.2. La nappe du continental intercalaire(C.I).....	12
I.4. Qualité des eaux d'irrigation	13
I.4.1. La salinité	13
I.4.2. Les limites admissibles	14
I.4.3. Analyse de la situation des forages.....	14
II. Pédologie	17
II.1. Ressources en sol	17
II.1.1. Occupation du sol.....	17
II.1.2. Potentialités.....	18
II.1.3. Contraintes.....	19
II.2. Classification des sols de la zone d'étude	19
II.2.1. les sols minéraux bruts xériques organisés d'ablation (regs).....	20
II.2.2. Les sols peu évolués xériques gris subdésertiques à encroutement calcaire..	23
.....	23

II.3. Aptitudes culturelles	25
Conclusion.....	23

CHAPITRE III : HYDROLOGIE ET BESOIN EN EAU

Introduction.....	27
III.1. Etude statistique des précipitations	27
III.1.1. Etudes de la précipitation annuelle.....	27
III.1.2. Ajustement à la loi de Gauss.....	28
III.1.3. Test de validité pour la loi Normale (test de Khi carré).....	30
III.1.4. Ajustement des pluies annuelles à la loi du log-normale (loi de Galton).....	31
III.1.5. Test de validité de l'ajustement à la loi log-normale (loi de Galton)	33
III.1.6. Homogénéité des séries pluviométrique	34
III.2. Détermination de L'année de calcul.....	36
III.3. Calculs des besoins en eau des cultures	37
III.3.1. Etude agronomique	37
III.3.1.1. Choix des cultures.....	37
III.3.1.2. Les Coefficients culturaux (K c).....	38
III.3.2. Besoins en eau des cultures :.....	39
III.3.2.1. Détermination de l'évapotranspiration :.....	39
III.3.2.2. Calcul de la pluie efficace :	41
III.3.3. Détermination des besoins en eau d'irrigation	44
III.3.3.1. Détermination des besoins d'Ali.....	44
III.3.3.2. Détermination des besoins des Pomme de terre	45
III.3.3.3. Détermination des besoins des Poivrons.....	46
III.3.3.4. Détermination des besoins des carottes	47
III.3.3.5. Détermination des besoins des navets.....	48
III.3.3.6. Détermination des besoins des haricots	49
III.3.3.7. Détermination des besoins sorgho.....	50
III.3.4. Calcul de débit spécifique :	51
Conclusion.....	54

CHAPITRE IV : ETUDE DE RESEAU D'ADDUCTION ET DE DISTRIBUTION

Introduction.....	55
IV.1. Les techniques d'arrosage des cultures	55
IV.1.1. L'irrigation gravitaire	55
IV.1.1.1. L'irrigation par ruissellement	55
a) Les avantages de l'irrigation par ruissellement	55
IV.1.1.2. L'irrigation par submersion	56
IV.1.1.3. l'irrigation par infiltration	57
IV.1.2. L'irrigation par aspersion.....	59
IV.1.3. L'irrigation localisée.....	59
IV.2. Choix des techniques d'arrosage.....	60

IV.2.1. Les contraintes naturelles	61
IV.2.1.1. L'évaporation	61
IV.2.1.2. Le vent.....	61
IV.2.1.3. Le sol	61
IV.2.1.4. La pente	61
IV.2.2. Les contraintes techniques	61
IV.2.3. Les contraintes agronomiques	61
IV.3. Le réseau d'irrigation :.....	63
IV.3.1. Types et variantes d'adduction :	63
IV.3.2. Choix de la variante:.....	64
IV.4. Réseau de distribution :.....	64
IV.4.1. Calcul des débits des ilots :.....	65
IV.4.2. Choix du tracé des bornes	65
IV.4.3. Choix du type de borne :	65
IV.4.4. Calcul des débits aux bornes :	66
IV.4.5. Calcul des diamètres des canalisations	67
IV.4.6. Calcul de perte de charge dans les conduites	69
IV.4.7. Calcul de pression aux bornes et nœuds :.....	71
IV.5. Dimensionnement du Réservoir	72
IV.5.1. Dimensionnement du réservoir de distribution	72
Conclusion.....	72

CHAPITRE V : IRRIGATION PAR ASPARSEUR

Introduction.....	74
V.1. L'avantage de l'aspersion	74
V.2. L'inconvénient de l'aspersion	74
V.3. Réseau d'aspersion	75
V.3.1. Structure d'un réseau d'aspersion.....	75
V.4. Les appareils d'aspersion	76
V.4.1. Les arroseurs à bras oscillants 1 ou 2 jet.....	76
V.4.2. Les canons :	77
V.4.3. Le pivots fixé ou déplaçables	77
V.4.4. L'enrouleur	77
V.4.5. Rampe fixée.....	78
V.4.6. Rampes perforées oscillantes.....	78
V.5. Différents installation a la parcelle	78
V.5.1. Couverture partiel minimum	79
V.5.2. Couverture total (quadrillage total)	79
V.5.3. La couverture intégrale.....	79
V.6. Les dispositifs usuels	80
V.6.1. Dispositif en carre (asperseur au sommet des carrés).....	80
V.6.2. Le dispositif en triangle.....	80
V.6.3. 3 Dispositif en rectangle	80

V.7. Dimensionnement du réseau d'irrigation par Aspersion	81
V.7.1. Détermination du diamètre d'ajutage, le nombre d'asperseurs à utiliser et le nombre de rampes à mettre en place.....	81
V.7.2. Nombre de poste d'arrosage.....	84
V.7.3. Nombre de position des rampes :	85
V.7.4. Nombre d'asperseurs	85
V.7.5. La rampe	86
V.7.6. La porte rampe	87
V.7.7. Perte de charge	87
V.7.8. Calcul de pression.....	89
Conclusion.....	89

CHAPITRE VI : ORGANIATION DE CHANTIER

Introduction.....	74
VI.1. LES ACTIONS REÇUS PAR LES CONDUITES	90
VI.2. EXECUTION DES TRAVAUX	90
VI.3. DECAPAGE DE LA COUCHE DE TERRE VEGETALE OU GOUDRON.....	91
VI.4. CALCUL DE LA LARGEUR DE TRANCHEE :	92
VI.5. CALCUL DE LA PROFONDEUR DE TRANCHEE	92
VI.6. AMENAGEMENT DU LIT DE SABLE.....	92
VI.7. POSE DE CANALISATION	93
VI.7.1. Principe de pose des canalisations.....	93
VI.7.2. Pose de canalisation dans un terrain ordinaire	93
VI.7.3. Pose de canalisation dans un mauvais terrain :	93
VI.7.4. Pose de canalisation en galerie	94
VI.8. ACCESSOIRES	94
VI.8.1. Les robinets vannes	95
VI.8.2. Robinet d'arrêt	95
VI.8.3. Les vannes papillons.....	95
VI.9. REMBLAIEMENT DES TRANCHEES.....	95
VI.10. VOLUME EXCEDENTAIRE	96
VI.11. CALCUL DU VOLUME DE TERRASSEMENTS	96
VI.11.1. CALCUL DU VOLUME DE DEBLAI.....	96
VI.11.2. CALCUL DU VOLUME DE DEBLAI POUR LE RESEAU	96
VI.11.3. CALCULE DU VOLUME DE LIT DE SABLE	97
VI.11.4. CALCUL DU VOLUME DE REMBLAI.....	97

VI.12. DEVIS ESTIMATIF POUR.....	98
VI.12.1. Devis estimatif pour L'adduction.....	98
VI.12.2. Devis estimatif pour les accessoires.....	99
VI.12.3. Devis estimatif hors taxe du projet	99
VI.12.4. Devis estimatif Total avec TVA de notre projet	99
Conclusion.....	99

Liste des tableaux

CHAPITRE I :

Tableau I.1: Localisation et coordonnées géographiques du périmètre	02
Tableau I.2 : Situation de la station météorologique de Ghardaïa.....	03
Tableau I.3 : Pluviométries moyennes mensuelles	03
Tableau I.4 : Nombre moyen des jours pluvieux	04
Tableau I.5 : Températures extrêmes et moyennes mensuelles	04
Tableau I.6 : Nébulosité moyenne mensuelle	05
Tableau I.7 : Vitesses moyennes mensuelles des vents	05
Tableau I.8 : L'évaporation moyenne mensuelle	06
Tableau I.9 : Insolations moyennes mensuelles.....	06
Tableau I.10 : Humidités relatives moyennes mensuelles.....	06
Tableau I.11 : Les limites de climat d'après l'indice de Martonne.....	07

CHAPITRE II :

Tableau II.1 : Résultats des analyses des eaux de la nappe albiennaise	15
Tableau II.2 : caractéristique physico-chimique du profil 06.....	21
Tableau II.3 : caractéristique physico-chimique du sol	24
Tableau II.4 : Aptitude culturale en irrigué.....	26

CHAPITRE III :

Tableau III.1 : Précipitation mensuelle de la station Ghardaïa	28
Tableau III.2 : Ajustement à la loi gauss.....	29
Tableau III.3 : Table du χ^2	31
Tableau III.4 : Ajustement à la loi log normale	32
Tableau III.5 : Test d'homogénéité de Wilcoxon	35
Tableau III.6 : Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm.....	36
Tableau III.7 : L'Année de calcul.....	36
Tableau III.8 : La répartition des sols relative aux cycles culturaux.....	39
Tableau III.9 : Représente l'évapotranspiration de référence ET_0 , calculée à l'aide du logiciel CROPWAT.....	41
Tableau III.10 : Les précipitations efficaces.....	42
Tableau III.11 : Caractéristiques hydriques de quelques sols.....	43
Tableau III.12 : Besoins nets (mm) en eau d'irrigation.....	52

CHAPITRE IV :

Tableau IV.1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage	62
Tableau IV.2 : Diamètre de la borne en fonction des débits	65
Tableau IV.3 : Les débits dans les ilots et les diamètres des bornes	66
Tableau IV.4 : Seuil des vitesses admissibles en fonction des diamètres	67
Tableau IV.5 : diamètre des canalisations et vitesses d'écoulement	68
Tableau IV.6 : perte de charge dans les canalisations.....	70
Tableau IV.7: La pression aux bornes et nœuds en (m.c.e).....	71

CHAPITRE V :

Tableau V.1 : Vitesse d'infiltration pour chaque type de sol.....	81
Tableau V.2 : Calcul de nombre des postes.....	85
Tableau V.3 : Résultat de calcul théorique d'aspersion.....	88

CHAPITRE VI :

Tableau VI.1 : Volume de déblai en fonction des diamètres	96
Tableau VI.2 : Calcul du volume de sable	97
Tableau VI.3 : Calcul du volume de remblai.....	98
Tableau VI.4 : Volumes et coût des travaux total	98

Liste des figures

CHAPITRE I :

Figure I.1 : situation géographique de Hassi Lefhel	02
Figure I.2 : <i>diagramme</i> bioclimatique d'EMBERGER	08
Figure I.3 Climogramme de Gaussen	09

CHAPITRE II :

Figure II.1 : carte d'Algérie montre les ressource en eau et en sol	11
Figure II.2 : Diagramme de classification des eaux d'irrigation	16

CHAPITRE III :

Figure III.1 : Ajustement des pluies annuelles à la loi gauss	33
Figure III.2 : Ajustement des pluies annuelles à la loi log-Normale.....	35

CHAPITRE IV :

Figure IV.1 : L'irrigation par submersion	56
Figure IV.2 : L'irrigation par planche	56
Figure IV.3 : L'irrigation à la raie ou par rigole	58
Figure IV.3 : L'irrigation localisée.....	60

CHAPITRE VI :

Figure VI.1 : Pose de conduite dans mauvais terrain	94
Figure VI.2 : Pose de canalisation en galerie	94

Liste des planches

Planche I : Plan de réseau du périmètre d'irrigation de la commune de Hassi Lefhel

Planche II : Plan d'occupation du sol du périmètre de Hassi Lefhel

Planche III : Projection d'un réseau d'aspersion

Planche IV : Profil en long du réseau d'irrigation de la commune de HASSI LEFHEL

Introduction générale :

C'est une ressource si vitale qu'elle semble banale, mais sans elle, l'homme disparaîtrait. L'eau est indispensable à l'existence, au développement et à la vie de l'homme pour la réalisation de ses activités comme l'industrie ou l'agriculture.

Les usages de l'eau par l'homme sont multiples : ils concernent l'agriculture (70% de la consommation mondiale en eau douce), l'industrie (20% de la consommation mondiale en eau douce) et la consommation domestique (8 à 10%).

L'une des grandes contradictions de la nature humaine est, que nous n'accordons aux choses toute leur valeur qu'à partir du moment où elles deviennent rares.

Nous savons également que l'eau donne la vie et qu'elle sustente notre environnement et notre culture. Pourtant, la demande mondiale d'eau grimpe en flèche en même temps que la démographie la qualité des ressources en eaux existantes baisse à cause de la pollution. La nécessité de répondre aux besoins toujours plus importants de notre industrie et de notre agriculture, provoque la destruction des écosystèmes hydriques à un rythme inquiétant.

En Algérie, la qualité des eaux superficielles se dégrade dans des bassins d'importance vitale sous l'effet des rejets de déchets urbains et industriels, les barrages réservoirs s'ensavent et perdent de la capacité utile et le rejet de la vase dans les cours d'eau pose d'énormes problèmes écologiques et environnementales. Les eaux souterraines sont polluées à partir de la surface et sont irréversiblement endommagées par l'intrusion d'eau saline, la surexploitation des couches aquifères entame la capacité de celle-ci à retenir l'eau, ce qui provoque l'enfoncement des couches sous-jacentes. Nombre de villes se révèlent incapables de fournir en quantité suffisante de l'eau.

Pour faire face à la rareté de plus en plus ressentie de l'eau et la demande croissante du secteur agricole, il est impératif d'équiper les exploitations en systèmes d'irrigation plus efficaces.

La réhabilitation et le renforcement des réseaux d'irrigation des périmètres agricole, pour garantir une meilleure gestion de l'eau, ainsi que le suivi technique en vue d'améliorer les performances de l'agriculture, sont des axes prioritaires à mettre en œuvre en particulier dans les zones arides où les ressources en eau sont limitées et l'agriculture largement extensive.

Cette idée et le point de départ de notre étude car notre objectif de équipé le périmètre qui a une superficie de 300 ha représentant une partie du périmètre irrigué de Hassi Lefhel d'une superficie totale de 1811 Ha et se situe à environ 20 km au sud de l'agglomération chef-lieu de commune (ACL) de Hassi Lefhel. Cette dernière est distante d'environ 145 Km au sud du chef-lieu de la wilaya de Ghardaïa, sur la route nationale N°01 en direction d'El Menea. Notre travail s'inscrit dans cette perspective, il s'agit de dimensionner un réseau d'adduction et de distribution permettant, l'approvisionnement du périmètre de HASSI LEFHEL. Le réseau hydraulique est composé de conduites circulaires enterrées, où le transport de l'eau est assuré gravitairement.

CHAPITRE I :

Analyse des conditions naturelles de la zone d'étude

Introduction

Avant tout, la réalisation d'un projet destiné au domaine de l'irrigation, exige en priorité la nécessité d'une l'étude minutieuse, descriptive et méthodique d'avant-projet ou dite phase préliminaire du projet qui vise la connaissance parfaite de toutes les caractéristiques techniques du lieu d'affectation du projet envisagé.

Notre projet est prévu à être concrétisé sur une surface de 300 Ha, représentant une partie du périmètre irrigué de Hassi Lefhel d'une superficie totale de 1811 Ha.

Avant de se lancer dans la réalisation du projet, il nous a été nécessaire de prendre le temps de délimiter la surface d'étude (300 Ha) afin de planifier l'exécution des tâches et de déterminer les ressources à mobiliser.

En parallèle, nous avons mis l'accent sur la communication avec plusieurs acteurs relevant du domaine afin d'animer notre programme par des sorties régulièrement organisées sur la surface d'étude afin de mieux connaître les différents aspects techniques qui constituent le référentiel de base de notre projet- cadre suivant toutes les données propres sur les sols de la zone d'étude et l'analyse des conditions naturelles (pédologie, climatologie et aptitude culturale) ainsi que la connaissance de la géologie structurale (géométrie), les ressources en eau disponibles et les capacités artificielles pour le transport de l'eau (Débit des forages, volume affecté à l'irrigation et le volume du réservoir) ce qui permettra de prendre les dispositions nécessaires en vue de faire les calculs sur des données formelles, les valeurs des paramètres de dimensionnement du réseau, les équipements à utiliser et surtout la dimension multi-échelles des installations de façon à permettre l'estimation chiffrée du coût selon cette proposition technique en termes de principes retenus, d'architecture générale et tous les éléments constitutifs à la faisabilité de ce projet que j'expose techniquement sur ce mémoire de fin d'études.

I.1. Situation géographique :

La région dans laquelle s'étend le périmètre agricole (Sereg El Arfaj), concerné par la présente étude de faisabilité technico économique, se situe géographiquement dans la partie centrale de la wilaya de Ghardaïa. Le périmètre relève administrativement du territoire de la commune de Hassi Lefhel, dans la daïra de Mansoura, wilaya de Ghardaïa. Il couvre une superficie totale de 1 811 hectares, et se situe à environ 20 km au sud de l'agglomération chef-lieu de commune (ACL) de Hassi Lefhel. Cette dernière est distante d'environ 145 Km

au sud du chef-lieu de la wilaya de Ghardaïa, sur la route nationale N°01 en direction d'El Menea.

Tableau I.1: Localisation et coordonnées géographiques du périmètre.

Lieu-dit	Commune	Daïra	Wilaya	Surface (ha)	Coordonnées UTM (fuseau 31)			
					X1	X2	Y1	Y2
Sereg El Arfaj	Hassi Lefhel	Hassi Lefhel	Ghardaïa	1 811	553 000	565 000	3 472 000	3 479 000

Les coordonnées UTM du périmètre sont extraites de la carte Topographique HASSI ZIRARA, (feuille NH-31-XXII) à l'échelle : 1/200 000^{ème}.

L'accès au périmètre de Sereg El Arfaj se fait par une piste, en bon état, à partir de la route nationale N°01. La route nationale N°01 traverse l'ACL de Hassi Lefhel, elle relie la ville d'Alger à la ville de Tamanrasset, en passant par la ville de Ghardaïa entre autres. Une ligne électrique de moyenne tension (MT), se situe à l'intérieur même du périmètre. Quatre postes transformateurs pour basse tension sont prévus à l'intérieur du périmètre.

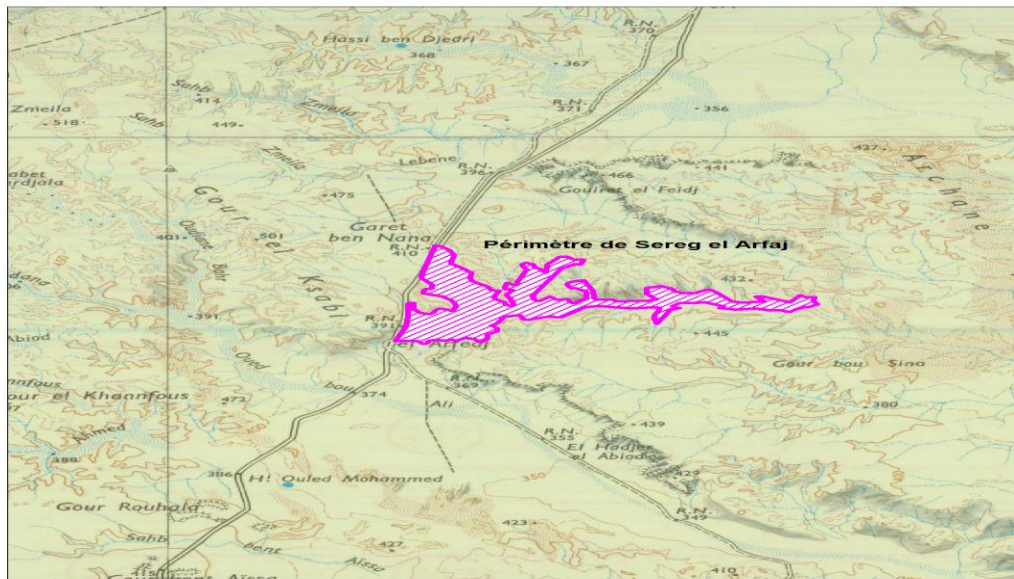


Figure I.1 : situation géographique de Hassi Lefhel

I.2. Relief :

Le périmètre de Sereg El Arfaj s'étale sur des terrains en majorité à très faible pente, s'identifiant à des vallées sèches plus ou moins larges, bordées par des talus abruptes et rocaillieux, fournissant une grande quantité de débris de pierres et de cailloux de calcaire très dur. Les versants des vallées ont une topographie de glacis, les talus sont abrupts, puis la pente diminue progressivement jusqu'à devenir nul aux fonds des vallées. La partie ouest du périmètre, située en bordure de la route nationale N°01, est constituée d'une vaste étendue

plus ou moins plane, où convergent plusieurs talwegs, qui peut être assimilée à une "dépression ouverte". Les altitudes varient entre 380 et 430 m.

On peut à priori noter que, en dehors de la partie située au nord-ouest du périmètre et, qui chevauche sur les petits monticules rocheux inaptes à la mise en valeur agricole, partout ailleurs, le relief n'est pas contraignant pour la mise en valeur agricole.

I.3. Climatologie :

Les données du climat qui sévit dans la région sont déterminées à travers les observations effectuées par la station météorologique d'El Goléa (El Menea), représentative de la zone sud de la wilaya où se situe le périmètre. L'analyse climatique est faite sur la base de données les plus récentes, allant de 1990 à 2012 couvrant ainsi une période s'étalant sur une vingtaine d'années. Elles sont obtenues auprès de l'Organisme National de Météorologie (ONM).

Tableau I.2: Situation de la station météorologique de Ghardaïa.

Stations	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Période d'obs.	Durée d'obs.
El Goléa	2°49	30°33	397	1990-2012	22 ans

Les différents paramètres du climat sont les précipitations, la température, l'évaporation, l'humidité relative ...etc.

I.3.1. Pluviométrie :

I.3.1.1. Pluviométries moyennes mensuelles :

Les pluviométries moyennes mensuelles sur une période d'observation de 22ans (1970 à 2012) à la station météorologique d'El Goléa sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau I.3: Pluviométries moyennes mensuelles.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
P(mm)	9,0	1,6	8,1	4,6	2,6	0,4	0,1	1,0	4,9	6,1	5,5	1,7	45,6

Source : ANRH Blida (Station météorologique d'El Goléa)

- Saison pluvieuse de Décembre à Avril.
- Saison sèche de Juin, Juillet et Août.
- Saison moyenne de Septembre, Octobre, Novembre et Mai.

I.3.1.2. Nombre moyen de jours pluvieux :

Le nombre moyen mensuel de jours pluvieux pour une période de 22 ans est porté dans le tableau suivant :

Tableau I.4: Nombre moyen des jours pluvieux

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov	Déc	Année
Jours	1,7	0,9	1,6	1,2	1,1	0,4	0,2	0,5	1,5	1,8	1,6	1,1	13,6

Source : ANRH

I.3.2. Température :

Les températures extrêmes et moyennes sur une période d’observation de 22 ans (1990 à 2012) sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau I.5: Températures extrêmes et moyennes mensuelles

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
T_{min} (°C)	3,0	4,9	9,3	13,1	18,4	23,2	26,2	25,9	22,1	16,1	8,5	3,8	14,54
T_{max} (°C)	17,2	20,1	24,6	28,8	34,3	39,4	42,7	41,8	37,3	30,7	23,6	18,6	29,93
T_{moy} (°C)	10,1	12,8	17,7	21,5	26,9	32,0	35,1	34,3	30,1	23,5	16,0	11,0	22,58

Source : ANRH Blida

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

- La température maximale correspond au mois de juillet avec 42.7°C, c’est le mois le plus chaud.
- La température minimale correspond au mois de Janvier avec 3.0°C, c’est le mois le plus froid.

A partir du tableau I-3 on trace les graphes de température (fig1).

I.3.3. Nébulosité

La nébulosité comme facteur climatique correspond à la fraction du ciel couvert par les nuages ou la quantité de nuage qui empêche l’ensoleillement de la surface du sol.

Les valeurs moyennes mensuelles de la nébulosité pour une période de 16 ans sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau I.6: Nébulosité moyenne mensuelle

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	<i>Annuel</i>
Valeur	4,7	4,3	4,5	4,6	3,5	3,0	2,1	2,4	3,1	4,0	4,7	4,5	3,8

Source: ANRH Blida

➤ La valeur mensuelle maximale est de 4,7 observée au mois de Janvier et Novembre.

➤ La valeur mensuelle minimale est de 2,1 observée au mois de Juillet.

- Nébulosité = 10 indique un ciel totalement couvert.
- Nébulosité = 0 indique un ciel tout à fait claire.

I.3.4. Vent

Le vent constitue un facteur écologique important à des titres divers.

- Agent de transport.
- Facteur climatique.
- Facteur mécanique.

Son action : influe à la fois sur le sol (évaporation et érosion) et sur la plante (distribution), donc la connaissance de la direction des vents et leurs vitesses est importante.

Tableau I.7: Vitesses moyennes mensuelles des vents

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
V(m/s)	3,0	3,1	2,9	3,1	2,8	3,0	3,2	3,1	2,5	2,3	2,5	3,7

Source : ANRH (Blida)

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

I.3.5. 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.

L'évaporation est mesurée par un bac cylindrique (bac classe A).

Tableau I.8: L'évaporation moyenne mensuelle

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Annuel
Evapo (mm)	126.9	152.4	233.1	289.1	364.1	411.2	432.6	421.6	320.5	263.8	185.5	122.6	288.8

Source : ANRH Blida

L'évaporation est maximale dans le mois de Juillet, elle atteint 432.6mm.

I.3.6. Insolation :

L'insolation est la période durant laquelle le soleil brille sur le sol.

Tableau I.9: Insolations moyennes mensuelles

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov	Déc
Insolation (heures)	8,2	8,9	8,9	9,7	10,2	10,3	11,2	10,7	8,9	8,7	8,5	8,0

Source : ANRH Blida

I.3.7. 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.

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

Tableau I.10: Humidités relatives moyennes mensuelles

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
Hr(%)	54	42	36	31	26	22	20	22	29	39	48	55	35

Source : ANRH Blida

- Le mois le plus humide est le mois de décembre avec 55%
- Le mois le moins humide est le mois de juillet avec 20%.

I.3.8. Indices climatiques :

I.3.8.1. Indice d'aridité de Martonne :

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

Il est calculé par la formule suivante :

$$I_A = \frac{P}{T+10} \tag{1}$$

Avec :

I_A : Indice climatique de Martonne.

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

T : Température moyenne annuelle (°C). [12]

Donc :

$$I_A = \frac{45.6}{22.58 + 10} = 1,39 \quad I_A = 1.39.$$

Tableau I.11: Les limites de climat d’après l’indice de Martonne

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

$I_A = 20,14$ mm donc $I_A \leq 5$ ce qui correspond d’après les valeurs du tableau au climat « désertique » d’où l’irrigation est indispensable.

I.3.8.2. 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. [12]

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

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.

$$M = 273 + 35,1 = 308.1 \text{ K}$$

$$m = 273 + 10.1 = 283.1 \text{ K}$$

$$D'o\grave{u} : \quad Q = 2000 \frac{45.6}{(308.1)^2 - (283,1)^2} = 6,17$$

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 : saharien
- Sous étage : Hiver tempéré.

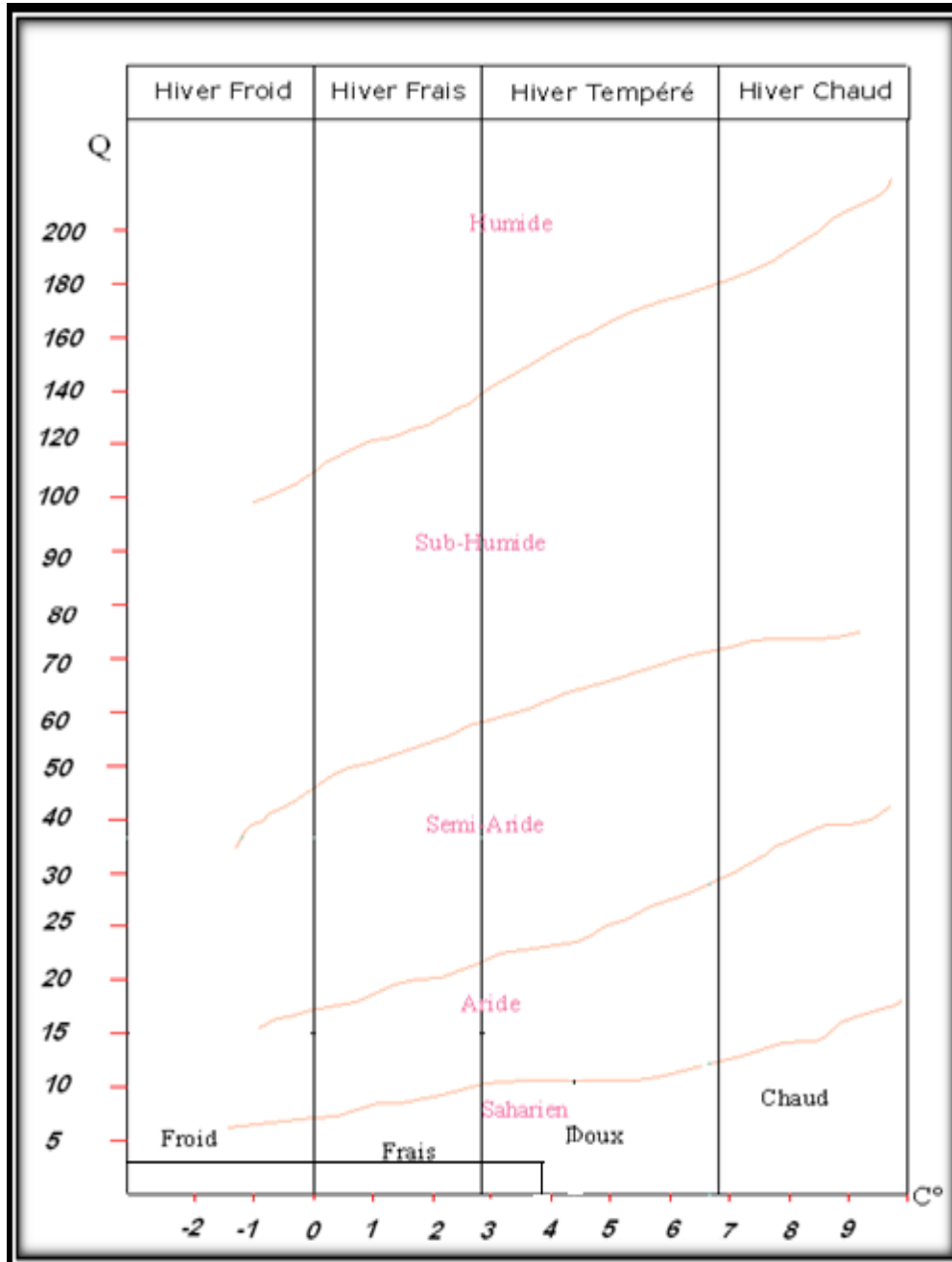


Figure I.2 : *diagramme* bioclimatique d'EMBERGER

I.3.8.3. 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).
(figure3).

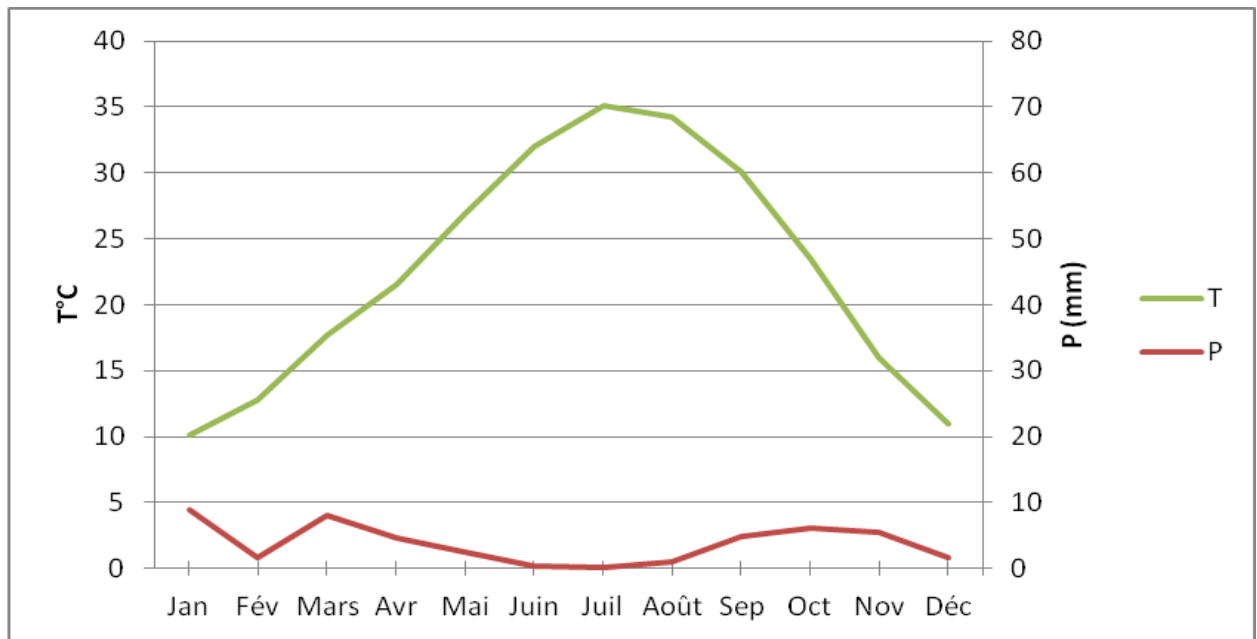


Figure I.3 : Climogramme de Gaussen

- Description du graphe :

La différence des abscisses nous donne la durée de la saison.

Les deux courbes ne croisent pas ; donc il y a 1 seule saison durant l’année c’est la saison sèche (janvier jusqu’ à décembre).

La saison humide n’existe pas dans la région *EL GOLEA*.

Conclusion :

D’après les analyses des conditions naturelles, nous pouvons conclure que :

- ☞ Le climat est saharien selon la méthode d’Emberger.
- ☞ l’irrigation est indispensable pendant toute l’année.

CHAPITRE II :

Ressources en eau et en sol

Introduction

Avant d'entamer une étude d'aménagement hydro-agricole, il est strictement indispensable de localiser et de quantifier l'eau nécessaire à l'irrigation, par conséquent on va présenter les ressources en eau qui peuvent alimenter notre zone d'étude.

I. Ressources en eau

L'eau est l'élément vital et fondamental à toute activité économique à travers la wilaya de Ghardaïa, surtout quand il s'agit de l'activité agricole. Les ressources hydriques sont soit de surface, soit souterraines.

I.1. Eaux de surface

Celles-ci sont générées par les inondations des oueds à régimes temporaires, sporadiques et cycliques. L'oued M'Zab, hormis les autres cours d'eau de moindre importance liés à l'oued Metlili, à l'oued Touil, etc., constitue la plus importante artère drainante de la wilaya. Ces eaux, celles de ses principaux affluents et des autres oueds, sont mobilisées par plusieurs digues qui alimentent les nappes inféro-flux exploitées surtout pour l'irrigation des palmeraies. Ces ressources hydriques restent tout de même aléatoires du fait qu'elles dépendent des précipitations irrégulières et rares dans cette région.

Donc, dès à présent on peut affirmer que l'irrigation des périmètres ne peut en aucun cas se suffire de ce type de ressources hydriques.

I.2. Eaux souterraines

Ces eaux sont issues de deux (02) nappes principales : la nappe du complexe terminal (CT) et la nappe du continental intercalaire(CI) dominante.

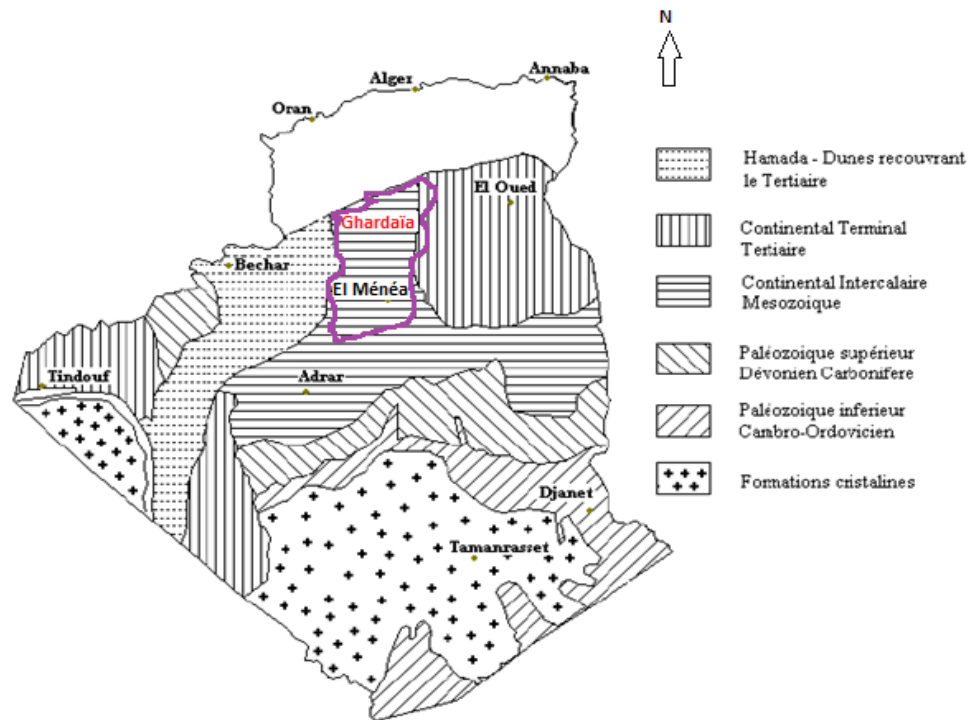


Figure II.1 : carte d'Algérie montre les ressources en eau et en sol.

I.2.1. La nappe du Complexe terminal (C.T)

Elle se compose de deux (02) parties séparées par l'anticlinal du **M'Zab** :

- ✓ Le bassin occidental, compris entre le **M'Zab**, la vallée de la Saoura et la flexure Atlasique ;
 - ✓ Le bassin oriental, limité à l'ouest par le **M'Zab**, au sud par les plateaux du Tademaït et du Tinrhert et se prolonge vers l'est en direction de la Tunisie et de la Libye.

La wilaya de Ghardaïa constitue globalement la zone de partage entre le bassin occidental et le bassin oriental de la nappe du complexe terminal (C.T). Du point de vue stratigraphique, on trouve à la base du complexe terminal, le Cénomanién argilo-carbonaté. Spatialement, le méridien passant par Ghardaïa constitue la limite d'extension du complexe terminal vers l'ouest. Le complexe terminal regroupe plusieurs aquifères, notamment le Sénonien, l'Eocène et le Mio-pliocène. Une partie des aquifères du complexe terminal possède un exutoire au niveau des chotts. Ces chotts sont partiellement alimentés par une drainante ascendante provenant des eaux

souterraines. Le bilan hydraulique du complexe terminal, déjà au début des années 1970, était déficitaire d'environ 3 m³/s.

Cependant, on remarque que seule une petite partie de ce complexe (C.T) touche les limites nord/est de la wilaya de **Ghardaïa**.

I.2.2. La nappe du continental intercalaire(C.I)

Cette nappe constitue la plus importante ressource hydrique à travers la wilaya de **Ghardaïa**. Avec près de 800 000 km², le continental intercalaire (CI) est l'un des aquifères les plus étendus de la planète. L'une de ces particularités est de constituer une ressource en eau souterraine « fossile » puisque très peu alimentée avec les conditions climatiques actuelles. La nappe du continental intercalaire souvent appelée « Nappe de l'Albien » couvre les terrains dont l'âge va du Trias à l'Albien. A l'affleurement, le CI se présente sous la forme d'une succession de bancs gréseux, de sables fins et de niveaux argileux. La puissance de cet aquifère est généralement comprise entre 200 m et près de 1000 m. La recharge directe par les précipitations est quasi nulle tant la pluviométrie est très limitée. La seule contribution potentielle par les pluies est liée à l'épandage des crues au pied des reliefs de l'Atlas Saharien. Même si les premières estimations aboutissaient à des chiffres plus importants, les dernières modélisations (BNEDER/BRL/Ecole des Mines de Paris) aboutissent à une recharge actuelle du CI de l'ordre de 8,5 m³/s, donc très faible par rapport au volume stocké. L'exploitation de cette ressource s'apparente donc à un « gisement minier » dans lequel les prélèvements sont réalisés au détriment du stock.

Concernant le périmètre objet de l'étude, Une situation arrêtée au 31/12/2011 par la Direction de la Programmation et Suivi Budgétaire de la wilaya permet d'avoir des référents en vue d'une mobilisation des eaux souterraines pour les besoins de la mise en valeur agricole envisagée au niveau de la commune de Hassi Lefhel. Les informations disponibles se résument comme suit :

- ✓ Profondeur moyenne : 500 m .
- ✓ Débit moyen : 80 - 100 l/s .
- ✓ Caractéristiques : Artésien.
- ✓ Variation débits (1970 et 1981) : + 60 l/s .
- ✓ Rabattement (1970 et 1981) : 2,45 m .

- ✓ Eaux mobilisées : 29,88Hm³ / An .
- ✓ Affectation eaux mobilisées : AEP (21%), AEI (0%), Irrigation (79%).

Ainsi, les possibilités pour notre périmètre d'étude (zone d'accueil commune de **Hassi L'fhal**) sont une profondeur moyenne de 400 à 500 m et un débit moyen de l'ordre de 80 - 100 l/s. Concernant les variations des niveaux piézométriques, la région enregistre une valeur de 2,45 m, et une variation positive des débits (+ 60 l/s). Concernant l'affectation des eaux mobilisées, la part qui revient à l'agriculture est très importante puisqu'elle représente quatre cinquième (79%) du total.

Il existe donc des possibilités de mobiliser les eaux souterraines pour faire face aux besoins en irrigation des cultures projetées et ce, bien qu'on assiste depuis 1970 à une variation des débits (+ 60 l/s) et à un rabattement du niveau piézométrique de la nappe aquifère du continental intercalaire (2,45 m) à travers les différentes régions de la wilaya, résultant dans certains cas de l'exploitation irrationnelle de la nappe à des fins non stratégiques (cultures secondaires). Dans ces conditions, les techniques qui permettent une économie d'eau, notamment l'irrigation localisée devrait être la règle.

I.3. Mobilisation des eaux souterraines

Pour la mobilisation des eaux destinées à l'irrigation, et en considérant les données hydrogéologiques, la possibilité réside dans le captage de la nappe du continental intercalaire (C.I). Ainsi, les possibilités pour notre périmètre d'étude sont une profondeur moyenne de 400 à 500 m et un débit moyen de 80 - 100 l/s.

I.4. Qualité des eaux d'irrigation

I.4.1. La salinité

La salinité constitue l'aspect le plus important qui pose un problème dès l'instant où l'accumulation des sels dans la zone racinaire atteint une concentration qui provoque une baisse de rendement pouvant aller jusqu'au dépérissement de la culture.

I.4.2. Les limites admissibles

Deux paramètres permettent d'apprécier pour une étude sommaire les risques dus à la salinité.

a) 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 ≤ 0,25 ;
- * C₂ : Risque moyen 0,25 < CE ≤ 0,75;
- * C₃ : Risque élevé 0,75 < CE ≤ 2,25;
- * C₄ : Risque très élevé CE > 2,25.

b) 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⁺⁺ :

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

Avec : Na⁺, Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺ meq/l

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

- * S₁ : Risque faible S.A.R ≤ 10 ;
- * S₂ : Risque moyen 10 < S.A.R ≤ 18;
- * S₃ : Risque élevé 18 < S.A.R ≤ 26;
- * S₄ : Risque très élevé S.A.R > 26.

I.4.3. Analyse de la situation des forages

La zone d'étude connaît une dispersion illimitée de forages anciens et contemporains répondant aux exigences de la demande en eau pour l'irrigation et AEP nous citons dans le tableau ci-dessous les caractéristiques techniques des forages.

Les résultats des analyses des prélèvements sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau II.1 : Résultats des analyses des eaux de la nappe albienne

	<i>PH</i>	<i>CE</i> <i>mmhos/cm</i>	<i>RS</i>	<i>SAR</i>	<i>Ca++</i> (meq/l)	<i>Mg++</i> (meq/l)	<i>Na+</i> (meq/l)	<i>Cl-</i> (meq/l)	<i>So4-</i> (meq/l)
<i>Belbachir</i>	8.2	0.70	2.1	2	1.1	0.6	1.6	1.82	0.68
<i>Badrian</i>	7.5	0.7	3.8	0.31	1.5	0.58	0.32	1.79	0.71
<i>Djeramna</i>	7.7	0.69	1.9	0.46	0.036	0.017	0.075	1.79	0.015
<i>El-Menia</i>	6.9	0.7	2.97	3.38	1.65	0.92	3.83	1.64	0.74

(Source DSA El-Menia)

D'après les le tableau ci-dessus : on prend la valeur la plus élevé

Ce : 0.7 mmhos/cm

SAR : 3.38

Classe : C2-S1

Salinité : eaux à salinité moyenne

Ces eaux est utilisables du point de vue d'alcalinisation, cette eau est utilisable pour l'irrigation de presque tous les sols avec peu de danger d'alcalinisation bien que certaines cultures sensibles au sodium puissent être avocatier.

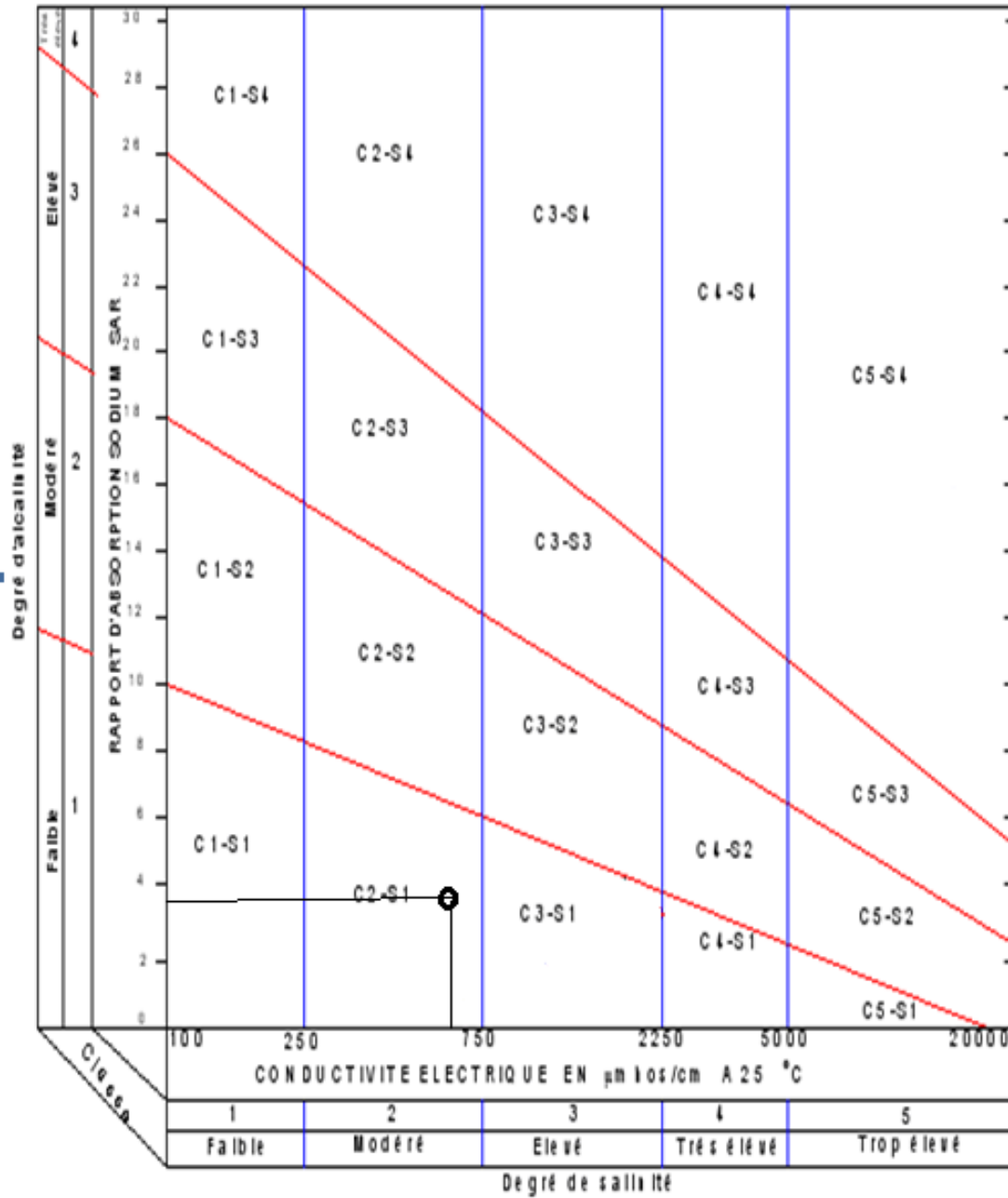


Figure II.2: Diagramme de classification des eaux d'irrigation

II. Pédologie

L'étude agro-pédologique a pour but de définir le sol destinés a l'irrigation ou de localiser les zones aptes a la mise en valeur en irrigation.

En ce qui concerne l'alimentation en eau des plantes, le sol joue essentiellement un rôle de réservoir .Les caractéristiques de ce réservoir et son mode de fonctionnement sont utile a connaître dans un périmètre d'irrigation ; ils permettent a l'ingénieur de dimensionner le réseau de distribution ou pour les usagers de bien utiliser l'eau qui est mise à leur disposition.

II.1. Ressources en sol

Le périmètre de SERAG EL ARFAJ, a une morphologie plane à très faible pente évoluant sous un climat aride à hyperaride qui avec ses caractéristiques $P/ETP < 0,20$, vents violents et fréquents, exerce une action prédominante sur la pédogénèse en favorisant l'ablation des éléments fins avec concentration des éléments grossiers, soit sous forme de reg moyen à grossier soit sous forme de masque graveleux.

Dans le but de mettre en valeur ce périmètre (apprécier ses qualités, faire ressortir ses caractéristiques physico-chimiques, déterminer les éventuelles contraintes susceptibles de limiter son utilisation et établir un plan de culture approprié), une étude pédologique a été faite selon les étapes suivantes :

- ✓ Prospections pédologiques (réalisation de 76 profils pédologiques et des prélèvements des échantillons pour chacun de leurs horizons) ;
- ✓ Analyse physico-chimique des échantillons ;
- ✓ Interprétation des résultats.

II.1.1. Occupation du sol

Le périmètre de Sereg El Arfaj est en grande partie constitué de terrains nus, le plus souvent tapis d'une couche de cailloux et/ou de graviers, et par endroits de pierres assez grosses. Une couverture végétale très éparse, n'est présente que dans quelques endroits, peu étendus, essentiellement dans les lits d'oueds. Par endroits, on note la

présence d'un voile sableux de faible étendu. Sur les monticules constitués de roches calcaires très dures, dont les versants sont abruptes, on trouve souvent sur les sommets, de petites dunes de sables, qui parfois et, en certains endroits débordent sur les talus (rebords) qui entourent le périmètre. Dans la partie sud-ouest, on enregistre aussi la présence de quelques affleurements rocheux de faibles dimensions.

II.1.2. Potentialités

Le périmètre, objet de l'étude, offre des atouts à même d'envisager sa mise en valeur agricole par le biais de la concession. Il a été en effet identifié les potentialités suivantes :

- ✓ L'adhésion des acteurs locaux au projet de mise en valeur par la concession (création d'emplois, amélioration des revenus des ménages, diversification de la production agricole, augmentation de la SAU, préservation de l'environnement, etc.) ;
- ✓ La jeunesse de la population, originaire de la commune (main d'œuvre potentielle) ;
- ✓ La relative proximité du périmètre de l'ACL de commune dont il est situé à 20 Km ;
- ✓ Une bonne accessibilité par une piste en bon état qui relie le périmètre à la RN n°01 ;
- ✓ La disponibilité de l'énergie à partir de la ligne électrique de moyenne tension, au sein même du périmètre ;
- ✓ En dehors de la partie située au nord-ouest du périmètre et, qui chevauche sur les petits monticules rocheux inaptes à la mise en valeur agricole, partout ailleurs, le relief n'est pas contraignant pour la mise en valeur agricole.
- ✓ Une disponibilité des ressources en eaux souterraines avec des débits exploitables ;
- ✓ Une occupation du sol constituée à majorité par des terrains nus, avec la présence par endroits d'une végétation spontanée très éparse ;
- ✓ Un certain savoir-faire et des traditions locales en matière de conduite des cultures herbacées, et la Phœniciculture.

II.1.3. Contraintes

Le périmètre d'étude subit néanmoins des contraintes corrigeables, globalement caractéristiques des zones sahariennes :

- ✓ Un climat qui relève de l'étage bioclimatique saharien à hiver frais, et dont la principale caractéristique est un bilan hydrique négatif permanent ;
- ✓ Une charge caillouteuse en surface importante dans certaines parties du périmètre ;
- ✓ La présence des sols minéraux bruts xériques organisés d'ablation (éolisés en reg) et des sols peu évolués xériques gris subdésertiques à encroutement calcaire, unités pouvant faire l'objet d'une mise en valeur en irrigué moyennement des aménagements préalables obligatoires. Le but est de lever les contraintes corrigeables inhérentes à la profondeur du sol et la fertilité;

Une certaine sensibilité à l'érosion éolienne due au fait que la zone du projet soit assez venteuse et constituée de sols légers sans couvert végétal protecteur.

II.2. Classification des sols de la zone d'étude

On peut distinguer après analyse deux types d'unité pédologiques qui sont : les sols minéraux bruts xériques organisés d'ablation (regs) et les sols peu évolués xériques gris subdésertiques à encroutement calcaire.

II.2.1. les sols minéraux bruts xériques organisés d'ablation (regs)

Ces sols à aspect de surface trop caillouteux (reg moyen à grossier) composé de pierres et cailloux à des formes variées, se caractérisent principalement par une profondeur faible à moyenne par endroits, limitée soit par la roche mère calcaire, soit par un horizon d'accumulation de cailloux et galets de calcaire qu'on peut assimiler à une roche fragmentée.

• Description du profil type : Profil N° : 06

Géomorphologie :	Glacis
Pente :	0 – 3%
Occupation actuelle :	terrain nu.
Aspect de surface :	90% de cailloux et gravier.
Coordonnées :	X = 03° 34' 26,8'' Y = 31° 25' 6,8''

Classification :

Classe :	sols minéraux bruts
S /classe :	sols minéraux bruts xériques
Groupe :	xériques organisés d'ablation
S /groupe :	éolisés en regs

• Description morphologique du profil

0 – 40 cm : sec, couleur 7,5YR 7/6 texture limono-sableuse, structure particulière, 40% de gravier et cailloux, pas de racines, activité biologique nulle, poreux, friable, matière organique non décelable, effervescence à l'HCl moyenne.

>40 cm : roche mère calcaire fragmentée.

• **Résultats analytiques**

Tableau II.2 : caractéristique physico-chimique du profil 06

Numéro du profil		P6
Code laboratoire numéro		7
Horizons		H1
Profondeur en cm		0-35
Granulométrie (en %)	Argile	16,20
	Limon Fin	19,50
	Limon Grossière	22,90
	Sable Fin	38,00
	Sable Grossière	3,40
Caco ₃ Total (en %)		4,88
Caco ₃ Actif (en %)		/
CEC (en méq /100 g)		10,44
PH (au 1/5)		8,98
C.E mmhos/cm. (1/5)		0,43
C %		0,09
MO %		0,15
Gypse %		/

Source : BENDER

• **Interprétation et valeur agronomique**

Ces sols présentent des potentialités favorables à leur utilisation, mais aussi des Contraintes qui nécessitent des aménagements préalables, par l'utilisation de certaines techniques appropriées.

Parmi les potentialités, on cite principalement :

- ✓ Une granulométrie dominée par la fraction sableuse très favorable au drainage interne de ces sols ;
- ✓ Des teneurs en calcaire actif faibles, soit à l'état de trace soit à des taux < 5% sans aucune incidence sur les rendements des cultures ;

- ✓ Absence du risque de salinité exprimée par de très faibles teneurs en conductivité électrique (qui sont de 0 à 2 mmhos/cm).

Quant aux contraintes, elles sont exprimées par :

- ✓ Une profondeur faible limitée par la roche mère fragmentée ;
- ✓ Un faible pouvoir de rétention en eau et en éléments fertilisants ;
- ✓ Une structure peu développée ;
- ✓ Une fertilité chimique très faible exprimée par des teneurs en capacité d'échange cationique (< 5 meq/100 g de sol) et des teneurs en matière organique inférieures à 0,5% dans tous les profils analysés ;
- ✓ Des pH fortement alcalins qui limitent le choix des cultures.

La mise en valeur de ces sols nécessite quelques aménagements préalables tels que :

- ✓ Un épierreage systématique dans les endroits où la charge caillouteuse est importante ;
- ✓ Un sous-solage pour briser la roche fragmentée et augmenter sensiblement la profondeur utile de ces sols ;
- ✓ Des amendements organiques (fumier d'ovins, de bovins) pour améliorer la structure et le pouvoir de rétention de ces sols, et une fertilisation minérale selon les besoins des cultures.

.

Après aménagement, ces sols pourront convenir aux espèces à enracinement superficiel telles que les cultures maraichères et les céréales.

II.2.2. Les sols peu évolués xériques gris subdésertiques à encroutement calcaire

Ces sols à aspect de surface caillouteux, représentent plus de 60% de la couverture pédologique de ce périmètre, et ils se caractérisent principalement par une profondeur faible à moyenne par endroits limitée par un encroutement calcaire, une texture un peu grossière, des teneurs en matière organique très faibles et une fertilité chimique médiocre

- **Description du profil type : Profil N° : 49**

Géomorphologie :	Glacis
Pente :	0 – 3%
Occupation actuelle :	1% de végétation éparse.
Aspect de surface :	10% de cailloux.
Coordonnées :	X = 03° 36' 0,9'' Y = 31° 24' 42''

- **Classification :**

Classe :	sols peu évolués
S /classe :	sols peu évolués xériques
Groupe :	gris subdésertique
S /groupe :	à encroutement calcaire

- **Description morphologique du profil**

0 – 22 cm : sec, couleur 7,5YR 6/8, texture équilibrée, structure particulière, 1% de cailloux, pas de racines, activité biologique nulle, poreux, friable, matière organique non décelable, effervescence à l'Hcl moyenne, transition nette.

22– 63 cm : sec, couleur 7,5YR 7/6, texture équilibrée, structure polyédrique fine, présence de nodules de calcaire, pas de racines, activité biologique nulle, non poreux, très compact, matière organique non décelable, effervescence à l'Hcl forte.

>63 cm : encroutement calcaire.

• **Résultats analytiques**

Tableau II.3 : caractéristique physico-chimique du sol

Numéro du profil		P1	
		21	22
Code laboratoire numéro		21	22
Horizons		H1	H2
Profondeur cm		0-30	30-75
Granulométrie (en %)	Argile	27,10	31,30
	Limon Fin	20,40	20,80
	Limon Grossière	17,90	18,40
	Sable Fin	30,00	24,50
	Sable Grossière	4,60	5,00
	Caco ₃ Total (en %)	10,50	5,63
Caco ₃ Actif (en %)		7,20	/
CEC (en méq /100 g)		16,00	18,15
PH (au 1/5)		9,27	8,64
C.Emmhos/cm. (1/5)		0,17	1.1
C %		0,04	0,03
MO %		0,07	0,05

Source : BENDER

• **Interprétation et valeur agronomique**

Ces sols présentent des potentialités favorables à leur utilisation et des contraintes qui nécessitent des aménagements au préalable, par l'utilisation de certaines techniques appropriées.

Parmi les potentialités on cite principalement :

- ✓ Une texture équilibrée très favorable au drainage interne de ces sols ;

- ✓ Des teneurs en calcaire actif à l'état de traces à faibles mais sans aucune incidence sur les rendements des cultures ;
- ✓ Absence du risque de salinité exprimée par de très faibles teneurs en conductivité électrique (qui sont de 0 à 2 mmhos/cm).

Les Contraintes légères qui nécessitent des corrections s'articulent autour de :

- ✓ Un aspect de surface moyennement caillouteux ;
- ✓ Des pH très fortement alcalins qui limitent le choix des cultures ;
- ✓ Une structure peu développée ;
- ✓ Une fertilité chimique moyenne exprimée par des teneurs en capacité d'échange cationique (entre 10 et 25 meq/100g de sol) et des teneurs en matière organique inférieures à 0,5% dans tous les profils analysés.

La mise en valeur de ces sols nécessite quelques aménagements au préalable tels que :

- ✓ Un épierage systématique dans les endroits où la végétation et la charge caillouteuse sont importantes ;
- ✓ Des amendements organiques (fumier d'ovins, de bovins) et fertilisation minérale pour améliorer la structure et la fertilité chimique, la structure et le pouvoir de rétention de ces sols.

II.3. Aptitudes culturales

Les aptitudes culturales qui sont obtenues à partir des normes utilisées par l'ANRH, ont été identifiées en tenant compte des caractéristiques physico-chimiques, telles que la granulométrie, la profondeur du sol, la texture, la structure, le pH (alcalinité), le calcaire actif, la salinité (conductivité électrique), la matière organique et la fertilité chimique.

Ces sols présentent de bonnes aptitudes après correction des contraintes, mais compte tenu de la fragilité du milieu et des contraintes liées au climat, le choix doit être orienté vers des cultures maraîchères en irrigué telles que : la pomme de terre, les tomates, la carotte, l'oignon, ail, melon, pastèque, etc., avec l'intégration des cultures

céréalières et fourragères et d'espèces arboricoles rustiques. Ces aptitudes culturales sont représentées dans le tableau ci-après.

Tableau II.4 : Aptitude culturale en irrigué.

Désignation		Aptitude culturale		
Type de sol	Contrainte	bonne	moyenne	mauvaise
Sols minéraux bruts xériques organisés d'ablation (éolisés en reg).	Charge caillouteuse importante, Profondeur faible, Fertilité médiocre.		Oignon, pomme de terre, carotte, navet, choux fleur, épinard, laitue, ail, pastèque, melon, haricot, concombre, pois, arachides, bersim, sorgho, maïs, fétuque, vesce-avoine, Ray-grass.	Cultures arboricoles
sols peu évolués xériques gris subdésertiques à encroutement calcaire.	Charge caillouteuse moyenne, Profondeur moyenne.	bersim, sorgho, maïs, fétuque, vesce-avoine, ray-grass, blé dur, blé tendre, orge.	Cultures maraichères, Palmier dattier olivier, vigne, agrumes, grenadier, figuier, arachides et la luzerne.	

Source : BENDER

Conclusion

Selon l'étude faite sur la région, on a déterminé le type du sol, la qualité des eaux d'irrigation et les cultures répondant à l'aptitude culturale du sol.

De ce fait, il ressort que le choix des cultures ne pose pas de problème, seuls le choix d'un système d'irrigation judicieux à déterminer compte tenu des caractéristiques physique du sol.

CHAPITRE III :

**Calcul des besoins
en
eau des cultures**

Introduction

Ce chapitre, présente les besoins en eau des cultures sur la base des informations définies au paravent, conditionnant la conception de notre projet tels que : les conditions climatiques, cultures envisageables, systèmes agronomiques, potentialités des sols, l'eau disponible, fertilité des sols.

III.1. Etude statistique des précipitations

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

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

III.1.1. Etudes de la précipitation annuelle

Pour l'étude des pluies nous avons utilisé la série pluviométrique de la station de Ghardaïa qui dispose d'une série longue et représentative pour la zone d'étude.

Tableau III.1: Précipitation mensuelle de la station Ghardaïa

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	ANNUEL
Années	Précipitation												
1990-1991	0	0	16.2	2.5	2.6	3.7	5.8	1.4	11.7	0.7	0	0	44.6
1991-1992	4.1	0.5	3.8	5.5	8	0	22.5	3.5	9.9	0	0	0	57.8
1992-1993	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1993-1994	0.7	11.2	3.4	0	5.3	0	62.2	1.1	0	8.9	0	0	92.8
1994-1995	75.8	23.7	5.8	1.3	0	0	6.3	0	0	0	0	0	112.9
1995-1996	33.9	8.4	5.4	6.7	13.6	24.9	21.1	0.2	0	0	1.3	0	115.5
1996-1997	0	0.8	0	2.3	0.2	2.4	0	60.6	1.1	0	0	0	67.4
1997-1998	44.1	0	10.4	32.4	0	0	2.5	0.6	0	0	0	0	90
1998-1999	9.9	0	0	0.3	53.8	0.8	4.4	0	1.2	0	7.6	0	78
1999-2000	0.9	0	24.7	27.7	0	0	3.6	0	6.1	1.8	0	0	64.8
2000-2001	5.2	13.1	0	0	0	1.3	0.3	1.7	0	0	0	0	21.6
2001-2002	12.8	0.5	5.7	23.6	0.7	0	2.7	0.8	1.6	0.1	0	3.7	52.2
2002-2003	10.1	26.6	16.9	0	18.4	2.6	23.5	0.2	0	0.1	0	6.9	105.3
2003-2004	7.1	22.3	0	3.7	49	0.4	7.2	44.8	1	34.5	0	12.2	182.2
2004-2005	0	0	21.2	3.5	6.4	1.1	0	0	0	3.9	1.7	7.7	45.5
2005-2006	62.8	10.2	2.2	0	57.5	0	0.2	6.3	4.1	0	4.3	2.6	150.2
2006-2007	7.7	5.8	4.4	13.6	0.1	0	4.1	12.3	3.4	0	0	16.5	67.9
2007-2008	2.6	0	0	3.5	5.4	10.3	0	0	0.6	1.2	1.1	0	24.7
2008-2009	79.5	30.8	8.8	7.3	59.3	1	10.5	0.4	0	17.4	0	0	215
2009-2010	45.8	0	0	0	5.6	0	0	0	3.5	1.5	2	0	58.4
2010-2011	0.5	3.5	0	0	1.5	0	16.9	15	1.5	27	0	0	65.9
2011-2012	24	18	0	0	6.5	1	7.5	8.5	0		0	0	65.5
2012-2013	0	6	7	2	1.2	0	3.7	0.7	0	0	0.1	1.7	22.4
Moyenne	18.59	7.89	5.91	5.91	12.83	2.15	8.91	6.87	1.99	4.41	0.79	2.23	78.29

Source : BNDER

III.1.2. Ajustement à la loi de Gauss

La méthode de Gauss consiste à :

*Classer les valeurs des précipitations annuelles par ordre décroissant.

*Classer les fréquences des valeurs observées par la formule :

$$F(x) = \frac{n - 0,5}{N} \dots\dots\dots (2.1)$$

Avec : n : Numéro d'ordre.
 N : Nombre d'années observées.

On doit calculer :

La moyenne arithmétique : $\bar{X} = \sum \frac{X_i}{n}$ (2.2)

L'écart type : $\delta = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$ Pour $n \geq 30$ (2.3)

La variable réduite de Gauss : $U = \frac{X - \bar{X}}{\delta}$ (2.4)

Le coefficient de variation : $C_v = \frac{\delta}{\bar{X}}$ (2.5)

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN. Les résultats obtenus figurent au tableau III-8 et au Figure III.2

Tableaux III.2: Ajustement à la loi gauss

T	F	P%	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
100.0	0.9900	198	21.0	157 – 239
50.0	0.9800	184	19.2	146 – 221
20.0	0.9500	163	16.7	130 – 195
10.0	0.9000	144	14.6	116 – 173
5.0	0.8000	122	12.5	96.9 – 146
2.0	0.5000	78.3	10.7	57.3 - 99.3
1.2500	0.2000	35.0	12.5	10.5 - 59.6

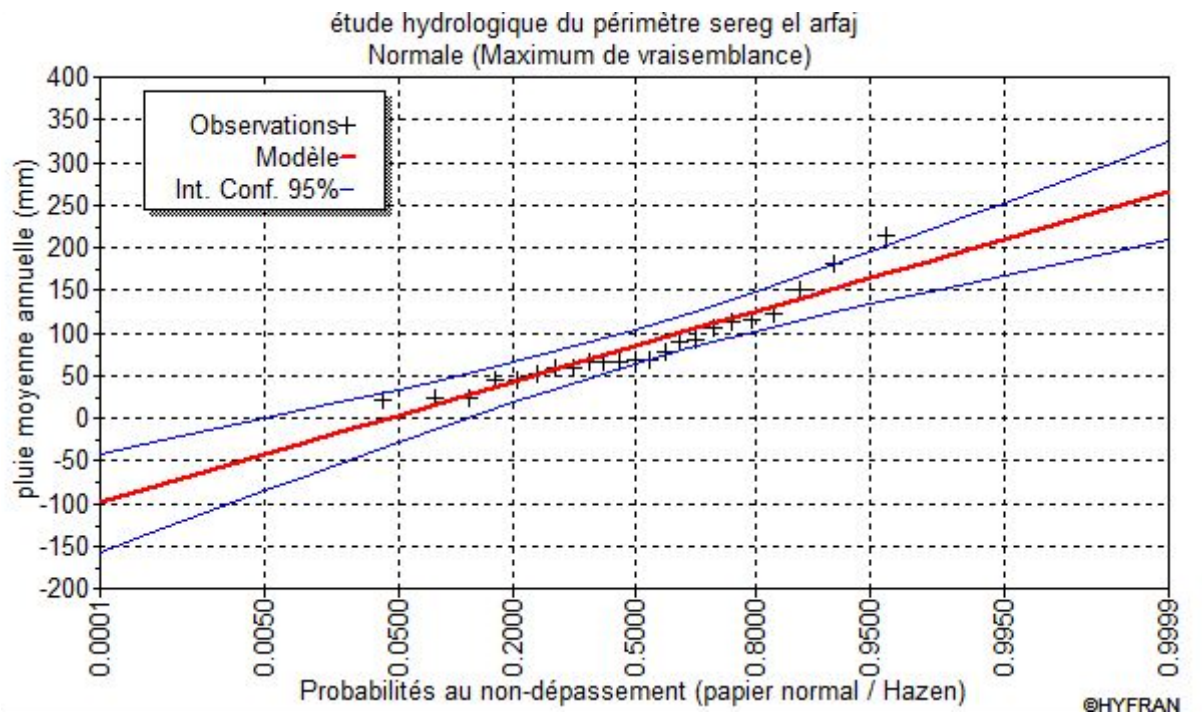


Figure III.1 : Ajustement des pluies annuelles à la loi gauss

III.1.3. Test de validité pour la loi Normale (test de Khi carré)

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 :

$$\chi^2 = \sum \frac{(n_i - v_i)^2}{v_i}$$

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

Avec :

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

On cherche dans la table de Pearson la probabilité de dépassement correspondante au nombre de degré de liberté, définie ci-dessus par λ

Les étapes du test de khi carré sont :

- On calcule χ^2 .
- On calcule le nombre de degré de liberté γ :
- On détermine $\chi^2_{\text{théorique}}$ sur la table de Pearson (voir tableau III-3 ci-après)

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

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

Tableau III.3 : Table du χ^2

α γ	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.016	0.455	1.074	1.642	2.705	3.841	5.412	6.635	10.827
2	0.211	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.815
3	0.584	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345	16.266
4	1.064	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	18.467
5	1.610	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515
6	2.204	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812	22.457
7	2.833	6.346	8.383	9.83	12.017	14.067	16.622	18.475	24.322
8	3.490	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090	26.125
9	4.168	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666	27.877

D'après le logiciel HYFRAN on obtenu les résultats suivant:

$\chi^2_{\text{calculé}} = 8.96 \quad \gamma = 4$

D'après la table de Pearson du χ^2 on a :

$\chi^2_{\text{théorique}} = 13.277$

$\chi^2_{\text{calculé}} = 8.96 < \chi^2_{\text{théorique}} = 13.277$

Donc l'ajustement est à considérer

III.1.4. Ajustement des pluies annuelles à la loi du log-normale (loi de Galton)

L'ajustement par la loi log-normale se fait comme suit :

-Les données statistiques des pluies sont rapportées à une autre échelle à savoir l'échelle du log normale.

Nous avons l'équation de la droite de Galton qui s'écrit comme suit :

$$\text{Ln}(X_{p\%}) = \overline{\text{Ln}(X)} + \delta_{\text{Ln}} * U_p$$

Avec:

Ln: symbole de l'opérateur mathématique correspondant au logarithme népérien.

$X_{p\%}$: précipitation probable à P%.

$\overline{\text{Ln}(X)}$: Moyenne arithmétique du log des précipitations observées.

δ_{Ln} : la variance, calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique sa formule s'écrit comme suit :

$$\delta_{\text{Ln}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(X)}]^2} \quad \text{Si } n < 30$$

$$\delta_{\text{Ln}} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} [\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(X)}]^2} \quad \text{Si } n \geq 30$$

$U_{p\%}$: variable réduite de Gauss.

Pour les calculs on a utilisé le logiciel HYFRAN Les résultats obtenus figurent dans le Tableau III.4 Et au Figure III.

Tableaux III.4 : Ajustement à la loi log normale

T	F	P%	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
100.0	0.99	286	299	126 – 206
50.0	0.98	241	205	113 – 915
20.0	0.95	186	115	107 – 557
10.0	0.9	148	68.3	91.4 – 359
5.0	0.8	112	36.7	69.0 – 213
2.0	0.5	86.6	12.8	32.4 - 82.5
1.2500	0.2	66	6.09	11.5 - 35.3

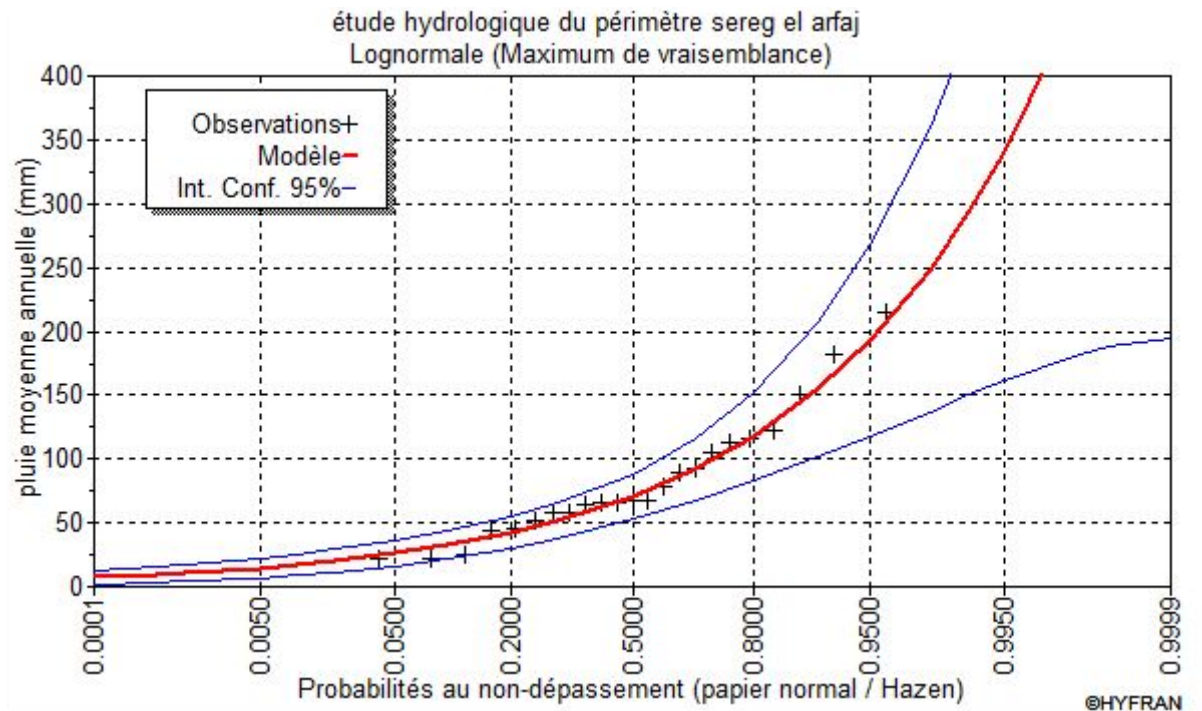


Figure III.2 : Ajustement des pluies annuelles à la loi log-Normale

III.1.5. Test de validité de l’ajustement à la loi log-normale (loi de Galton)

- On calcule $\chi^2_{\text{calculé}}$.
- On calcule le nombre de degré de liberté γ .
- On détermine $\chi^2_{\text{théorique}}$ sur la table de Pearson III.
- La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0.05$ si et seulement si : $\chi^2_{\text{calculé}} < \chi^2_{\text{théorique}}$.
- D’après le logiciel HYFRAN on a obtenu les résultats suivants:
 - $\chi^2_{\text{calculé}} = 9.95 \quad \gamma = 4$
 - D’après la table de Pearson du χ^2 on a :
 - $\chi^2_{\text{théorique}} = 13.277$
 - $\chi^2_{\text{calculé}} = 9.95 < \chi^2_{\text{théorique}} = 13.277$

D’après le test de Khi carré, la loi Normale s’ajuste mieux aux pluies annuelles par rapport à la loi log-Normale d’un point de vu probabiliste, mais du point de vu physique

On ne peut pas avoir de valeurs de pluies négatives ce qui nous pousse a conclure que la loi log-normal s’adéquat mieux pour notre série.

III.1.6. Homogénéité des séries pluviométrique

En générale, l'homogénéisation des données hydrologiques est indispensable, préalablement à toute exploitation hydrologique de ces dernières, car les mesures ne sont pas menées souvent avec soin. En effet, outre la possibilité de données défectueuses ou sujette à caution, il arrive fréquemment qu'une station pluviométrique présente des interruptions dans les relevés, rendant difficile son utilisation

Il convient dans ce cas de procéder à une vérification de l'homogénéité des données recueillies, afin d'éliminer, puis de combler les lacunes des relevés défectueux. Dans une première étape on décèlera les anomalies flagrantes des séries pluviométriques en les comparant aux données homogènes d'une autre station avoisinante. La deuxième étape consistera à vérifier la constance de la relation liant les données de la station étudiée à celle prise comme référence. La méthode des doubles masses est la plus utilisée. Les erreurs sont détectées en comparant la série de données avec une autre station pluviométrique voisine homogène. Cette méthode présente l'avantage d'établissement de coefficients correcteurs au cas où la distorsion est trop importante.

L'homogénéisation des séries données pluviométriques sur une période d'observation unique, n'aura pas lieu, dans la plupart des cas. C'est le cas des séries pluviométriques de notre projet. Pour cela, deux méthodes peuvent porter sur des données prélevées sur des intervalles de temps divers, tels que : l'année, le mois et le jour, proposés ci- après:

-Test de Wilcoxon ⁽¹⁾

Ce test repose sur un procédé simple, permettant de tester l'homogénéité d'une série de données, sans qu'il fasse appel à une autre série pluviométrique homogène d'une station voisine, étalée sur la même période d'observation.

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique d'enregistrement complet, par le test de Mr Wilcoxon, repose sur le procédé ci-dessous :

*On divise la série complète des pluies moyennes annuelles de référence 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 supérieure à N_1 .

On constitue par la suite, la série "X" union "Y" après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre croissant. A ce stade, on attribue à chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang, tout en précisant à quelles sous-séries appartient-elle

*M^f Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95%, si la relation ci-dessous est vérifiée ;

Avec :

$$W_{MIN} < W_X < W_{MAX} \text{-----} [4.1]$$

$$W_X = |Rang|_X \text{-----} [4.2]$$

W_X : Somme des rangs de sous-série x.

Et :

$$W_{MIN} = \left[\left(\frac{N_1 + N_2 + 1}{2} * N_1 - 1 \right) - 1.96 * \left(\frac{N_1 * N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right)^{(1/2)} \right] \text{-----} [4.3]$$

$$W_{Max} = [(N_1 + N_2 + 1) * N_1 - W_{MIN}] \text{-----} [4.4]$$

• **Test de Wilcoxon pour la station de GHARDAIA**

Le tableau III, détaille le procédé de test d’homogénéité proposé par de M^f Wilcoxon pour la station de GHARDAIA

Tableau III.5: Test d’homogénéité de Wilcoxon

Rang	La Série P (mm)	Séries X (mm)	séries-Y (mm)	Décroissant (mm)	Y union X
1	44.6	105.3	44.6	215	X
2	57.8	182.2	57.8	182.2	X
3	0	45.5	0	150.2	X
4	92.8	150.2	92.8	115.5	Y
5	112.9	67.9	112.9	112.9	Y
6	115.5	24.7	115.5	105.3	X
7	67.4	215	67.4	92.8	Y
8	90	58.4	90	90	Y
9	78	65.9	78	78	Y
10	64.8	65.5	64.8	67.9	X
11	21.6	22.4	21.6	67.4	Y
12	52.2		52.2	65.9	X
13	105.3			65.5	X
14	182.2			64.8	Y
15	45.5			58.4	X
16	150.2			57.8	Y
17	67.9			52.2	Y
18	24.7			45.5	X
19	215			44.6	Y
20	58.4			24.7	X
21	65.9			22.4	X
22	65.5			21.6	Y
23	22.4			0	Y

On a donc :

$$W_{min} < W_x < W_{max}$$

$$\Leftrightarrow 99.65 < 121 < 164.35$$

⇒ La condition de M^f Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station de GHARDAIA est homogène

III.2. Détermination de L'année de calcul

Détermination de l'année de calcul à pour but de connaître la quantité de pluie qui peut être utilisée par la plante; elle est une fraction de la pluie efficace (pluie de probabilité 80%), (de l'année de calcul de P80%)

Pour trouver la pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80% on utilise la loi suivante :

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

$$P_{théorique\ 80\% \text{ annuelle}} = 256.17\text{mm} .$$

$$P_{théorique\ 50\% \text{ annuelle}} = 364.23\text{mm} .$$

P_{moy} De chaque mois sont données par le tableau suivant:

Tableau III.6: Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm.

Mois	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nev	Dec	Année
P(mm)	18.59	7.89	5.91	5.91	12.83	2.15	8.91	6.87	1.99	4.41	0.79	2.23	78.29

Nous avons :

$$P_{moy \text{ mensuelle de } 80\%} = \frac{P_{théorique}}{P_{moy \text{ annuelle}}} \cdot P_{moy \text{ mensuelle}}$$

$$P_{moy\ 80\%} = \frac{38.8}{66} \cdot P_{moy \text{ mensuelle}} = 0.587 \cdot P_{moy \text{ mensuelle}}$$

Les résultats de calcul sont donnés par le tableau suivant :

Tableau III.7:L'Année de calcul.

Mois	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nev	Dec	Année
P(mm)	10.80	4.66	3.95	3.48	7.55	1.83	5.25	4.07	1.18	2.48	0.47	1.30	45.97

III.3. Calculs des besoins en eau des cultures

III.3.1. Etude agronomique

Il est indispensable d'étudier les aptitudes culturales propres à chaque type de notre sol, et le choix des cultures convenables et adaptables.

III.3.1.1. Choix des cultures

Les choix des cultures à mettre en place doit concilier entre les critères suivant :

- 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.

Pour l'établissement du calendrier cultural adaptable aux diverses condition du périmètre d'étude Besbès, nous avons tenu compte :

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

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

Pour notre périmètre les cultures que nous avons choisies sont les suivants :

a. Arboriculture :

- Palmier dattier

b. Cultures maraichères :

- Oignon
- Ail
- Laitue
- Chou-fleur

- Navet
- Carotte
- Melon Pastèque
- Betterave potagère
- Pomme de terre
- Tomate
- Courgettes
- Piment

c. Cultures fourragères :

- Luzerne
- Sorgho
- Orge en vert

Les cultures industrielles ne peuvent être envisagées surtout pour des raisons économiques. Les surfaces à leur consacrer ne permettent pas une production suffisante pour justifier l'installation d'unité pour le traitement au niveau local.

III.3.1.2. Les Coefficients cultureux (K c)

Les valeurs du coefficient cultural (KC) 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 N°24 et pour figuier revue (irrigation des vergers) publiée par INAF.

Tableau III-8 : La répartition des sols relative aux cycles culturaux.

MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOT
P de t							0.75	1.1	1.2	0.75		
Poivron	1,45	1	0,85							1,05	1,05	1,35
Carotte	0.8	1	1.1	0.75								
Navet	0,8	1	1,1	0,75								
Ail							1	1,05	1,05	0,85		
Haricot					0,75	0,8	1,1	0,95	0,7			
Sorgho									0,8	1	1,15	0,75

III.3.2. Besoins en eau des cultures :

Les cultures se développent, puisent du sol l'eau et les éléments nutritifs la quantité d'eau donnée à la culture n'est pas entièrement absorbée par la culture, une partie percole et se perd en profondeur.

L'eau qui constitue la plante est libérée par transpiration à travers l'appareil foliacé, le reste est évaporé par le sol. L'ensemble de ces deux actions est l'évapotranspiration. Ce phénomène conditionne et détermine les besoins en eau des cultures.

III.3.2.1. Détermination de l'évapotranspiration :

a) Définition :

L'évapotranspiration se définit comme étant le rejet global de vapeur d'eau par le sol et par les feuilles d'une plante. On distingue deux types d'évapotranspiration :

- Evapotranspiration potentielle ETP.
- Evapotranspiration réelle ETR.

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

L'évapotranspiration réelle représente la quantité d'eau effectivement évaporée, à un moment donné, par le sol et la végétation.

b) Méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration :

L'évapotranspiration potentielle est rarement mesurée à l'aide de bacs, et d'évaporomètres. Le plus souvent elle est calculée par des méthodes à partir des données climatiques mesurées, les plus employées sont :

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

En ce qui concerne notre projet, le calcul des besoins en eau des cultures est effectuée à l'aide de logiciel Cropwat, qui permet au passage, l'évaluation de l'évapotranspiration de référence, selon la formule empirique la plus appropriée de M^R Penman et Monteith modifiée.

c) Méthode de M^R Penman et Monteith modifiée :

La formule de M^R Penman et Motheit modifiée se présentant comme suit :

$$ET_0 = C \times [W \times R_n + (1-W) \times F(u) \times (ea - ed)]$$

Tel que :

ET₀ : représente l'évapotranspiration de référence, exprimées en mm /jour.

W : facteur de pondération tenant compte de l'effet de rayonnement a température et altitude.

R_n : rayonnement net en évaporation équivalente, exprime en mm/jour.

F(u) : fonction liée au vent.

ea : tension de vapeur saturante a la température moyenne de l'air, en millibars.

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

La différence (ea-ed) consiste en facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est réalisé à l'aide d'un logiciel appelé **CROPWAT**, fonde sur la méthode de M^f Penman et Motheit, modifiée et recommandée par la consultation des experts de la **FAO** tenue a Rome en mai 1990. suivantes

Pour l'exploitation du logiciel, nous devons fournir les informations mensuelles de la station météorologique, la méthode adoptée emploie les informations homogènes et fiables
Suivantes :

- Température : Les températures max et min mensuelles sont données en degré Celsius.
- Humidité de l'air : l'humidité relative de l'air exprime en pourcentage %.
- Insolation journalière : L'insolation journalière donnée en heures d'insolation.
- Vitesse de vent : La vitesse du vent peut être introduite en m/s.

Tableau III-9 : Représente l'évapotranspiration de référence ET₀, calculée à l'aide du logiciel **CROPWAT**

Mois	Temps max °C	Temps min °C	Humidité %	Vent Km/jours	Insol Heures	Radiation MJ/m ² .jour	ET ₀ -penman mm/jour
Janvier	3.0	17.2	54	259	8.2	13.7	2.72
Février	4.9	20.1	42	268	8.9	16.8	3.79
Mars	9.3	24.6	36	251	8.9	19.7	4.99
Avril	13.1	28.8	31	268	9.7	23.2	6.54
Mai	18.4	34.3	26	242	10.2	25.1	7.71
Juin	23.2	39.4	22	259	10.3	25.5	9.11
Juillet	26.2	42.7	20	276	11.2	26.6	10.23
Août	25.9	41.8	22	268	10.7	24.9	9.65
Septembre	22.1	37.3	29	216	8.9	20.4	7.20
Octobre	16.1	30.7	39	199	8.7	17.3	5.16
Novembre	8.5	23.6	48	216	8.5	14.5	3.60
Décembre	3.8	18.6	55	320	8.0	12.7	3.05
Année	14.5	29.9	35	254	9.3	20.0	6.15

III.3.2.2. Calcul de la pluie efficace :

Pour tenir compte des pertes, le programme **CROPWAT**, nous permettra de calculer la précipitation efficace, définie comme étant la fraction des précipitations contribuant effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, par percolation en profondeur, etc.

On à :

$$P_{\text{eff}} = P_{p\%} \times 0.8$$

Avec :

P_{eff} : pluie annuelle efficace en (mm/mois).

$P_{P\%}$: pluie annuelle de probabilité en (mm/mois).

Les valeurs mensuelles d' ET_0 , $P_{P\%}$ et P_{eff} sont regroupées dans le tableau.

Tableau III-10 : Les précipitations efficaces.

Pays : ALGERIE Station climatique : (22ans)			
Mois	ET_0 mm/jour	$P_{P\%}$ mm/mois	Pluie eff mm/mois
Janvier	3	10.8	8.64
Février	4.9	4.66	3.728
Mars	9.3	3.95	3.16
Avril	13.1	3.48	2.784
Mai	18.4	7.55	6.04
Juin	23.2	1.83	1.464
Juillet	26.2	5.25	4.2
Août	25.9	4.07	3.256
Septembre	22.1	1.18	0.944
Octobre	16.1	2.48	1.984
Novembre	8.5	0.47	0.376
Décembre	3.8	1.30	1.04
Totaux	174.5	45.97	36.776
Précipitation efficaces : 80 % da précipitation totale			

III.3.2.3. La réserve facilement utilisable (RFU) :

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

Tel que :

$$RFU = RU \times Y \times Z. \dots\dots(III.6)$$

RU : réserve utile.

Z : la profondeur d'enracinement de la culture.

Y = 2/3.

Tableau III-11 : Caractéristiques hydriques de quelques sols

Texture	Humidité pondérales en Z du poids sec			Réserve utile volumétrique en mm/m
	à la rétention HCC	du flétrissement HPF	disponible HCC-HPF	
Sableuse	9 (6 à 12)	4 (2 à 6)	5 (4 à 6)	85 (70 à 100)
Sablo-limoneuse	14 (10 à 18)	6 (4 à 8)	8 (6 à 10)	120 (90 à 150)
Limoneuse	22 (18 à 26)	10 (8 à 12)	12 (10 à 14)	170 (140 à 190)
Limono-argileuse	27 (25 à 31)	13 (11 à 15)	14 (12 à 14)	190 (170 à 220)
Argilo-limoneuse	31 (27 à 35)	15 (13 à 17)	16 (14 à 18)	210 (180 à 230)
Argileuse	35 (31 à 39)	17 (15 à 19)	18 (16 à 20)	230 (220 à 250)

Remarque : dans le chapitre 2 on a conclu que la texture du sol de notre périmètre était sablo-limoneuse. Donc on prend la RU égale à 120

III.3.3. Détermination des besoins en eau d'irrigation

III.3.3.1. Détermination des besoins d'Ali

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	216	159,96	108	94,55	84,32	106,12	154,69	196,2	239,01	273,3	317,13	299,15
Kc	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,05	1,05	0,85
ETM (mm/mois)	0	0	0	0	0	0	0	0	239,01	286,97	332,99	254,28
P (mm)	11.50	12.27	10.35	9.52	7.67	7.59	11.01	9.17	9.95	8.17	2.32	6.23
P_{eff}(mm)	8,64	3,73	3,16	2,78	6,04	1,46	4,2	3,26	0,94	1,98	0,38	1,04
H (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,2	0,3	0,35
RFU (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	8,00	16,00	24,00	28,00
Besoins net (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	230,07	268,99	308,61	225,24
Besoins brute (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	270,671	316,459	363,071	264,988
Besoins brute (m³)	0	0	0	0	0	0	0	0	2706,71	3164,59	3630,71	2649,88

III.3.3.2. Détermination des besoins des Pomme de terre

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	216	159,96	108	94,55	84,32	106,12	154,69	196,2	239,01	273,3	317,13	299,15
Kc	0	0	0	0	0	0	0,75	1,1	1,2	0,75	0	0
ETM (mm/mois)	0	0	0	0	0	0	116,02	215,82	286,81	204,98	0	0
P (mm)	10,8	4,66	10,35	9,52	7,67	7,59	11,01	9,17	9,95	8,17	2,32	6,23
P_{eff}(mm)	8,64	3,73	3,16	2,78	6,04	1,46	4,2	3,26	0,94	1,98	0,38	1,04
H (mm)	0	0	0	0	0	0	0,1	0,25	0,35	0,4	0	0
RFU (mm)	0	0	0	0	0	0	8,00	20,00	28,00	32,00	0	0
Besoins net (mm)	0	0	0	0	0	0	103,82	192,56	257,87	171,00	0	0
Besoins brute (mm)	0	0	0	0	0	0	138,427	256,747	343,827	228,00	0	0
Besoins brute (m³)	0	0	0	0	0	0	1384,27	2567,47	3438,27	2280,00	0	0

III.3.3.3. Détermination des besoins des Poivrons

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	216	159,96	108	94,55	84,32	106,12	154,69	196,2	239,01	273,3	317,13	299,15
Kc	1,45	1	0,85	0	0	0	0	0	0	1,05	1,05	1,35
ETM (mm/mois)	313,2	159,96	91,8	0	0	0	0	0	0	286,97	332,99	403,85
P (mm)	11.50	12.27	10.35	9.52	7.67	7.59	11.01	9.17	9.95	8.17	2.32	6.23
P_{eff}(mm)	8,64	3,73	3,16	2,78	6,04	1,46	4,2	3,26	0,94	1,98	0,38	1,04
H (mm)	0,8	0,9	1	0	0	0	0	0	0	0,4	0,6	0,7
RFU (mm)	64,00	72,00	80,00	0	0	0	0	0	0	32,00	48,00	56,00
Besoins net (mm)	240,56	84,23	8,64	0	0	0	0	0	0	252,99	284,61	346,81
Besoins brute (mm)	283,012	99,094	10,165	0	0	0	0	0	0	297,635	334,835	408,012
Besoins brute (m³)	2830,12	990,94	101,65	0	0	0	0	0	0	2976,35	3348,35	4080,12

III.3.3.6. Détermination des besoins des haricots

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	216	159,96	108	94,55	84,32	106,12	154,69	196,2	239,01	273,3	317,13	299,15
Kc	0	0	0	0	0,75	0,8	1,1	0,95	0,7	0	0	0
ETM (mm/mois)	0	0	0	0	63,24	84,896	170,16	186,39	167,307	0	0	0
P (mm)	11.50	12.27	10.35	9.52	7.67	7.59	11.01	9.17	9.95	8.17	2.32	6.23
P_{eff}(mm)	8,64	3,73	3,16	2,78	6,04	1,46	4,2	3,26	0,94	1,98	0,38	1,04
H (mm)	0	0	0	0	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0	0	0
RFU (mm)	0	0	0	0	8,00	12,00	16,00	20,00	24,00	0	0	0
Besoins net (mm)	0	0	0	0	49,20	71,44	149,96	163,13	142,37	0	0	0
Besoins brute (mm)	0	0	0	0	57,882	84,042	176,422	191,918	167,491	0	0	0
Besoins brute (m³)	0	0	0	0	578,82	840,42	1764,22	1919,18	1674,91	0	0	0

III.3.3.7. Détermination des besoins sorgho

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
ET₀ (mm/mois)	216	159,96	108	94,55	84,32	106,12	154,69	196,2	239,01	273,3	317,13	299,15
Kc	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	1	1,15	0,75
ETM (mm/mois)	0	0	0	0	0	0	0	0	191,208	273,3	364,7	224,363
P (mm)	11.50	12.27	10.35	9.52	7.67	7.59	11.01	9.17	9.95	8.17	2.32	6.23
P_{eff}(mm)	8,64	3,73	3,16	2,78	6,04	1,46	4,2	3,26	0,94	1,98	0,38	1,04
H (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,4	0,5	0,6
RFU (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	16,0	32,0	40,0	48,0
Besoins net (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	174,26	239,32	324,32	175,32
Besoins brute (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	205,021	281,553	381,553	206,262
Besoins brute (m³)	0	0	0	0	0	0	0	0	2050,21	2815,53	3815,53	2062,62

III.3.4. Calcul de débit spécifique :

Les débits spécifiques sont définis selon les besoins en eau de chaque culture, évalués sur la base d'une répartition culturale. Ce qui donne que le débit est calculé en tenant compte de besoins mensuels, la fréquence d'irrigation, la dose d'arrosage et le Coefficient d'efficacité globale du système d'irrigation pour définir les débits spécifiques de chaque culture suivant la formule qui suit :

$$q = \frac{B_m}{T \times t \times 3,6 \times K} \quad (\text{l/s/ha}) \dots\dots(\text{III.7})$$

- **B_m** : Besoin mensuel maximum net, exprimé en m³/ha.
- **T** : Temps d'irrigation par jour.
- **t** : Nombre de jours du mois d'irrigation, exprimée en jour égale à 30 J.
- **K** : Coefficient d'efficacité globale du système d'irrigation ≈ 0.85.

Tableau III.12 : Besoins nets (mm) en eau d'irrigation.

Mois \ Culture	jan	fév	mar	avr	Mai	juin	juil	aout	sep	oct	nov	déc
Ali					230,07	268,99	308,61	225,24				
P. terre			103,82	192,56	257,87	171,00						
Poivron						252,99	284,61	346,81	240,56	84,23	8,64	
Carotte									156,16	140,23	95,64	44,13
Navet									156,16	140,23	95,64	44,13
Haricot	49,20	71,44	149,96	163,13	142,37							
Sorgho					174,26	239,32	324,32	175,32				
B net total (mm)	49,20	71,44	253,78	355,69	804,57	932,30	917,54	747,37	552,88	364,69	199,92	88,26
B _{brut} (mm)	57,88	84,05	298,56	418,46	946,55	1096,82	1079,46	879,26	650,45	429,05	235,20	103,84

Le mois de pointe c'est le mois de **JUIN** avec un besoins total de **B = 932,28 mm**
 c'est -à-dire **B = 9322,8 m³/ha**.

$$q = \frac{932.28 \times 10^4}{20 \times 30 \times 3600 \times 0.85}$$

$$= 5.08 \text{ l/s/ha}$$

Le débit spécifique est considérable donc son calcul exigé d'introduire les besoins de chaque culture durant le mois de pointe pour déterminer le débit spécifique moyen, ce qui donne :

Le débit spécifique pour le Ali : B = 268.99 mm

$$q = \frac{268.99 \times 10^4}{20 \times 30 \times 3600 \times 0.85} = 1.47 \text{ l/s/ha.}$$

Le débit spécifique pour la pomme de terre : B = 171 mm

$$q = \frac{171 \times 10^4}{20 \times 30 \times 3600 \times 0.85} = 0.93 \text{ l/s/ha.}$$

Le débit spécifique pour la Tomate: B = 252.99 mm

$$q = \frac{252.99 \times 10^4}{20 \times 30 \times 3600 \times 0.85} = 1.38 \text{ l/s/ha.}$$

Le débit spécifique pour les Carottes: B = 239.32 mm

$$q = \frac{239.32 \times 10^4}{20 \times 30 \times 3600 \times 0.85} = 1.3 \text{ l/s/ha.}$$

Le débit spécifique moyen :

$$q = \frac{1.47 + 0.93 + 1.38 + 1.3}{4} = 1.27 \text{ l/s/ha.}$$

Considérant les débits moyens de chaque culture, additionnés donnant le débit spécifique est de : **q = 1.27 l/s/ha.**

CHAPITRE IV :

Etude de réseau d'adduction et de distribution

Introduction

Le manque d'eau et l'accroissement constant des besoins en eau en agriculture, conjugués aux conflits d'usage avec les autres secteurs, tels que l'industrie et la consommation en eau potable, nous amènent à constamment réfléchir sur les économies d'eau et d'énergie. Ceci passera forcément par une gestion efficace de l'irrigation ainsi que par la maîtrise de l'utilisation et le choix des systèmes d'irrigation.

Les techniques d'irrigation agricoles sont des méthodes pour apporter de l'eau aux cultures et sont classifiées en irrigation de surface, irrigation par aspersion et micro-irrigation. Décider de sélectionner une technique d'irrigation ou de passer à une technique plus efficace est compliqué. D'un point de vue de la préservation de l'eau, le choix est simple, les économies en eau augmentent lorsque l'on passe de l'irrigation de surface à l'aspersion et de l'aspersion à la micro-irrigation. Cependant, le succès d'une technique d'irrigation sera très dépendant du site, de facteurs de situation ainsi que du niveau de gestion utilisé. La technique d'irrigation existante doit être évaluée très précisément avant de passer à une autre technique.

Ce chapitre représente des illustrations et schémas que nous avons mis en évidence pour montrer les avantages et les inconvénients de chacune de ses techniques.

Ainsi nous avons fait le dimensionnement de tout le réseau d'irrigation depuis les forages jusqu'aux bornes qui desservent les îlots, et à la fin on a choisi une parcelle puis on a dimensionné le réseau de distribution par aspersion.

IV.1. Les techniques d'arrosage des cultures

IV.1.1. L'irrigation gravitaire

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

IV.1.1.1. L'irrigation par ruissellement

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

a) Les avantages de l'irrigation par ruissellement

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

b) les inconvénients

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

IV.1.1.2. L'irrigation par submersion

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

Inférieur à 2 %



Figure IV.1 : L'irrigation par submersion

a) Les avantages de la submersion

- Destruction des adventices
- Protège contre le gel

b) Les inconvénients de la submersion

- Tassement du sol
- Diminution de la porosité d'ou diminution de la perméabilité

- Nécessite d'assainissement
- Manque d'aération

IV.1.1.3. l'irrigation par infiltration

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

a) les avantages

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

b) Les inconvénients

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

a. L'irrigation par planche :

Consiste à faire couler une mince couche d'eau sur un sol incliné de 0,2 à 3%. Le débit à déverser est fonction de la pente, de la largeur et de la longueur de la planche. Cette méthode est de loin la plus difficile car il faut ajuster le débit d'irrigation de chaque planche avec toutes les autres variables. Une des formules pratiques est celle de Crevat qui consiste à déterminer la longueur de la planche qui dépend de l'infiltration du sol, ce qui correspondrait au temps de ruissellement. Autrement dit, l'aiguadier ouvre la vanne et attend que l'eau arrive au bas de la planche, et à ce moment là il ferme la vanne d'arrivée.



Figure IV.2 : L'irrigation par planche

b. L'irrigation à la raie ou par rigole

Convient parfaitement aux sols présentant une pente comprise entre 0,2 et 3%. Les sillons sont séparés d'une distance variant entre 0,6 et 1,25 m, selon le type de sol et la culture. Suivant le débit dont on dispose, on peut irriguer un ou plusieurs sillons à la fois. Les raies peuvent être parallèles ou perpendiculaires à la rigole permanente d'amenée d'eau. D'une manière générale, l'irrigation est réalisée suivant un débit unique ou suivant une succession de deux débits différents, un premier débit important qui est appelé débit d'attaque et un deuxième débit plus faible qui est appelé débit d'entretien. L'irrigation à la raie se prête mieux à la mécanisation par siphon, par rampe à vannes, par gaine souple ou par transirrigation.



Figure IV.3 : L'irrigation à la raie ou par rigole

IV.1.2. L'irrigation par aspersion

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

a) Les avantages

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

b) les inconvénients

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

IV.1.3. L'irrigation localisée

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



Figure IV.4 : L'irrigation localisée

a) les Avantages

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

b) Les inconvénients

- Coût très élevé du matériel
- Risque d'obstruction des goutteurs
- Nécessité d'une main d'œuvres spécialisés
- Apte seulement pour les cultures par rangée

IV.2. Choix des techniques d'arrosage

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

IV.2.1. Les contraintes naturelles

IV.2.1.1. L'évaporation

Notre zone d'étude est caractérisée par un évaporation élevé durant l'été , ce qui provoque une perte d'eau importante

IV.2.1.2. Le vent

C'est le facteur déterminant dans le choix de technique d'irrigation , notre zone d'étude est caractérisé par des vitesse faible d'une part et moyenne d'autre part (2.9 m/s au moyen)

IV.2.1.3. Le sol

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

IV.2.1.4. La pente

La zone d'étude à une pente qui varie entre 2 et 3 % en général, donc cette dernière ne présente aucune contrainte particulière

IV.2.2. Les contraintes techniques

- ❖ Qualification de main d'œuvre
- ❖ Entretien du matériel

IV.2.3. Les contraintes agronomiques

Les types des cultures envisagés dans notre station sont constitués de fourrage , maraîchage, et arbre fruité (Agrumes), pour des raisons d'économie d'eau essentiellement on retient l'irrigation par aspersion pour les fourrages et les maraîchages, et l'irrigation localisé pour les agrumes .

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

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

Contraintes	Irrigation de surface		Irrigation par Aspersion	Irrigation localisé
	Par Rigole	Par Planche		
• Contraintes naturelle				
▪ Evaporation	++	++	++	++
▪ Vent (2.9 m/s)	+++	+++	++	+++
▪ Texture (limoneuse)	++	++	++	+++
▪ Perméabilité (moy)	++	++	+++	++
▪ Pente (2.5%)	+++	+++	+++	+++
▪ Qualité d'eau d'irrigation (bonne)	+++	+++	+++	+++
• Contraintes agronomique				
▪ Maraîchage	+++	++	++	+++
▪ Fourrages	□	+	+++	□
▪ Agrumes	+++	□	□	+++
• Contraintes technique				
▪ Personnels qualifier	+++	+++	+++	+++
• Contraintes économique				
▪ économie d'eau	□	□	++	+++

Remarque

□ : Déconseillé ; + : Adapté avec réserve ;
 ++ : Adapté ; +++ : Très Adapté

IV.3. Le réseau d'irrigation :

L'ensemble des conduites et des équipements et des ouvrages assurant l'acheminement de l'eau de la source jusqu'aux cultures est constitué essentiellement de deux phases :

- Le réseau d'adduction
- Le réseau de distribution

Le but consiste à rechercher des différentes possibilités du tracé du système d'adduction et de distribution de l'eau pour notre périmètre d'irrigation. Alors il se pose en terme de :

- Projection d'un réseau d'irrigation assurant la distribution d'eau sous pression aux différents îlots par l'intermédiaire de bornes d'irrigation.
- Réalisation d'une conduite d'adduction reliant le forage et le périmètre.

Avant de procéder aux calculs hydrauliques, il faudrait connaître :

- ❖ Les conditions hydrauliques de la desserte caractérisée par le débit délivrée à chaque prise d'irrigation et la pression minimale garantie.
- ❖ Les conditions d'accès à la prise d'irrigation, spécifiant l'implantation des différentes prises d'irrigation et leur regroupement sur les bornes du réseau.

IV.3.1. Types et variantes d'adduction :

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

➤ **Adduction gravitaire (N1):**

Dans une adduction gravitaire, le point de captage se situe à une altitude supérieure à celle du périmètre de desserte et l'écoulement peut être à surface libre, c'est-à-dire sans pression, grâce à la pente, ordinairement uniforme sur tout le parcours ou en charge, c'est-à-dire sous pression c'est à dire l'écoulement se fait seulement à l'action de la pesanteur.

➤ **Adduction par refoulement (N2) :**

Dans une adduction par refoulement, le point à alimenté se trouve à une altitude supérieure à celle du captage donc l'écoulement est en charge par pompage.

➤ **Adduction mixte (N3) :**

C'est une adduction où la conduite par refoulement se transforme en conduite gravitaire ou l'inverse. Le relais entre les deux types de conduite est assuré par un réservoir appelé réservoir tampon.

IV.3.2. Choix de la variante:

Pour notre étude on adapte mieux la variante n°2 car on a un captage d'eau depuis les forages pour alimenté le réservoir (par l'intermédiaire de la station de pompage) après on aura une desserte gravitaire.

IV.4. Réseau de distribution :

Choix Du Trace :

Le choix du tracé des conduites de distribution est opéré selon plusieurs paramètres techniques topographiques, géologiques et géographiques à respecter pour garantir un écoulement gravitaire contrôlé.

- Topographie du terrain.
- Pédologie (Structure, texture, capacité de rétention et l'humidité relative).
- Climatologie de la zone étudiée (ETP et ETR).
- Type de cultures à irriguer.
- Choix du système (sous pression).
- Recherche du profil en long de la conduite pour l'acheminer dans un tracé dépourvu de contre-pentes.
- Minimisation de la longueur du projet (réduction du coût du projet).
- Obligation d'éviter les traversées via des obstacles naturels ou artificiels (Terrain marécageux, canaux et les oueds).

La méthodologie de dimensionnement :

La détermination des diamètres des diverses conduites et leurs longueurs, est basée sur des éléments et des hypothèses étudiés :

- Tracé du réseau (Longueurs de tronçons)
- Débits effectifs dans chaque tronçon.
- Surface des îlots de chaque tronçon.
- Pertes de charges totales dans chaque tronçon.
- Choix de la côte du point de distribution à la tête du réseau.
- Choix des côtes naturelles du terrain et l'emplacement des bornes.
- Préservation du cadre foncier initial des parcelles cadastrées se trouvant dans l'espace d'étude.

IV.4.1. 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 (chapitre 4) à : $qs=1.27l/s/ha$

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

$$Q_b = q_s \cdot S \quad \text{Eq 29}$$

Avec :

q_s = Débit spécifique moyen (l/s/ha)

S =Superficie de l'ilot (ha)

IV.4.2. Choix du tracé des bornes

Le tracé du réseau est projeté suivant le principe de proximité : plus courte distance pour relier l'ensemble des bornes au réseau de conduites principales, en tenant compte des contraintes du terrain qui limitent fortement les possibilités de choix : les règles générales suivies sont les suivantes :

- La recherche d'un tracé au plus court et avec le minimum de changement de direction concerne principalement la conduite maîtresse ;
- Eviter dans la mesure du possible de faire passer des conduites en plein champs ;
- Essayer de positionner la borne le plus proche de chaque parcelle à desservir afin d'éviter de pénaliser des exploitants par des têtes mortes trop longues ;
- Les conduites suivront au maximum (dans la mesure du possible) les routes et pistes et éviterons les plantations et zones bâties.

IV.4.3. Choix du type de borne :

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

Tableau IV.2: Diamètre de la borne en fonction des débits.

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 8$ l/s	D=65mm
$8 < Q < 20$ l/s	D=100mm
$20 < Q < 25$ l/s	D=150mm
$Q > 25$ l/s	D=200mm

Le choix de la Borne dépend aussi de la surface :

- Pour les surfaces < 10ha on prend la Borne à deux prises
- Pour les surfaces > 15 ha on prend la Borne à quatre prises

IV.4.4. Calcul des débits aux bornes :

$$Q_b = q \times S$$

Avec : q= débit spécifique (l/s/ha)

S=Superficie (ha)

Les débits dans les ilots et les diamètres des bornes sont représenté dans le tableau suivant:

Tableau IV. 3 : Les débits dans les ilots et les diamètres des bornes.

N° de l'ilot (bornes) d'irrigation	la superficie d'ilot (ha)	débit brut de la borne (l/s)	Diametre de la borne (mm)
1	20,24	25,70	200
2	19,46	24,71	150
3	18,75	23,81	150
4	20,36	25,86	200
5	10,06	12,78	100
6	19,65	24,96	150
7	8,92	11,33	100
8	15,81	20,08	150
9	20,52	26,06	200
10	19,08	24,23	150
11	11,83	15,02	100
12	18,17	23,08	150
13	20,45	25,97	200
14	19,97	25,36	200
15	15,22	19,33	100
16	17,61	22,36	150
17	15,22	19,33	100
18	8,69	11,04	100
Total	300,01	381,01	

IV.4.5. Calcul des diamètres des canalisations

Le diamètre de la conduite principal et du réseau de distribution sera calculé sur la base d'une vitesse idéale.

$$D_{cal} = \sqrt{\frac{4Q_{dim}}{\pi \cdot V_{ideal}}} \tag{Eq 30}$$

Où :

D_{cal} : Diamètre calculé (théorique) de tronçon considéré en (m) ;

Q_{dim} : Débit véhiculé par le tronçon considéré en (m³/s) ;

V_{ideal} : Vitesse admissible idéale choisi en (m/s).

La fixation d'un seuil minimum de vitesse admissible dans les conduites, ne correspond pas véritablement à un impératif technique et n'a pour objectif, que l'introduction d'un seuil raisonnable de diamètre maximum envisagé, pour transiter un débit donné. Ceci nous permettra d'accélérer le calcul d'optimisation.

Le choix du diamètre de la conduite est effectué de façon à ce que la vitesse d'écoulement dans la canalisation soit admissible et comprise entre la vitesse minimum et la vitesse maximum, et cela, afin de ne pas provoquer certaine contrainte d'ordre technique : risque de coups de bélier violents lors des changements brusques du régime d'écoulement ou difficulté d'alimenter correctement les points à desservir.

Tableau IV.4: Seuil des vitesses admissibles en fonction des diamètres.

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

Nous choisissons une vitesse moyenne de 1.4 m/s, admissible pour tous les diamètres. Après avoir déterminé le diamètre calculé on choisit un diamètre normalisé ou commercialisé (qui diffère généralement de celui calculé) : $D_{nor} \geq D_{cal}$

On calcul les vitesses obtenus par la normalisation des diamètres. Les résultats du calcul des diamètres de chaque tronçon sont présentés dans le tableau V.10.

Tableau IV. 5 : diamètre des canalisations et vitesses d'écoulement .

n°Tronçon	longueur(m)	q (L/S)	Q (m3/s)	Diamètre calculé	Diamètre normalisé	vitesse(m/s)
r-N1	310,3	381,01	0,381	588,65	630	1,22226505
N1-B1	180,2	25,7	0,026	152,88	160	1,27821314
N1-B2	271,0	24,71	0,025	149,91	160	1,22897458
N1-N2	506,9	330,6	0,331	548,33	630	1,06055176
N2-B3	497,0	23,81	0,024	147,15	160	1,18421225
N2-B4	365,5	25,86	0,026	153,36	160	1,28617088
N2-N3	408,0	280,93	0,281	505,46	630	0,90121236
N3-B5	213,3	12,78	0,013	107,81	110	1,3447935
N3-B6	353,0	24,96	0,025	150,67	160	1,24140856
N3-N4	232,4	243,19	0,243	470,29	500	1,2385565
N4-B7	229,9	11,33	0,011	101,51	110	1,19221521
N4-B8	348,0	20,08	0,020	135,14	160	0,99869727
N4-N5	288,6	211,78	0,212	438,87	500	1,07858668
N5-B9	341,4	26,06	0,026	153,95	160	1,29611807
N5-B10	493,3	24,23	0,024	148,45	160	1,20510133
N5-N6	307,8	161,49	0,161	383,23	400	1,28509659
N6-B11	276,5	15,02	0,015	116,88	125	1,22393971
N6-B12	538,3	23,08	0,023	144,88	160	1,14790503
N6-N7	322,0	123,39	0,123	334,99	400	0,98190642
N7-B13	350,9	25,97	0,026	153,68	160	1,29164184
N7-B14	444,0	25,36	0,025	151,87	160	1,26130292
N7-N8	290,2	72,06	0,072	256,00	315	0,92466255
N8-B15	484,6	19,33	0,019	132,59	160	0,96139533
N8-B16	508,0	22,36	0,022	142,60	160	1,11209516
N8-N9	210,9	30,37	0,030	166,19	200	0,96670712
N9-B17	532,4	19,33	0,019	132,59	160	0,96139533
N9-B18	445,3	11,04	0,011	100,20	110	1,16169955

IV.4.6. Calcul de perte de charge dans les conduites

La loi de perte de charge employée et celle de **Calmon et Lechapt**, donnée par la formule suivante :

$$j = \frac{Q^M}{D^N} L \quad \text{Eq 31}$$

Avec :

j : Perte de charge unitaire en (m/km) ;

Q : Débit de la conduite en (m³/s) ;

D : Diamètre de la conduite en (m) ;

L, M et N : Constantes dépendantes de la rugosité absolue des canalisations.

Pour le PEHD $L = 0.916$; $M = 1.78$ et $N = 4.78$.

Généralement les pertes de charges singulières dans un réseau représentent environ 10% des pertes linéaires des conduites d'adduction, donc en prenant : $k=10\%$, la formule de calcul aura la forme suivante :

$$j = 0.916 \frac{Q^{1.78}}{D^{4.78}} \quad \text{Eq 32}$$

$$\Delta H = j \times L \quad \text{Eq 33}$$

Où :

ΔH : Perte de charge totale en m ;

j : Perte de charge unitaire en m/m ;

L : Longueur de la conduite.

Tableau IV. 6 : perte de charge dans les canalisations

n°Tronçon	longueur(m)	Q(m3/s)	D(m)	j(m/km)	ΔH(m)
r-N1	310,3	0,381	0,630	2,15698699	0,669
N1-B1	180,2	0,026	0,160	12,6679524	2,283
N1-B2	271,0	0,025	0,160	11,761489	3,188
N1-N2	506,9	0,331	0,630	1,64952979	0,836
N2-B3	497,0	0,024	0,160	10,9649858	5,449
N2-B4	365,5	0,026	0,160	12,8174231	4,685
N2-N3	408,0	0,281	0,630	1,21262976	0,495
N3-B5	213,3	0,013	0,110	22,1075132	4,715
N3-B6	353,0	0,025	0,160	11,9874022	4,232
N3-N4	232,4	0,243	0,500	2,93881066	0,683
N4-B7	229,9	0,011	0,110	17,6072329	4,047
N4-B8	348,0	0,020	0,160	7,94614027	2,765
N4-N5	288,6	0,212	0,500	2,26285514	0,653
N5-B9	341,4	0,026	0,160	13,0054222	4,440
N5-B10	493,3	0,024	0,160	11,3334145	5,590
N5-N6	307,8	0,161	0,400	4,1461845	1,276
N6-B11	276,5	0,015	0,125	15,8110583	4,372
N6-B12	538,3	0,023	0,160	10,3382847	5,565
N6-N7	322,0	0,123	0,400	2,49328835	0,803
N7-B13	350,9	0,026	0,160	12,9206631	4,533
N7-B14	444,0	0,025	0,160	12,3530699	5,485
N7-N8	290,2	0,072	0,315	2,985934	0,866
N8-B15	484,6	0,019	0,160	7,39453761	3,583
N8-B16	508,0	0,022	0,160	9,7372096	4,947
N8-N9	210,9	0,030	0,200	5,67850889	1,198
N9-B17	532,4	0,019	0,160	7,39453761	3,937
N9-B18	445,3	0,011	0,110	16,7651764	7,466

IV.4.7. Calcul de pression aux bornes et nœuds :

La pression au point X est donnée par la relation **Eq 33** :

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

Eq 33

H : La charge totale ;

ΔH : La somme des pertes de charge en amont de point X ;

Z : L'altitude de point X.

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

Tableau IV.7: La pression aux bornes et nœuds en (m.c.e).

	cote	pression
R	418,5	16,446
N1	414,5	19,776
B1	412	19,993
B2	413	18,089
N2	407,5	25,940
B3	405	22,991
B4	408,5	20,255
N3	403	29,945
B5	400	28,231
B6	404	24,714
N4	400,3	31,962
B7	397,5	30,715
B8	401,5	27,997
N5	398	33,609
B9	393	34,169
B10	402,2	23,819
N6	398	32,333
B11	395	30,961
B12	402,5	22,268
N7	397,7	31,830
B13	392,5	32,497
B14	402	22,045
N8	398	30,664
B15	393	32,081
B16	401	22,717
N9	397,5	29,966
B17	392,5	31,029
B18	400	20

Remarque :

La pression au niveau du réservoir est égale à 19,911 m.c.e, donc on doit surélever notre réservoir de 19 m par rapport au terrain naturel, ceci va couter très cher et ce n'est pas économique, donc on propose d'installer une pompe qui va assurer la hauteur demandé.

En utilisant CAPRARI, on a trouvé que pour assurer le débit demandé qui est de 357,5 l/s et les 19 mètre de la hauteur manométrique, il faut installer 3 pompes identiques en parallèles + 1 e secours.

Les caractéristiques de la pompe :

Référence : E14S55/1FG+MC850 ;

Débit : 119 l/s ;

Hauteur de refoulement : 19,8 ;

P abs : 34,8 ;

Rendement : 66,4.

IV.5. Dimensionnement du Réservoir

Le site de réservoir est choisis de telle manière dominé les zones d'irrigation et afin d'assurer une pression aux bornes suffisante pour utiliser l'irrigation par goutte a goutte et par aspersion.

IV.5.1. Dimensionnement du réservoir de distribution

Calcul du volume du réservoir projeté :

$$V = Q \times T \quad \text{Eq 34}$$

Avec :

V : volume de la bache.

Q : Débit caractéristique : 381.01 l/s

T : Temps de remplissage du réservoir : 1h

Donc :

$$V = 0,381 \times 1 \times 3600 = 1371.6 \text{ m}^3$$

On prend **V=1400 m³**

➤ On a: $V = L * I * H$

L: largeur

l: Longueur

S : section de réservoir : $S=20*14=280\text{m}^2$

H : La hauteur de réservoir : 5m

Donc $V= S*H = 280*5 =1400 \text{ m}^3$

$$\mathbf{V= 1400 \text{ m}^3}$$

Conclusion

A partir de ce chapitre on a proposé une variante plus classique pour projeter notre réseau d'adduction et de distribution. Cette variante consiste en la projection d'une conduite de refoulement à partir des forages pour alimenter le réservoir, après la distribution se fait gravitairement dans tout le périmètre.

On retient aussi, que le réseau est gravitaire, sous pression et la desserte se fait à la demande, ce qui rend l'évaluation des débits à transiter par les différents tronçons du réseau très complexe.

Le choix du diamètre de la conduite de refoulement est basé sur l'étude technico-économique, selon la combinaison des frais d'exploitation et d'amortissement.

Le choix de diamètre des conduites de distribution dépend de la vitesse admissible, tient compte des pertes de charges dans le tronçon de desserte qui doivent avoir une valeur qui permet d'assurer une pression suffisante pour le bon fonctionnement des équipements d'irrigation.

18 bornes d'irrigation et robinets vannes sous regards sont proposés au niveau des ilots.

Le calcul de perte de charge dans les conduites est fait par la formule de Calmon et Lechapt pour une conduite en PEHD, ainsi, on a déterminé les pressions au niveau de chaque borne et nœud.

CHAPITRE V :

Dimensionnement d'un réseau d'aspersion

Introduction

L'irrigation par aspersion est un système d'arrosage qui consiste à distribuer l'eau sous forme de pluie artificielle sur le sol, grâce à l'utilisation d'appareil (dit asperseurs) alimentés en eau sous pression, Ce mode d'irrigation permet un dosage précis des apports d'eau, donc une économie d'eau.

Employée depuis long temps par les jardiniers horticulteurs et les arboriculteurs pour les cultures maraîchères florales, céréales, fruitières, cette technique peut être utilisée pour les grandes cultures .

Ici l'eau tombe naturellement sur le sol donc dans les mêmes conditions que les précipitations atmosphériques, et s'y infiltre compte tenu seulement de la perméabilité du sol.

V.1. L'avantage de l'aspersion

-Elle s'adapte à n'importe quel type de terrain (accidenté, pente nulleetc.), elle ne nécessite pas de préparation du sol (planage), donc elle facilite l'exploitation du sol, Permet d'irriguer des surfaces importantes, demande peu de mise en œuvre.

-Elle peut être employée quelque soit la nature du sol même si ce dernier sera très perméable.

-Elle permet une oxygénation de l'eau,

-Elle représente une économie de l'eau, qui peut atteindre 50 %.

-Elle met à la disposition des exploitations des conditions d'arrosage très souples, En région aride, l'aspersion permet une protection anti-gel et fertilisante.

V.2. L'inconvénient de l'aspersion

Elle nécessite au départ pour chaque irrigant une dépense importante de premier établissement (frais du matériel), Elle exige une nombreuse main d'œuvre d'exploitation, mais cet inconvénient n'est pas toujours évidant puisque les frais peuvent être compensés par les frais du travail du sol et la rapidité d'arrosage.

Néanmoins l'aspersion régulière favorise l'apparition de problèmes phytosanitaires en créant un milieu propice aux champignons, insectes et autres maladies. Elle provoque le développement des mauvaises herbes, Elle favorise l'évaporation qui est d'autant plus intense que les gouttelettes sont fines.

Elle provoque le tassement progressif du sol, dans les cas les plus dangereux elle peut contribuer à l'érosion du sol .L'aspersion ne s'adapte pas bien à des sols ayant une vitesse d'infiltrations inférieure à 3 mm /h.

Dans le cas d'eau chargée, des problèmes peuvent se poser par suite de l'abrasion très rapide des buses d'aspersion.

Les asperseurs sont peu susceptibles de colmatage, néanmoins un minimum de précautions doit être pris avec la buse de petit diamètre.

V.3. Réseau d'aspersion

Les réseaux d'irrigation par aspersion, sont plutôt ramifiés que maillés car moins coûteux, les réseaux maillés sont adaptés en AEP pour pallier aux coupures d'eau, alors en irrigation on peut tolérer jusqu'à 48 heures au maximum.

Le sens de circulation de l'eau dans la conduite est donc toujours le même, ce qui nous permet de choisir l'amont (tête de réseau) et l'aval.

V.3.1. Structure d'un réseau d'aspersion

Le réseau d'irrigation par aspersion est un réseau de distribution d'eau caractérisé par une structure de canalisations sous pression, enterrée alimentant un ensemble de bornes d'irrigation sur lesquelles se greffent les installations mobiles d'irrigation par aspersion, La fonction d'un réseau d'irrigation est principalement agro économique.

A) Borne d'irrigation

Les réseaux mobiles sont branchés sur des bornes d'irrigation piquées sur les conduites de distribution, une borne peut être piquée d'une prise.

La borne assure trois fonctions.

- 1) le vannage : La fermeture et d'ouverture de la vanne, comme dans une des prises d'eau.
- 2) la stabilisation des pressions : Pour une bonne régularité de la pluviométrie des asperseurs, il faut assurer une pression de fonctionnement stable, indépendante des variations de pression du réseau. Chaque prise est équipée d'un régulateur de pression maintenant la pression autour de 3 à 5 bars pour les asperseurs.
- 3) limiteur de débit : L'appel d'un gros débit provoque une chute de pression, le débit de chaque prise plafonné à une certaine valeur dépendant de la superficie à arroser, à partir de cette prise un petit appareil limite le débit.

B) La tuyauterie :

- 1) canalisation principale : Elle est généralement enterrée pour des diamètres de plus de 100mm et peut être constituée de métaux différents : fonte, acier, béton (pour les gros diamètres) ou les matières plastiques (PVC, PE), de nos jours les conduites en fonte et en PVC sont les plus utilisées.
- 2) les portes rampes : Ils sont en général superficiels et mobiles, ils sont installés souvent pour la durée de la campagne d'irrigation, ils sont en matériaux différents (acier galvanisé, en alliage léger, en PE et PVC), ils sont équipés de rampes, les diamètres les plus utilisés : Aluminium, et alliage, 2", 3", 3"1/2, 4", 5", 6", Acier galvanisé, 50mm, 70mm, 85mm.

3) Les rampes : Ce sont des tuyaux légers qui portent les asperseurs, (ils sont superficielles, de PVC, PE, Aluminium).L'assemblage des conduites réalisés par des emboîtements auto étanches, emboîtement à vis et des raccords ou joint brisés.

c) Les accessoires

1) coude et té : Ils permettent de donner la forme géométrique voulue (choisie) à l'installation des rampe ou le diamètre, 76/98, 76/102, 102/76, 76/50.

2) vanne et robinet vannes (hydrant) : Elle permet la mise en eau et la coupure du réseau, ou asperseur.

3) les tuyaux allongés : Ils servent à élever les asperseurs dans le cas de l'arrosage des cultures hautes (maïs).

4) les stabilisateurs et trépieds

Ils permettent d'éviter la rotation des canalisations et de tenir droit les arroseurs.

5) les bouchons et les éléments d'assemblage ;

Ils servent à obstruer l'extrémité des canalisations, les éléments d'assemblages, assurent le raccordement des conduites usinées.

Raccords rapides il existe de nombreux systèmes permettant en montage ou démontage presque instantané, ces raccords doivent de plus assuré une bonne étanchéité et un accrochage sur les éléments les uns aux autres.

d) La pompe

On utilise en général les pompes centrifuges (fonctionnement facile et moins encombrant. Le choix de la pompe dépend du débit à assurer et la hauteur manométrique de fonctionnement.

V.4. Les appareils d'aspersion

Leur rôle est de répartir l'eau d'irrigation sur le sol sous forme de pluies, le plus uniformément possible. La transformation du jet en goutte peu s'obtenir de différentes façons :

-Jet libre ou la dispersion s'obtiens simplement par effet aérodynamique, sur la veine liquide

-Jet éclaté en permanence : le jet se heurté à un obstacle fixé qui le fait éclaté.

-Jet éclaté par intermittence : un obstacle mobile provoque l'éclatement périodique du jet.

V.4.1. Les arroseurs à bras oscillants 1 ou 2 jet

Cet appareil, souvent appelé simplement asperseur ou désigne par le terme anglais sprinkler, il est de type variable ou le plus fréquent employé étant un appareil d'encombrement réduit fixé sur les canalisations mobiles ou monté sur un support lui-même relié par un tuyau souple à la canalisation, Ces appareils peuvent fonctionner en basse et

moyenne pression, L'eau arrive à travers une buse dont le diamètre est de l'ordre de 4 à 7 mm (pour une seule buse) , puisqu' il y a celui à double buse pour augmenter l'uniformité d'arrosage .La pluviométrie horaire d'aspersion varie de 3 à 15 mm/h par fois jusqu'à 20 mm/h, la portée de l'asperseur varie de 10 à 20 m la pression varie de 2 à 4 bar.

Les asperseurs arrosent généralement une aire circulaire dite station, ces stations doivent se recouper pour que l'arrosage soit régulier. Les arroseurs à deux buses assurent une meilleure répartition de l'eau mais à égalité de débit et de pression leur portée est plus faible que celle du même arroseur équipé d'une seule buse.

V.4.2. Les canons :

Appareil à jet unique fonctionnent à des pressions suffisamment élevées (7 à 87 bar) ce qui accroît la dépense d'énergie.

Le diamètre de l'ajutage varie de 9 à 16 mm, et de 25 à 30 mm et de portée de 20 à 25m, et de 60 à 80m, Les débits varient de 3à 20 l/s.

La répartition automatique de l'eau est assurée par la rotation de ce dernier autour de son axe vertical, Elle peut effectuer une tour complet soit par oscillation provoquer la réaction du jet soit par une turbine.

Le canon est utilisé sur un système mobile ou fixé, Il permet d'être associé sur enrouleur, il en existe trois tailles 10 à 30 m³/h, et 60 à 270 m³/h.

V.4.3. Le pivots fixé ou déplaçables

C'est un appareil d'irrigation automatique arrosant un cercle ou une portion de cercle, de façon à se déplacer et arrosé de grand champs à partir d'une pompe ou d'un puits centrale, Ils sont coûteux, mais les frais de main d'œuvre durant la saison sont faible, il convient aux grands champs relativement plats.

V.4.4. L'enrouleur

C'est le matériel d'irrigation par aspersion le plus utilisé.

L'enrouleur se compose essentiellement :

- D'un asperseur, canon d'arrosage le plus souvent monté sur un support à roue, parfois un traîneau.
- D'un flexible d'alimentation de l'asperseur en PE de diamètre et longueur variable.
- d'une bobine d'enroulement du flexible, fixé ou montée sur treuille.
- d'un moteur hydraulique (piston, turbine) assurant la rotation de la bobine d'enroulement.

V.4.5. Rampe fixée

Elles sont constituées de ligne de tuyaux percées de trous de faible diamètre (ordre du mm), la mise en pression du tuyau provoque la formation de petits jets très fins, les orifices sont distribués sur plusieurs génératrices à fin de varier l'angle de tir, la portée, pour répartir convenablement l'eau sur la bande du sol.

Les rampes sont posées sur le sol, ou porté sur chevalets.

L'espacement des rampes est égal à la longueur, des bandes arrosées qui varie de 4 à 15 m ou la pression varie de 0,3 à 1,5 bar, la pluviométrie horaire varie entre 15 à 50 mm/h (très forte)

V.4.6. Rampes perforées oscillantes

Dans ces rampes, les orifices sont distribués sur la même génératrice, le balayage de la bande à arroser s'effectue par l'oscillation de la rampe autour de son axe, cette oscillation fait varier l'angle de tir, le jet donc la portée.

Chaque rampe est posée sur des chevalets et son mouvement alternatif est assuré par un vérin hydraulique.

La pluviométrie reste forte.

V.5. Différents installation a la parcelle

Sur le plan très général, deux solutions, extrêmes peuvent être envisagées :

-l'installation totalement fixé, et l'installation totalement mobile.

Dans l'installation fixée, l'ensemble des équipements (pompe, canalisation, asperseur) sont déplacés de façon, permanente, ce qui limite une main d'œuvre, mais occasionne des investissements, très élevés.

Dans les installations totalement mobiles, tout le matériel peut être déplacé d'un endroit, à un autre, ce qui réduit fortement les frais d'installations, Cette solution est très exigeante en main d'œuvre, le plus souvent on fait appel à des solutions mixtes dans les quelles les canalisations principales et secondaire sont fixé et conduisant l'eau à des prise sur les quelle les exploitant viennent greffer du matériel mobile.

V.5.1. Couverture partiel minimum

Une canalisation mobile est installée en milieu ou à la limite de parcelle. Sur cette canalisation on greffe le matériel mobile (asperseur) qui doit être déplacé après chaque poste d'irrigation. L'espacement entre les rampes et asperseurs dépend des dispositifs choisis (12, 18,24 m).

Lorsque la dose a été appliquée l'agriculteurs arrête l'eau une fois la couverture végétale est dense, il peut alors procéder au déplacement des rampes, en vue d'arroser une nouvelle parcellaire.

Ce type d'installation est le plus simple et le plus économique en investissement, il est très répandu en Mitidja tranche II, (notamment notre parcelle).

La quantité de rampes est fixée de telle manière que la superficie de la parcelle soit entièrement couverte par poste successif pendant le cycle d'arrosage (3 à 10 jours).

Exemple

1 kit= 48 rampes ,2 coud ,24 asperseurs ,24 plaques et 52 joints.

Couverture total (quadrillage total)

Ce dispositif découle du précédent, au lieu d'avoir une seule rampe on couvre toute la superficie à arrosée par tout la tuyauterie, Celle-ci reste en place durant toute la saison d'arrosage. Alors seul les asperseurs se déplacerons, ici chaque rampe comporte un asperseur et forme une rampe fictive, Ce qui permet de réduire le diamètre de la rampe. Les seules interventions intéressantes dans le déplacement des arroseurs après l'application de la dose d'arrosage à un poste considéré.

V.5.2. La couverture intégrale

La parcelle à arroser est entièrement couverte par des tuyaux et des arroseur à poste fixé , l'arrosage est commandé par l'ouverture et la fermeture d'une vanne soit manuellement soit automatiquement par commande hydraulique ou électrique.

Pour les petits arroseurs il peut arriver que les asperseurs travaillent en même temps.

V.6. Les dispositifs usuels

Pour avoir une bonne répartition de l'eau acquise par le recouvrement du jet obtenue, on peut jouer sur la géométrie des installations, qui est de trois types :

V.6.1. Dispositif en carre (aspasseur au sommet des carrés)

Les aspasseur sont disposés, simultanément ou par poste successifs aux sommets d'un quadrillage régulier dont la longueur du côté dépend du pourcentage de recouvrement choisi.

Il est admis si R est la portée du jet, on fixe l'aspasseur à $R\sqrt{2}$. Les espacements les plus couramment rencontrés sont : 6x6, 12x12, 18x18, 24x24. Dans ce cas la pluviométrie horaire moyenne de l'installation est obtenue en divisant le débit horaire d'un appareil estimé en m³/h par la surface du carré du dispositif.

V.6.2. Le dispositif en triangle

Le dispositif théorique le meilleur est celui du triangle équilatéral, dans ce cas si l'espacement entre aspasseur sur une même rampe est E, la distance entre deux rampes $R\sqrt{2}$.

V.6.3. 3 Dispositif en rectangle

Il s'agit-là d'un dispositif assez irrationnel en soit en raison de la variabilité systématique de la pluviométrie entraînés par une distribution équilibrée des arroseurs.

Dans un tel dispositif, l'espacement des appareils sur la rampe est inférieur à celui entre rampe.

De tels systèmes sont quelque fait employés dans des régions à vents dominants, les rampes étant disposé perpendiculairement à la direction du vent, l'effet du vent sur le jet rétablissant une certaine uniformité de la répartition de l'eau.

Le dispositif les plus courantes sont du type $L=1,3$ à $1,5 E$ avec L : espacement entre rampe et E: espacement entre aspasseur sur la rampe.

Généralement on prend E voisin de R (rayon) ce qui donne pour l'implantation en rectangle.

* L'implantation triangle présente des avantages par rapport à celle en rectangle, une inconvenante toute fois réside dans le fait que les arroseurs sont déclarés en bande de route par exemple.

En quadrillage total l'implantation la plus courante est de 24mx24m (18x24 si, la région est ventée).

V.7. Dimensionnement du réseau d'irrigation par Aspersion

Pour le dimensionnement nous avons pris comme exemple un périmètre:

Soit, une parcelle cultivée de blé, irrigué par asperseur (type Sprinkler), en couverture totale on donne :

Besoin de pointe mensuel 139.31 mm

Longueur du terrain = 550 m

Largeur du terrain = 211 m.

RFU=80mm.

Pression de service = 3 bars.

Temps de travail = 20 heures/jour- 30 j/mois

Dimensionnement théorique:

L'installation d'un système à mode d'aspersion semi-mobile, composé de canalisations principales , secondaires et tertiaires , souterraines et un matériel de surface (rampes mobiles) sur prise d'eau à la parcelle.

Pour justifier l'efficacité du dimensionnement, l'exemple suivant sur un îlot d'exploitation est pris en compte pour servir d'expérimentation dans la pratique d'une culture maraichère (Tomate) sur une superficie de 11,83 ha.

V.7.1. Détermination du diamètre d'ajutage, le nombre d'asperseurs à utiliser et le nombre de rampes à mettre en place

Le diamètre de l'ajutage

La perméabilité du sol $K= 25$ mm/h.

Tableau Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document..1:Vitesse d'infiltration pour chaque type de sol.

Nature de sol	Vitesse d'arrosage mm/h
Sablonneux	50
Limono - sablonneux	25
Limons	15
Argileux	5

On pose $p \leq K$ tel que p : pluviométrie de la buse.

Le diamètre de la buse se calcul par la relation suivante :

$$p = \frac{1.5 \times d}{0.6} \quad \text{Eq 35}$$

La vitesse du vent de la zone est faible .

$$D'où : \quad d = \frac{0.6 \times 15}{1.5} = 6.00 \text{ mm}$$

D'après la fiche technique de l'asperseur (voir l'annexe N°), le diamètre de la buse normalisée le plus proche est de **7 mm**

La portée de jet :

La portée de jet se calcul par l'équation suivante :

$$L = 3 \times d^{0.5} \times h^{0.25} \quad \text{Eq 36}$$

Ou d : le diamètre de la buse en (mm).

h : la pression à la buse (m).

$$L = 3 \times 7^{0.5} \times 30^{0.25} \Rightarrow L = 18.58 \text{ m.}$$

Ecartement entre les rampes et les arroseurs :

Les normes américaines recommandent l'écartement maximum suivant :

- Les lignes d'arrosages : **1.3 à 1.02 L.**
- Les arroseurs sur la rampe : **0.8 à 0.5 L.**

Les valeurs maximales correspondent à des conditions de vent peu violent (< 10 Km/h).

Les valeurs minimum correspondent à des conditions de vitesse de vent assez dures (> 15Km/h).

Donc on prend des valeurs maximales :

- $E_l = 1.2 \times 18.58 = 22.3 \text{ m}$
- $E_a = 0.7 \times 18.58 = 13.01 \text{ m}$

Donc on prend : **$E_l = 24 \text{ m}$** et **$E_a = 18 \text{ m}$**

Débit de l'asperseur :

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

$$q = 0.95 \times (\pi \times d^2 / 4) \times \sqrt{2 \times g \times h} \quad \text{Eq 37}$$

D'où : $q = 0.95 \times (\pi \times (7 \times 10^{-3})^2 / 4) \times \sqrt{2 \times 9.81 \times 30} \Rightarrow q = 0.00089 \text{ m}^3/\text{s}$

$q = 0.00089 \times 3600 \Rightarrow q = 3.19 \text{ m}^3/\text{h}$

Vérification de la pluviométrie de la buse :

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

$$P = \frac{q}{El \times Ea} \quad \text{Eq 38}$$

D'où : $P = \frac{3.19 \times 10^3}{24 \times 18} \Rightarrow P = 7.38 \text{ mm/h.}$

Donc le diamètre de la buse assurera une pluviométrie $P \leq k = 15 \text{ mm/h.}$

Le temps T pour donner une dose par un asperseur sans dépasser la capacité d'infiltration se calcul d'après la relation suivante :

$$T = \frac{\text{dose}}{P} \quad \text{Eq 39}$$

Tel que :

La dose est la réserve facilement utilisable RFU en (mm).

$$RFU = 2/3 \times (H_r - H_{pf}) \times h \times d_a$$

Avec

- H_r : humidité au point de rétention.
- H_{pf} : humidité au point de flétrissement.
- h : profondeur racinaire.
- d_a : densité apparente.

Pour le sol argilo-limoneux le réserve facilement utilisable $RFU = 60 \text{ mm/m}$

$RFU_{\text{poivron}} = \text{dose} = 80 \text{ mm.}$

Donc le temps nécessaire $T = \frac{80}{7.38} \Rightarrow T = 10,48 \approx 10$ **heur**

Donc on pourra adapter 2 positions par jour (**20h /24h**) pour un asperseur, ce qui donne un temps de fonctionnement de **20h**, et le temps restes est pour le déplacement des matériels.

Surface de chaque poste :

La détermination de la surface de poste sur la condition que la pluviométrie de l’asperseur soit inférieure à la vitesse d’infiltration de l’eau dans le sol pour éviter le problème de ruissellement de l’eau sur la surface du sol :

- La surface irriguée par l’aspersion est de 11,8 ha.
- La dose maximale qui peut être appliquée à la culture de (Tomate) est : **D = 80 mm.**

V.7.2. Nombre de poste d’arrosage

Le nombre de poste nécessaire pour l’arrosage complet de la parcelle en **8 jours**.

Est : $N = 8 \times n$

Tel que :

n : le nombre de position d’arrosage d’une journée.

N : le nombre de poste d’arrosage.

On fait varier (n) par degré croissant et on calcul (N).

- La surface théorique du poste :

La surface théorique de chaque position est calculée par :

$$S_{th} = \frac{S}{N} \times n \text{ (ha)} \tag{Eq 40}$$

Ou S est la surface de la parcelle considérée en hectares.

- La durée d’arrosage d’un poste :

La durée théorique d’un poste est calcul par :

$$T = \frac{t}{n} \times n \text{ (heurs)} \tag{Eq 41}$$

Ou t est la durée maximale journalière d’irrigation, pour notre cas, on prend **t = 20 h**

- La pluviométrie :

La pluviométrie théorique d’arrosage est calculée par :

$$P_{th} = \frac{D}{T} \times n \text{ (mm/heure)} \tag{Eq 42}$$

Tableau Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document..2: Calcul de nombre des postes.

N° de poste/Jour	N° de poste d’arrosage	Surface théorique du poste (m ²)	La durée d’arrosage d’un poste	pluviométrie
2	16	7375	10	8

On prend **n = 2** qui donnera une pluviométrie inférieure à **15 mm/h.**

Donc, le nombre de poste nécessaire pour l’arrosage complet est de 32 postes.

Donc, la surface de poste sera :

$$S_p = \frac{S_t}{NP} \tag{Eq 43}$$

$$S_p = \frac{118000}{16} = 7375 \text{ m}^2 \Rightarrow S_p = (105 \times 70) \text{ m}^2$$

V.7.3. Nombre de position des rampes :

Le nombre de position des rampes est calculée par:

$$N_r = \frac{L}{E_l} = \frac{70}{24} = 2.92$$

On prend **N_r = 3** positions.

Avec :

- L : longueur = 70 m.
- E_l : espacement entre les rampes = 24 m.

V.7.4. Nombre d’asperseurs

$$N_{asp} = (\text{Surface à arrosée (m}^2\text{)}) / (\text{implantation} \times \text{nombre de poste})$$

$$\text{Implantation} = 24 \times 18 = 432 \text{ m}^2$$

Nombre de poste = 16 poste.

$$N_{\text{asp}} = \frac{118000}{432 \times 16} = 17.07$$

On à 18 asperseurs par poste.

V.7.5. La rampe

- La longueur de la rampe :

On prend la longueur de la rampe $L_r = 105 \text{ m}$.

- **Nombre d'asperseurs par rampe :**

Le nombre d'asperseur des rampes est calculée par :

$$N_a = \frac{\text{longueur}}{E_a} = \frac{105}{18} = 6 \text{ Asperseur / rampe}$$

- **Le débit de la rampe :**

Le débit de la rampe (Q_r) = le débit de l'asperseur \times le nombre d'asperseur/ rampe

$$Q_r = 3.19 \times 6 = 19.14 \text{ m}^3/\text{h}$$

Donc le débit d'installation $Q_r = 19.14 \text{ m}^3/\text{h} = 5.32 \text{ l/s}$

- **Le diamètre de la rampe :**

Le diamètre de la rampe est calculée par :

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q_r}{\pi \times V}} \tag{Eq 44}$$

Avec :

- V : la vitesse d'écoulement à travers la rampe.

Ou $V \leq V_{\text{adm}}$: $V_{\text{adm}} \in [0.5 \div 2.5] \text{ m/s}$.

On prend la vitesse d'écoulement $V \approx 1,5 \text{ m/s}$.

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times 5,32 \times 10^{-3}}{\pi \times 1,5}} = 0.067 \text{ m} \Rightarrow D_r = 67 \text{ mm}$$

Si on prend le diamètre normalisé ($D_r = 75 \text{ mm}$), la nouvelle vitesse sera :

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D r^2} = \frac{4 \times 5,32 \times 10^{-3}}{\pi \times (75 \times 10^{-3})^2} = 1,2 \text{ m/s.}$$

V.7.6. La porte rampe

- La longueur de la porte rampe :

La longueur de la conduite calculée par :

$$L_r = L - E_l / 2 \quad \Rightarrow \quad L_r = 550 - 24 / 2 = 538 \text{ m.}$$

- Débit de la porte rampe :

$$Q_{\text{porteràmp}} = Q_{\text{asp}} \times N_{\text{asp} / \text{rampe}} \times N_{\text{rampe}}$$

$$Q_{\text{porteràmp}} = 0,89 \times 6 \times 3 \quad \Rightarrow \quad Q_{\text{porte rampe}} = 16,02 \text{ l/s}$$

Dimensionnement de la conduite :

On à $V \leq V_{\text{adm}}$ avec $V_{\text{adm}} \in [0,5 : 2,5]$ m/s

On suppose que $V = 1,5$ m/s et on calcul (D_r)

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} = \sqrt{\frac{4 \times 16,02 \times 10^{-3}}{\pi \times 1,5}} = 0,117 \text{ mm.}$$

Donc on prend $D_r = 125$ mm et la nouvelle vitesse $V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D_r}$

$$V = \frac{4 \times 9,84 \times 10^{-3}}{\pi \times 0,125^2} = 0,8 \text{ m/s}$$

V.7.7. Perte de charge

L'expression générale des pertes de charges linéaire dans les tubes est calculée généralement par une formule de type Manning :

$$J = \frac{a \cdot Q^b}{D^c} \tag{Eq 45}$$

Avec :

- j : perte de charge unitaire en m/m.
- Q : débit en m³/s.
- D : diamètre de la canalisation en m.

La formule de Manning correspond aux paramètres suivants :

$a= 10.294 n^2$; $b= 2$; $c= 5.333$; $n= 0.011$

Et la perte de charge totale sera :

$J = j \times L$

Ou :

- L : la longueur de la conduite (m).
- j : perte de charge unitaire m/m.

La détermination des pertes de charges pour les différents tronçons on a dans une canalisation assurant un service d'extrémité :

$$j = 0.452 \times 10^{-3} \times D^{-4.76} \times Q^{1.75} \tag{Eq 46}$$

Et la perte de charge totale sera :

$J = j \times L$

Ou :

- L : la longueur de la conduite (m).
- j : perte de charge unitaire (m/m)

Tableau Erreur ! Il n'y a pas de texte répondant à ce style dans ce document..3: Résultat de calcul théorique d'aspersion.

Paramètre	Canalisation d'approche	Rampe	Porte rampe
Longueur (m)	276,5	105	538
Diamètre (mm)	125	75	125
Débit (l/s)	15	5.32	16.02
Vitesse (m/s)	1,22	1,2	0.8
Perte de charge (m/m)	5.9×10^{-3}	0.0107×10^{-3}	18.7×10^{-3}
Perte de charge totale (m)	1.598	1.126	1.07

Donc

$$J_{\text{tot}} = 1.598 + 1.126 + 1.07 \quad \Rightarrow \quad J_{\text{tot}} = 3.794 \text{ m}$$

V.7.8. Calcul de pression

C'est la pression nécessaire pour le bon fonctionnement du dernier asperseur.

$$P_{\text{asp}} = P_{\text{borne}} - \Delta H$$

Avec :

- P_{asp} : pression disponible au niveau du dernier asperseur.
- P_{borne} : la pression au niveau de la borne.
- ΔH : perte de la charge totale.

$$P_{\text{asp}} = 30,961 - 3.794 = 27.167 \text{ m.c.e}$$

H : la pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (**2 b ars**).

$$P_{\text{asp}} = 27.167 \text{ m.c.e} > H = 20 \text{ m.c.e}$$

Donc

La pression disponible est supérieure à la pression de service c.à.d. l'alimentation est assurée par écoulement gravitaire.

Conclusion

Dans ce chapitre on fait le dimensionnement de réseau d'irrigation par aspersion. D'après les améliorations proposées, le réseau répond visiblement à l'exigence agronomique (besoin des cultures), et celle hydraulique (vitesse et perte de charge respecté).

CHAPITRE VI :

Organisation de chantier

Introduction

L'organisation de chantier consiste à déterminer et à coordonner la mise en œuvre pour accomplir dans les meilleures conditions possibles les travaux à exécuter. Ces travaux sont les opérations concourantes à la construction, la réparation, l'entretien ou la démolition d'un édifice (construction, bâtisse) de nature hydraulique ou génie civil.

Les terrassements forment la partie principale d'un grand nombre de travaux notamment la construction des voies de communication, des travaux des ports, en plus l'exécution des ouvrages d'art et des bâtiments.

Actuellement, les tendances principales du développement des machines de construction et de terrassement consistent dans le changement de la transmission hydraulique et l'augmentation de la puissance ou de la capacité des machines. Leur mécanique est de plus en plus complexe.

Avant d'aller sur chantier et commencer la réalisation de travaux, il faut toujours commencer par une étude donnant les meilleurs outils de travail (engins) la stratégie des travaux et leur organisation et cherche constamment la meilleure façon la plus économique d'utilisation des moyens fournis

VI.1. Les actions reçus par les conduites

Les conduites enterrées sont soumises à des actions qui sont les suivantes :

- La pression verticale due au remblai
- La pression résultant des charges roulantes
- La pression résultant des charges permanentes de surface
- La pression hydrostatique extérieure due à la présence éventuelle d'une nappe phréatique
- Le poids propre de l'eau véhiculée
- Le tassement différentiel du terrain
- Les chocs lors de la mise en œuvre
- Action des racines des arbres

VI.2. Exécution des travaux

Les principales étapes à exécuter pour la pose des canalisations sont :

- Vérification, manutention des conduites
- Décapage de la couche du goudron (si elle existe)

- Emplacement des jalons des piquets
- Exécution des tranchées et des fouilles pour les regards
- Aménagement du lit de pose
- La mise en place des canalisations en tranchée
- Assemblage des tuyaux
- Faire les essais d'étanchéité pour les conduites et les joints
- Remblai des tranchées

Vérification, manutention des canalisations

Les produits préfabriqués font l'objet sur chantier de vérification portant sur :

- Les quantités ;
- L'aspect et le contrôle de l'intégrité ;
- Le marquage en cas de défaut.

VI.3. Décapage de la couche de terre végétale ou goudron

Avant d'entamer l'excavation des tranchées, on doit tout d'abord commencer par l'opération de décapage des terres végétales sur des faibles profondeurs,

Le volume de la couche à décaper est :

$$V = B.h.L \text{ (m}^3\text{)} \quad \text{Eq 47}$$

Avec :

B : largeur de la couche végétale (m)

h : hauteur de la couche (h=0.1m)

L : longueur totale des tranchées (m)

Excavation des tranchées :

Selon les caractéristiques du terrain l'excavation sera réalisée mécaniquement la profondeur minimale de la tranchée à excaver atteint 1 m pour :

- Garder la fraîcheur de l'eau pendant les grandes chaleurs.
- Ne pas gêner le travail de la terre (exploitation).
- Protéger la canalisation contre le gel.

L'excavation des tranchées s'effectue par tronçon successive en commençant par les points hauts pour assurer s'il y lieu l'écoulement naturel des eaux d'infiltrations.

Donc l'excavation nécessite la détermination de plusieurs paramètres tels que :

- La profondeur de la tranchée (H) ;
- La longueur de la tranchée (b) ;
- Distance de la cavalière.

VI.4. Calcul de la largeur de tranchée :

La largeur du fond de tranchée est obtenue par la formule :

$$b = (L * 2) + \emptyset \quad \text{Eq 48}$$

Où :

b : Largeur de la tranchée (m);

\emptyset : Diamètre de la conduite (m).

L : la distance entre la conduite et le fruit de talus =0.5m

Avec

H : la profondeur de la tranchée

e : l'épaisseur du lit de sable

VI.5. Calcul de la profondeur de tranchée

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

La profondeur de la tranchée est :

Donc l'excavation nécessite la détermination de plusieurs paramètres tels que :

- Profondeur de la tranchée « H »
- Largeur de la tranchée « b »

$$H = e + \emptyset + h \quad (\text{m})$$

Avec :

H : profondeur de la tranchée. (m)

e : hauteur de lit de pose. (m)

\emptyset : diamètre de la conduite. (m)

h : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite.

VI.6. Aménagement du lit de sable

Le fond de la tranchée est, normalement, arasé avec une couche du sable de 0.50m d'épaisseur.

Si le terrain est instable, des travaux spéciaux se révèlent nécessaires :

Exécution d'un béton de propreté, de berceaux ou même de dalles de répétition.

VI.7. Pose de canalisation

VI.7.1. Principe de pose des canalisations

Le principe de pose de la canalisation est pratiquement le même pour toutes les conduites. Par contre le mode de pose varie d'un terrain à l'autre, ceci dans le but de diminuer l'effet des différentes contraintes agissant sur la canalisation.

L'épaisseur du remblai au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite est variable suivant les régions du fait du gel. En général, elle est de 1 m. Une conduite doit être toujours posée avec une légère pente afin de créer des points bas pour la vidange, et des points hauts pour l'évacuation de l'aire entraîner soit lors du remplissage de la conduite soit pendant le fonctionnement. On adopte en conséquence un tracé en dents de scie avec des pentes de quelques millimètres par mètre et des changements de pente tous les 200 à 400 m.

VI.7.2. Pose de canalisation dans un terrain ordinaire

La canalisation est posée dans une tranchée ayant une largeur minimale de 60 cm. Le fond de la tranchée est recouvert d'un lit de sable d'une épaisseur de 10 à 15 cm convenablement nivelé. Avant la mise en fouille, on possède à un triage de conduite de façon à écarter celle qui en subies des chocs, des fissures, ..., après cela on pratique la décente en lit soit manuellement soit mécaniquement d'une façon lente. Dans le cas d'un soudage de joints, cette opération doit être faite de préférence en fond de tranchée en calant la canalisation soit avec des butés de terre soit avec des tronçons de madriers en bois disposés dans le sens de la longueur de la tranchée.

Le remblaiement doit être fait par couche de 20 à 30 cm exemple de pierre et bien pilonné et sera par la suite achevé avec des engins.

VI.7.3. Pose de canalisation dans un mauvais terrain :

Si le terrain est de mauvaise qualité on peut envisager quelques solutions :

- **Cas d'un terrain peu consistant :**

Pour éviter tout mouvement de la canalisation, celle-ci doit être posée sur une semelle, en béton armé. La semelle peut être continue ou non en fonction de la nature du sol.

- **Cas d'un terrain mouillé :**

Il est convenu dans la tranchée un moyen pour le drainage (conduite par exemple) couvert d'un lit de gravier de gros diamètre par la suite un lit en béton sur lequel repose la canalisation.

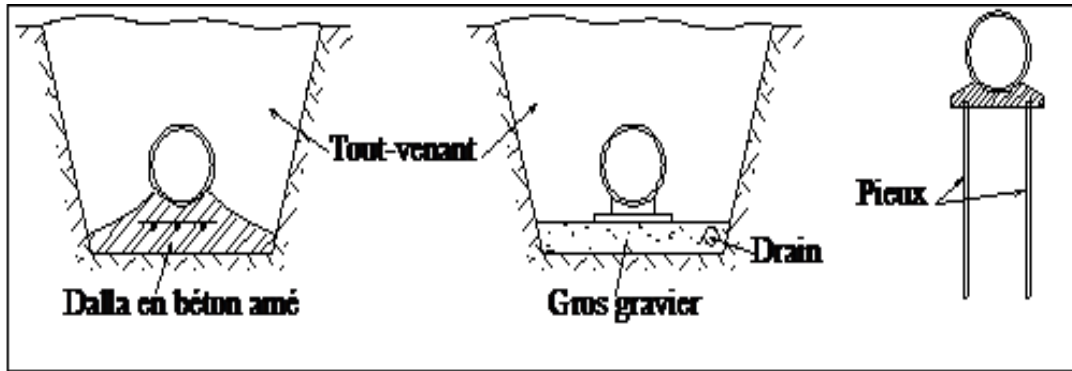


Figure VI.1 : Pose de conduite dans mauvais terrain.

VI.7.4. Pose de canalisation en galerie

Dans certains cas le tracé de la canalisation peut rencontrer des obstacles qui nous obligent à placer la conduite dans une en galerie.

Les conduites de diamètre important (sauf aqueducs) doivent être placées sur des madriers (bois de chêne) et calées de part et d'autre pour éviter leur mouvement.

Les canalisations de petit diamètre peuvent être placées dans un fourreau de diamètre supérieur et reposant sur des tasseaux en béton. Les robinets vannes sont placés des deux côtés de la route.

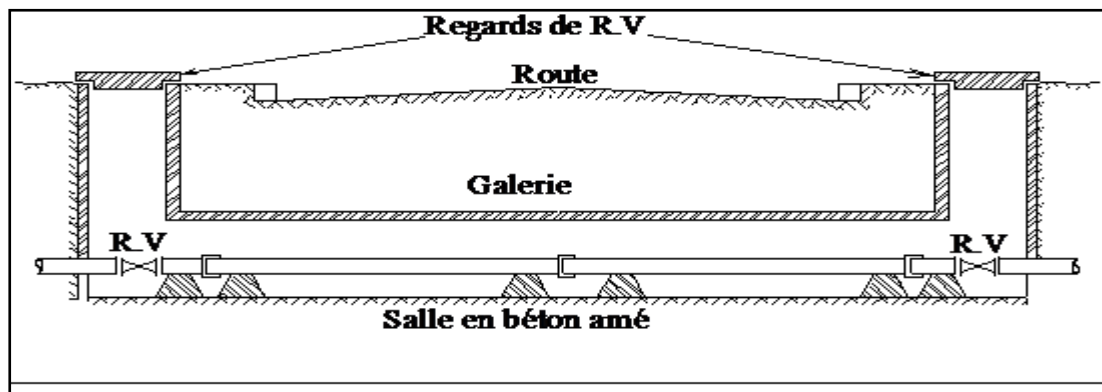


Figure VII.2 : Pose de canalisation en galerie.

VI.8. Accessoires

Sur une canalisation, différents organes et accessoires sont installés pour :

- ✓ Assurer un bon écoulement.
- ✓ Régulariser les pressions et mesurer les débits.
- ✓ Protéger les canalisations.

VI.8.1. Les robinets vannes

Ce sont des appareils de sectionnement utilisés pour le cas de manœuvres lentes pour les gros diamètres. L'obturation est obtenue pour une rotation de 90° de la partie tronconique.

Généralement ce robinet vanne est court-circuité pour faciliter l'ouverture si celui-ci trouve entre deux biefs (amont sous pression aval vide)

VI.8.2. Robinet d'arrêt

Robinet d'arrêt Ou de prise sont utilisés dans le réseau (petite diamètre) au niveau de branchement ($\varnothing < 100$ mm), sont à quatre tours.

VI.8.3. Les vannes papillons

Ce sont des vannes à survitesses utilisées surtout au niveau des réservoirs d'eau (sortie de la conduite), c'est une vanne se fermant sous la pression de l'eau, à ne pas utiliser à l'aval d'une conduite. Elle occasionne une faible perte de charge et présente une rangeabilité importante. Pour la régulation ; la manœuvre de l'obturateur est limitée à 60°, car au-delà le gain de débit est faible et le couple de manœuvre augmente rapidement à partir de 60° et présente un maximum vers 80° ; ce qui est préjudiciable à la stabilité de fonctionnement.

VI.9. Remblaiement des tranchées

Jusqu'à la hauteur du diamètre horizontal pour les tuyaux circulaires, le matériau de remblai doit être poussé sous les flancs de la canalisation.

Au –dessus de l'assise et après les essais, le remblaiement et le damage doivent être poursuivis par couches successives jusqu'à une hauteur de 0.10m, au-dessus de la génératrice supérieure de l'assemblage.

L'exécution de l'assis et de l'enrobage doit être effectuée avec des matériaux purgés des éléments supérieurs à 3mm.

La seconde fraction du remblai peut être effectuée à l'aide d'engins mécaniques étant précisé que cette terre, qui doit être ré pondue par couches successives et légèrement damée, ne doit contenir ni blocs de roche, ni débris végétaux ou animaux.

$$V_r = V_d - [V_{cdt} + V_{cv} + V_{ls}] \quad \text{Eq 49}$$

V_r : Volume du remblai en (m³).

V_d : Volume du déblai en (m³)

V_{cdt} : Volume occupée par la conduite

V_{cv} : Volume de la couche végétale

V_{ls} : Volume du lit de sable

VI.10. Volume excédentaire

$$V_{exc} = V_f - V_r \quad \text{Eq 50}$$

V_{exc} : Volume du sol excédentaire en (m³).

V_f : Volume du sol foisonné en (m³).

Avec : $V_f = V_d \cdot K_f$

V_d : Volume du déblai en (m³)

K_f : Coefficient de foisonnement dépend de la nature de sol pour notre cas on a : $K_f = 1,24$.

VI.11. Calcul du volume de terrassements**VI.11.1. Calcul du volume de déblai**

D'après la figure VII.1 la surface à calculer est la surface rectangulaire

$$S = b * H \quad \text{Eq 52}$$

$$b = 0.3 * (N-1) + (0.3 * 2) + (\emptyset * N) \quad N = \text{nombre de conduite} = 1$$

Donc $b = 6 + \emptyset$

VI.11.2. Calcul du volume de déblai pour le réseau

La surface à calculer est la surface rectangulaire

$$S = B * H$$

$$B = \emptyset + (0.5 \div 1.2) \quad \text{Eq 53}$$

Donc : $B = 0.6 + \emptyset$

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau VII-1

Tableau VI.01: volume de déblai en fonction des diamètres.

Diamètre (mm)	L(m)	B(m)	H(m)	V_{deblai} (m ³)
630	1225,2	1,23	1,53	2305,704
500	521	1,1	1,4	802,34
400	629,8	1	1,3	818,74
315	290,2	0,915	1,215	322,6226
200	210,9	0,8	1,1	185,592
160	5707,6	0,76	1,06	4598,043
110	888,5	0,71	1,01	637,1434
125	276,5	0,725	1,025	205,4741
			Total	9875,658

Donc le volume total de déblai : $V_{\text{déblai}} = 9875.658 \text{ m}^3$

VI.11.3. Calcul du volume de lit de sable

Ce lit correspond a une couche de sable de 10 cm sur le fond de la tranchée, donc c'est une surface constante le long de la tranchée, on calcul cette surface en utilisant la formule suivante

$$S = e * b * L \quad \text{Eq 54}$$

Tableau VI.2: Calcul du volume de sable.

Diamètre (mm)	Longueur de la conduite (m)	Largueur d'une tranchée (m)	Volume de sable (m ³)
630	1225,2	1,23	150,6996
500	521	1,1	57,31
400	629,8	1	62,98
315	290,2	0,915	26,5533
200	210,9	0,8	16,872
160	5707,6	0,76	433,7776
110	888,5	0,71	63,0835
125	276,5	0,725	20,04625
		Total	831,32225

Donc le volume total du lit de sable : $V_{\text{sable}} = 831.3225 \text{ m}^3$

VI.11.4. Calcul du volume de remblai

Ce volume est déduit a partir du volume du déblai est le volume qu'occupe la conduite et le volume occuper par lit de sable

$$V_r = V_d - (V_c + V_s) \quad \text{Eq 55}$$

V_r : Volume du remblai compacté (m³) ;

V_d : Volume du déblai (m³) ;

V_s : Volume du sable

V_c : Volume occuper par la conduite (m³) ; $V = L * \frac{\pi * \theta^2}{4}$

L : Longueur de la conduite

θ : Diamètre de la conduite.

Donc les volumes des travaux pour la conduite sont tablés dans le tableau VIII.3.

Tableau VI.3: calcul du volume de remblai.

Diamètre (mm)	Longueur de la conduite (m)	Largueur d'une tranchée (m)	Vdeb (m3)	Vlit (m3)	Vc	Vrem
630	1225,2	1,23	2305,7039	150,6996	381,73128	1773,273
500	521	1,1	802,34	57,31	102,24625	642,78375
400	629,8	1	818,74	62,98	79,10288	676,65712
315	290,2	0,915	322,6226	26,5533	22,60415	273,46515
200	210,9	0,8	185,592	16,872	6,62226	162,09774
160	5707,6	0,76	4598,0426	433,7776	114,69993	4049,565
110	888,5	0,71	637,14335	63,0835	8,4394173	565,62043
125	276,5	0,725	205,47406	20,04625	3,3914453	182,03637
Total						8325,4986

Donc le volume total du remblai : $V_{\text{remblai}}=8325.5 \text{ m}^3$

VI.12. Devis estimatif pour

VI.12.1. Devis estimatif pour L'adduction

Tableau VI.4: Volumes et coût des travaux total.

N°	Désignation de travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
1	Déblai	m ³	9875,6584	400	3950263,38
2	Lit de sable (sable)	m ³	831,32225	1200	997586,7
3	Remblai compacté	m ³	8325,5	300	2497650
4	Conduite (630mm)	ML	1225,2	23123	28330299,6
5	Conduite (500mm)	ML	521	14911	7768631
6	Conduite (400mm)	ML	629,8	9320	5869736
7	Conduite (315mm)	ML	290,2	5650	1639630
8	Conduite (200mm)	ML	210,9	2472	521344,8
9	Conduite (160mm)	ML	5707,6	1660	9474616
10	Conduite (110mm)	ML	888,5	797	708134,5
Total (DA)					61757892

VI.12.2. Devis estimatif pour les accessoires

On prend le prix des accessoires (les vannes, les raccords unions, bouchons, goutteurs, réduction) = 0,15 du prix total de réseau d'irrigation

$$= 0,15 * 61757892$$

$$= 9263683.8 \text{ DA}$$

VI.12.3. Devis estimatif hors taxe du projet

$$D_T = D_{\text{réseau}} + D_{\text{accessoir}}$$

$$= 71021575.8 \text{ DA}$$

$$D_{\text{hors tax}} = 71021576 \text{ DA}$$

VI.12.4. Devis estimatif Total avec TVA de notre projet

$$\text{TVA} = 17\%$$

$$\text{TVA} = 17\% \text{DT} = 0, 17 * 71021576 = 12073668 \text{ DA}$$

$$\text{Prix TTC} = \text{prix hors taxe} + \text{TVA} = 71021576 + 12073668$$

$$\text{Prix TTC} = 83095244 \text{ DA}$$

Conclusion

L'étude estimative des volumes des travaux, nous permet d'établir une estimation du coût total du projet.

La planification des travaux est nécessaire pour une bonne exécution des travaux de réalisation du projet. Alors d'après l'étude de ce projet on est arrivé à déterminer le coût de notre projet. Il se situe à **83095244 DA**. On peut considérer qu'il est rentable à condition que le périmètre fonctionne correctement et que chaque fellah exploitera le réseau dans le bon sens.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail, il ressort que le dimensionnement d'un réseau d'adduction et de distribution n'est pas si simple.

En effet beaucoup de contraintes aussi bien techniques qu'administratives peuvent influencer sur le tracé du réseau.

Nous avons choisi un tracé qui à pu gravitairement nous assurer des pressions assez conséquentes au niveau des bornes d'irrigation. De plus il a fallu dans la mesure du possible respecter le foncier afin de maintenir un certain degré de liberté quant à l'utilisation des prises d'eau.

L'aspect économique demeure aussi un point essentiel car minimiser le tracé de ce réseau permet de faire des économies sur le coût du projet.

Malgré ces contraintes on a proposé un tracé qui bien entendu peut être critiquable.

L'intérêt de ce projet est immense car l'irrigation va permettre une diversification et un accroissement des rendements des cultures en places.

La projection de systèmes d'irrigation modernes tels que l'aspersion permet une meilleure gestion de la ressource en eau et une meilleure conservation du sol.

BIBLIOGRAPHIE

[1] **ALI BEY.2003** : mémoire de fin d'étude : Etude de périmètre d'irrigation sahel algérois ouest.

[2] **Association ENHYD 2002** : (Etude de l'aménagement hydro-agricole du périmètre Tafna-Isser Et Hennaya.

[3] **BULLETIN DE FAO N°29**, Qualité des eaux d'irrigation, FAO. Rome. ;

[4] **Clément, R. Galand , A,1979** . Irrigation par aspersion et réseau collectifs de distribution sous pression

[5] **Temzi, D. 2003** : projection d'un réseau d'irrigation sous pression et étude comparative entre l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisée dans la vallée du Bas Isser Algérois (W-Boumerdes)

[6] **Tierclin, J-R. 1998**. Traité d'irrigation, édition Lavoisier technique et documentation 11, Rue Lavoisier ; F 75384 Cedex 8. Paris

[7] **Touibia.B, 2005** : Manuel pratique d'hydrologie;

[8] **YOUB T. 2004** : AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOL DU PERIMETRE TAFNA-ISSER.

Annexes

ANNEXE 1

Caractéristiques hydriques de quelques sols

Texture	Humidités pondérales en % du poids sec			Réserve utile volumétrique en mm/m
	à la rétention HCC	du flétrissement HPF	disponible HCC-HPF	
Sableuse	9 (6 à 12)*	4 (2 à 6)*	5 (4 à 6)*	85 (70 à 100)*
Sablo-limoneuse	14 (10 à 18)	6 (4 à 8)	8 (6 à 10)	120 (90 à 150)
Limoneuse	22 (18 à 26)	10 (8 à 12)	12 (10 à 14)	170 (140 à 190)
Limono-argileuse	27 (25 à 31)	13 (11 à 15)	14 (12 à 16)	190 (170 à 220)
Argilo-limoneuse	31 (27 à 35)	15 (13 à 17)	16 (14 à 18)	210 (180 à 230)
Argileuse	35 (31 à 39)	17 (15 à 19)	18 (16 à 20)	230 (220 à 250)

ANNEXE 2

Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures

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

40-125	BS	0,55	4	80 A	B 5	65/40	80	410	112	-	120	112	100	140	-	-	100	140	112	14	20	27
40-160	BS	0,75	4	80 B	B 5	65/40	80	410	115	-	130	132	100	70	240	190	14	190	14	14	28	34
40-160	BS	1,1	4	90 S	B 5	65/40	80	460	115	-	130	132	100	70	240	190	14	190	14	14	28	37
40-160	BS	1,5	4	90 L	B 5	65/40	80	460	115	-	130	132	100	70	240	190	14	190	14	14	28	38
40-200	BS	0,75	4	80 B	B 5	65/40	100	430	78	-	136	180	100	70	265	212	14	14	14	28	39	
40-200	BS	1,1	4	90 S	B 5	65/40	100	480	78	-	136	180	100	70	265	212	14	14	14	28	42	
40-200	BS	1,5	4	90 L	B 5	65/40	100	480	78	-	136	180	100	70	265	212	14	14	14	28	43	
40-200	BS	2,2	4	100 L	B 35	65/40	100	505	78	36	140	100	-	-	-	-	12	12	12	28	48	
40-200	BS	3	4	100 L	B 35	65/40	100	505	78	36	140	100	-	-	-	-	12	12	12	28	51	
40-200	BS	1,5	4	90 L	B 35	65/40	100	505	78	154	136	180	176	140	196	160	13	13	12	28	49	
40-250	BS	1,5	4	90 L	B 5	65/40	100	480	83	-	170	225	-	-	-	-	12	12	12	28	53	
40-250	BS	2,2	4	100 L	B 35	65/40	100	505	83	66	170	100	-	-	-	-	12	12	12	28	59	
40-250	BS	3	4	100 L	B 35	65/40	100	505	83	66	170	100	-	-	-	-	12	12	12	28	61	
40-250	BS	4	4	112 M	B 35	65/40	100	515	83	54	170	112	-	-	-	-	12	12	12	28	66	
40-315	BS	4	4	112 M	B 35	65/40	125	540	75	88	200	112	-	-	-	-	12	12	12	40	87	
40-315	BS	5,5	4	132 S	B 35	65/40	125	621	75	174	200	250	218	140	256	216	15	15	12	40	94	
50-125	BS	0,75	4	80 B	B 5	65/50	100	430	128	-	134	132	100	70	240	190	14	14	12	28	33	
50-125	BS	1,1	4	90 S	B 5	65/50	100	480	128	-	134	132	100	70	240	190	14	14	12	28	36	
50-125	BS	1,5	4	90 L	B 5	65/50	100	460	128	-	134	132	100	70	240	190	14	14	12	28	37	
50-160	BS	0,75	4	80 B	B 5	65/50	100	430	128	-	150	160	100	70	265	212	14	14	12	28	39	
50-160	BS	1,1	4	90 S	B 5	65/50	100	480	128	-	150	160	100	70	265	212	14	14	12	28	42	
50-160	BS	1,5	4	90 L	B 5	65/50	100	480	128	-	150	160	100	70	265	212	14	14	12	28	43	
50-160	BS	2,2	4	100 L	B 35	65/50	100	505	128	39	150	100	-	-	-	-	12	12	12	28	49	
50-160	BS	3	4	100 L	B 35	65/50	100	505	128	39	150	100	-	-	-	-	12	12	12	28	51	
50-200	BS	1,1	4	90 S	B 5	65/50	100	480	110	-	150	160	100	70	265	212	14	14	12	28	44	
50-200	BS	1,5	4	90 L	B 5	65/50	100	480	110	-	150	160	100	70	265	212	14	14	12	28	45	
50-200	BS	2,2	4	100 L	B 35	65/50	100	505	110	44	150	100	-	-	-	-	12	12	12	28	51	

FRANÇAIS

ANNEXE:4

GUIDE D'ESTIMATION DE P

(p = pourcentage de sol humidifié pour divers débits de distributeurs et divers espacements entre rampes et entre distributeurs dans le cas d'une seule rampe, rectiligne, équipée de distributeurs uniformément espacés délivrant une dose de 40 mm par arrosage sur l'ensemble de la surface)

Ecartement entre rampes S _i en m	Débit des distributeurs														
	moins de 1,5 l/h			2 l/h			4 l/h			8 l/h			Plus de 12 l/h		
	Espacement recommandé des distributeurs sur la rampe, Sd en m														
	en sol de texture grossière (G), moyenne (M), fine (F)														
	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
0,2	0,5	0,9	0,3	0,7	1,0	0,6	1,0	1,3	1,0	1,3	1,7	1,3	1,6	2,0	
Pourcentage en sol humidifié p %															
0,8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1,0	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1,2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100
2,0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3,0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4,0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5,0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6,0	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40