

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE -ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT D'IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME DU PROJET :

Etude d'aménagement hydro-agricole du périmètre de Haut Isser
Wilaya de MEDEA

PRESENTE PAR

M^{lle} KABLI SARAH

Devant les membres du jury

Nom et prénom	Grade	Qualité
Mr RASSOUL Abd Elaziz	M.C.A	Président
Mme AZIEZ Ouahiba	M.A.A	Examinatrice
Mr YAHIAOUI Samir	M.A.B	Examineur
Mr KERID Rachid	M.A.A	Examineur
Mr BENKACI TARIK	M.A.A	Promotrice

Septembre - 2016

LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviation	Significations	Unités
ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques	
Ce	Conductivité électrique	mmhos/
CPCS	Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols	
EAC	Exploitation Agricole Collective	
EAI	Exploitation Agricole Individuelle	
MOP	Main d'œuvre Permanente	
MOS	Main d'œuvre Saisonnière	
ONA	Office national d'assainissement	
ONM	Office national de météorologique	
SAR	Rapport d'Absorption du Sodium	
Pe	Pluie efficace	mm
PN	Pression Nominale	
PU	Prix Unitaire	DA
PEHD	Polyéthylène à Haute Densité	
RFU	Fraction de réserve utile du sol	Mm
ETP	Evapotranspiration potentielle	mm/j
ET₀	Evapotranspiration de référence	mm/j
ETR	Evapotranspiration réelle	Mm
K_c	Coefficient culturale	
HT	Hors taxe	DA
TVA	Taxe sur Valeur Ajouté	DA
Total (TTC)	Total Tout Taxes Comprises	DA

∞ Dédicace ∞

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect a :



Mes parents



Mes Sœurs



Et à toute ma famille

Ainsi qu'à tous mes amis de l'ENSH.

Remerciements


Avant tout, je remercie DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage pour achever mes études.

Et « quiconque ne remercie pas les gens, ne remercie pas Dieu»

Je remercie fortement mon promoteur : M^r T.BENKACI de m'avoir orienté par ses conseils judicieux dans le but de mener à bien ce travail.

Je remercie également toute les personnes qui m'ont donné les informations nécessaires pour réaliser ce mémoire.

Je tiens à remercier aussi :

 *Les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail.*

 *Le corps enseignant et les étudiants de l'ENSH.*

KABLI SARAH

ملخص:

إن الهدف من هذه المذكرة يدخل في إطار السياسة الحالية لتسيير المساحات المسقية في منطقة بني سليمان ولاية المدية. والتي تتميز حاليا بنظام إنتاج ماد، تقنيات تقليدية وضعف مستوى المردودية. السؤال الذي يطرح نفسه يتمثل في معرفة كيفية الزيادة في الإنتاج الفلاحي من أجل تنمية هذا القطاع للتخفيض من الاستيراد. وذلك باستعمال أفضل تقنيات السقي حسب الخواص المناخية ونوعية التربة. والتي حققت فعاليتها في الميدان كنظام السقي بالتقطير والسقي بالرش. مفاتيح: السقي، السقي بالتقطير، والسقي بالرش.

Résumé

L'objectif de ce travail cadre la politique actuelle d'aménagement et de gestion des périmètres irrigués de la zone de Beni Slimane dans la wilaya de Médéa, qui est caractérisée actuellement par un système de production extensif, des itinéraires techniques traditionnels et des niveaux de rendements faibles.

Il est question d'augmenter la production agricole vivrière et commerciale, de manière à développer un secteur pour répondre à la demande nationale, sans cesse croissante, en vue de réduire les importations d'aliments, par l'utilisation de meilleurs systèmes d'irrigation qui dépendent des caractéristiques climatiques et du sol de notre périmètre. Les techniques d'aspersion et de goutte à goutte ont prouvé leur fiabilité.

Mots clefs : irrigation ; système d'aspersion ; système goutte à goutte.

Abstract

The objective of this work concerns the current planning and management policy of the Beni Slimane area in the province of Medea. It is the problem of increasing food and cash crop production in order to develop a sector that can respond to local needs, permanently growing to reduce food imports, through the use of better irrigation which depends on the climatic and soil characteristics of our perimeter. The spray techniques and drop by drop proved their reliability.

Table des matières

<i>Introduction générale & Problématique</i>	3
<i>Chapitre I. Analyse des conditions naturelles</i>	3
I.2. Situation géographique :	3
I.3. Hydrographie :	4
I.4. Présentation du périmètre du haut Isser :	4
I.5. Climatologie :	6
I.5.1. Les précipitations :	6
I.5.2. Les températures :	7
I.5.3. Humidité :	8
I.5.4. Les vents :	8
I.5.5. Gelée blanche :	8
I.5.6. Grêle et Neige :	8
I.5.7. Le Sirocco :	9
I.6. Les caractéristiques bioclimatiques :	9
I.6.1. Indice de Martonne :	9
I.6.2. Classification du climat selon le diagramme d'Emberger :	10
I.6.3. Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen :	11
I.7. Etude agro-socio-économique : Argumentation du projet	12
I.7.1. Situation actuelle :	12
I.7.2. Main d'œuvre active :	12
I.7.3. Situation projetée :	14
I.8. Conclusion :	14
<i>Chapitre II. Etude Agro-pédologique</i>	15
II.1. Introduction :	15
II.2. Classification des sols :	16
II.3. Caractéristiques morphologiques et analytiques des sols :	17
II.3.1. Les sols à sesquioxyde de fer :	17
II.3.2. Les sols calcimagnésiques :	19
II.3.3. Les sols peu évolués	20
II.4. Caractéristiques hydrodynamiques des sols du périmètre	22
II.5. Aptitudes culturales des sols en irrigué	23
II.5.1. Aptitudes des sols aux cultures arboricoles	23
II.5.2. Aptitudes des sols aux cultures Industrielles	24

II.5.3. Aptitude des sols aux cultures céréalières et fourragères _____	24
II.5.4. Aptitude des sols aux cultures maraichères _____	24
II.6. Etude foncière : Répartition des parcelles par statut juridique _____	25
II.7. Conclusion _____	26
<i>Chapitre III. Ressources en eau- Hydrologie _____</i>	<i>27</i>
III.1. Introduction _____	27
III.2. Ressources en eau superficielles : Le bassin versant de l'oued El Mallah : _____	27
III.2.1. Présentation du futur Barrage de Beni Slimane _____	28
III.2.2. Qualité de l'eau d'irrigation des eaux du barrage _____	29
III.2.3. Classification des eaux pour l'irrigation : _____	30
III.3. Étude Hydrologique _____	32
III.3.1. Choix de la station pluviométrique _____	32
III.3.2. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique _____	34
III.3.3. Ajustement statistique des pluies _____	36
III.4. Détermination de l'année de calcul _____	40
III.5. Conclusion : _____	40
<i>Chapitre IV. Calcul des besoins en eau des cultures _____</i>	<i>41</i>
IV.1. Introduction _____	41
IV.2. Besoins en eau des cultures _____	41
IV.2.1. Evaluation des besoins en eau des plantes cultivées _____	41
IV.2.2. Calcul de l'évapotranspiration _____	42
IV.3. La pluie efficace : _____	45
IV.4. Choix des cultures : _____	45
IV.4.1. Occupation des sols : _____	46
IV.4.2. Assolements des cultures _____	47
IV.4.3. Avantages de la rotation des cultures _____	5047
IV.5. Définition des besoins en eau d'irrigation nette d'une culture _____	49
IV.5.1. Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures _____	49
IV.5.2. Calcul du débit spécifique _____	59
IV.5.3. Evaluation du débit caractéristique _____	60
IV.6. Estimation des besoins en eau totaux du secteur : _____	60
IV.7. Conclusion _____	61
<i>Chapitre V. Etude du système d'adduction _____</i>	<i>62</i>

V.1. Introduction :	62
V.2. Présentation du périmètre du haut Isser :	62
V.3. Alimentation en eau du périmètre :	64
V.4. Organisation du périmètre : Ilots d'irrigation	64
V.4.1. Implantation des bornes (Plan de bornage) :	64
V.5. Modalités de distribution :	66
V.5.1. Distribution à la demande :	66
V.5.2. Distribution au tour d'arrosage :	66
V.6. Calcul du débit aux bornes :	66
V.6.1. Choix du diamètre de la borne	66
V.7. Schéma d'aménagement hydro-agricole Variantes d'aménagement :	71
V.8. Dimensionnement du réseau de distribution :	72
V.8.1. Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire :	72
V.8.2. Vitesses admissibles :	72
V.8.3. Choix du matériau des conduites :	73
V.8.4. Caractéristiques des canalisations :	73
V.8.5. Calcul des diamètres :	74
V.9. Etablissement des profils en long :	79
V.9.1. Pièces spéciales :	79
V.10. Conclusion :	80
<i>Chapitre VI. Choix de système d'irrigation</i>	<i>81</i>
VI.1. Introduction :	81
VI.2. Choix des techniques d'irrigation :	81
VI.3. Différentes techniques d'arrosages :	81
VI.3.1. Irrigation gravitaire :	81
VI.3.2. L'irrigation par aspersion :	83
VI.4. Choix de la technique d'arrosage :	86
VI.5. Conclusion :	87
<i>Chapitre VII. Dimensionnement à la parcelle</i>	<i>88</i>
VII.1. Introduction :	88
VII.2. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :	88
VII.2.1. Données générales	88
VII.2.2. Dimensionnement théorique	89

VII.2.3. Dimensionnement hydrauliques des rampes : _____	92
VII.2.4. Calcul de la pression en tête du réseau _____	95
VII.3. Dimensionnement par canons arroseurs (enrouleurs) : _____	95
VII.3.1. Le choix de type de canon : _____	95
VII.3.2. Principe de dimensionnement : _____	96
VII.4. Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte : _____	99
VII.4.1. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée : _____	100
VII.4.2. Calculs hydrauliques: _____	103
VII.4.3. Dimensionnement des canalisations du réseau: _____	104
VII.4.4. Calcul de la pression d'eau à la borne de distribution : _____	107
VII.5. Conclusion : _____	107
<i>Chapitre VIII. Calcul technico-économique</i> _____	108
VIII.1. Introduction : _____	108
VIII.2. Différents travaux à entreprendre : _____	108
VIII.2.1. Factures pro forma des équipements hydrauliques : _____	109
VIII.3. Frais des travaux sur réseau d'irrigation : _____	111
VIII.3.1. Calcul des volumes de déblais et remblais : _____	111
VIII.4. Cout total des travaux publics sur réseau d'irrigation : _____	113
VIII.4.1. Déblaiement : _____	113
VIII.5. Conclusion : _____	117
<i>Conclusion générale</i> _____	118
<i>Références bibliographiques</i>	
<i>Annexes</i>	

Liste des figures

Chapitre I. Analyse des conditions naturelles

Figure I-1 : Carte de situation du bassin de l'Isser..... 3
Figure I-2 : Carte satellitaire (Google Earth2016) du périmètre du haut Isser 5
Figure I-3 : Répartition des températures moyennes interannuelles à la station de Beni Slimane 7
Figure I-4 : Diagramme bioclimatique d'Emberger (Station de Beni Slimane) 11
Figure I-5 : Diagramme ombrothermique (Station de Beni Slimane)..... 11

Chapitre II. Etude agro-pédologique

Figure II-1 : Carte pédologique de la plaine de Béni Slimane- (Source : ANRH- 1976) 16

Chapitre III. Ressources en eau- Hydrologie

Figure III-1 : Réseau hydrographique du Haut Isser (Echelle 1/100 000 e) 27
Figure III-2: Diagramme de classification des eaux d'irrigation d'après l'US SalinityLaboratory Staff (1954). 31
Figure III-3: Réseau d'observation pluviométrique du bassin de l'oued mellah 32
Figure III-4: Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss. 39
Figure III-5 : Ajustement des pluies annuelles à la loi de log-Normale 39

Chapitre V. Etude du système d'adduction

Figure V-1 : Présentation du périmètre du Haut Isser et ses secteurs d'irrigation..... 63
Figure V-2: Schéma du système d'adduction (irrigation par pression naturelle) 72

Chapitre VI. Choix de système d'irrigation

Figure VI-1 : Irrigation par aspersion. 83
Figure VI-2 : Irrigation en goutte à goutte 85

Chapitre VII. Dimensionnement à la parcelle

Figure VII-1 : Dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe..... 92

Chapitre VIII. Calcul technico-économique

Figure VIII-1 : Disposition de la conduite dans une tranchée 112

Liste des tableaux

Chapitre I. Analyse des conditions naturelles

Tableau I-1: Caractéristiques géographiques de la station de Beni Slimane.	6
Tableau I-2 : Pluie moyenne annuelles obtenues.	6
Tableau I-3 : Les pluies moyennes mensuelles à la station de Beni Slimane.	7
Tableau I-4 : Répartition des températures moyennes interannuelles.	7
Tableau I-5 : Humidité relative à la station de Médéa. Source: ANRH Blida.	8
Tableau I-6 : Vitesse du vent moyenne. Source : Subdivision Agricole de Beni Slimane	8
Tableau I-7 : Nombre de jours moyens de gelée à la station de Beni Slimane.	8
Tableau I-8 : Nombre de jours de neige et grêle sur 20 ans (Station de Beni Slimane)	9
Tableau I-9 : Nombre de jours moyens de sirocco à la station de Beni Slimane.	9
Tableau I-10 : Classification du climat selon de Martonne	10
Tableau I-11 : Emploi de la main d'œuvre agricole dans la commune de Beni Slimane.	13
Tableau I-12 : Main d'œuvre occupée par hectare pour les différents secteurs juridiques.	13

Chapitre II. Etude agro-pédologique

Tableau II-1 : Résultats des analyses physico-chimiques	18
Tableau II-2 : Résultats des analyses physico-chimiques	19
Tableau II-3 : Résultats des analyses physico-chimiques (Profil 3)	21
Tableau II-4 : Propriétés hydrodynamiques des sols	22
Tableau II-5 : Aptitudes culturales pour espèces arboricoles	23
Tableau II-6 : Cultures industrielles.	24
Tableau II-7 : Numérotation des cultures céréalières et fourragères	24
Tableau II-8 : Numérotation des cultures maraîchères	24
Tableau II-9 : Répartition de la superficie enquêtée selon le statut juridique.	25
Tableau II-10 : Distribution du foncier par classes.	25

Chapitre III. Ressources en eau- Hydrologie

Tableau III-1 : Caractéristiques hydrauliques du barrage de Beni Slimane.	28
Tableau III-2: Résultats des analyses de l'eau de la retenue de Beni Slimane.	29
Tableau III-3 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique et de SAR	30
Tableau III-4 : Stations pluviométriques utilisées pour l'estimation des précipitations.	33
Tableau III-5 : Pluies mensuelles	33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau III-6 : Test d'homogénéité de la série pluviométrique de Beni Slimane.	35
Tableau III-7 : Test de validité des deux ajustements.	38
Tableau III-8 : Ajustement à la loi de Gauss.	40
Tableau III-9 : Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche	40

Chapitre IV. Calcul des besoins en eau des cultures

Tableau IV-1 : Evapotranspiration de référence (ET _o) de la zone d'étude selon.....	44
Tableau IV-2 : Précipitation efficace dans la zone d'étude.	45
Tableau IV-3 : Scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre. ...	46
Tableau IV-4 : Système de cultures proposées à la zone de Beni Slimane.....	46
Tableau IV-5 : Assolement proposé pour le périmètre du Beni Slimane	48
Tableau IV-6 : le cycle végétatif des cultures envisagées.....	48
Tableau IV-7 : Calcul des besoins en eau du Blé/Avoine.....	50
Tableau IV-8 : Calcul des besoins en eau de l'orge grain.....	50
Tableau IV-9 : Calcul des besoins en eau de la pomme de terre (saison).....	51
Tableau IV-10 : Calcul des besoins en eau de la carotte.....	51
Tableau IV-11 : Calcul des besoins en eau du concombre.	52
Tableau IV-12 : Calcul des besoins en eau du chou.	52
Tableau IV-13 : Calcul des besoins en eau de la tomate.....	53
Tableau IV-14 : Calcul des besoins en eau de l'Oignon/ail.	53
Tableau IV-15 : Calcul des besoins en eau de l'haricot.....	54
Tableau IV-16 : Calcul des besoins en eau des petits pois.	54
Tableau IV-17 : Calcul des besoins en eau de la luzerne.....	54
Tableau IV-18 : Calcul des besoins en eau du maïs fourrager.....	55
Tableau IV-19 : Calcul des besoins en eau de l'orge en vert.	56
Tableau IV-20 : Calcul des besoins en eau de l'olivier.	56
Tableau IV-21 : Calcul des besoins en eau du pêcher.	57
Tableau IV-22 : Calcul des besoins en eau du pommier.....	57
Tableau IV-23 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement 1.....	58
Tableau IV-24 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement 2.....	58
Tableau IV-25 : Besoin en eau d'irrigation des cultures.	60

Chapitre V. Etude du système d'adduction

Tableau V-1 : Caractéristiques des secteurs du périmètre du Haut Isser.	63
Tableau V-2 : Choix du diamètre de la borne.	66
Tableau V-3 : Calcul des débits des ilots et du diamètre de la borne	67

LISTE DES TABLEAUX

Tableau V-4 : Coefficients e différents types de matériau.....	75
Tableau V-5 : Résultats de calcul (vitesse, perte de charge et pressions).....	76
Tableau V-6 : Choix de la ventouse.....	79
Tableau V-7 : Choix de la vidange.....	80

Chapitre VI. Choix de système d'irrigation

Tableau VI-1 : Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage.....	86
--	----

Chapitre VII. Dimensionnement à la parcelle

Tableau VII-1: Résultat de calcul pratique d'aspersion.....	95
Tableau VII-2 : Le diamètre flexible en fonction des longueurs des tubes.....	96
Tableau VII-3 : Tableau synthétique des catégories d'enrouleurs.....	97
Tableau VII-4 : Tableau d'abaque de canon à retour lent.....	98
Tableau VII-5 : calcul du diametre de la rampe.....	106
Tableau VII-6 : calcul du diamètre de la rampe.....	106
Tableau VII-7 : calcul des diamètres de la conduite tertiaire.....	106
Tableau VII-8 : Récapitulatif des calculs hydrauliques.....	107

Chapitre VIII. Calcul technico-économique

Tableau VIII-1 : Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.....	109
Tableau VIII-2 : Cout des équipements de protection du réseau de distribution.....	110
Tableau VIII-3 : Facture du matériel de surface (irrigation par aspersion).....	113
Tableau VIII-4 : Facture du matériel de surface (irrigation par enrouleur).....	112
Tableau VIII-5 : Calcul des différents volume.....	1143

Tableau VIII.6 : Besoins en eau de chaque culture.....	115
--	-----

Tableau VIII-7 : Estimations des couts et des rendements pour chaque culture.....	116
---	-----

Liste des planches

Planche1 : Plan de situation du périmètre d'étude (secteur 2) w.MEDEA.

Planche2 : Plan du réseau d'adduction du périmètre d'étude (secteur 2)
w.MEDEA.

Planche3 : Plan du réseau d'irrigation avec aspersion.

Planche4 : Profil en long de la conduite principale du réseau d'adduction.

Introduction générale & Problématique

L'Algérie couvre une superficie totale de 238 millions d'hectares, cependant seuls 7,5 millions d'hectares peuvent être considérés comme cultivables, dont quatre millions reçoivent moins de 300mm/an de pluie ce qui est généralement la limite d'aridité ; de plus sur l'ensemble du pays la pluie est très mal répartie, irrégulière d'une année à une autre et au sein de la même année.

Face à ces contraintes naturelles, et vu la demande accrue en produits alimentaires du fait de la démographie et de l'élévation du niveau de vie, l'agriculture en Algérie reste un secteur clé de développement économique et social, qui s'explique par l'importance des aménagements hydro- agricoles et de leurs exploitations et de gestion, puisque l'agriculture en sec n'offre que des rendements faibles et très aléatoires.

Le recours à l'irrigation est dans la plupart des cas nécessaire pour garantir le maintien d'un niveau de production suffisant dans de nombreuses régions du monde, et pour rentabiliser l'investissement consenti afin de se prémunir contre les aléas climatiques et sécuriser la production.

L'approche présentée dans le présent mémoire a été établie pour l'étude d'aménagement du périmètre du haut Isser dans la wilaya de Medea.

Notre mémoire sera donc divisée en deux parties distinctes :

La première partie, sera consacrée à :

Détailler la zone d'étude, en particulier la composante climatique, dont la connaissance est indispensable pour définir l'action de ses éléments sur l'environnement et sur les plantes.

Apprécier les potentialités du sol à travers la détermination de ses caractéristiques physico-chimiques et son aptitude à recevoir les cultures.

Evaluer la qualité des eaux, et enfin choisir les cultures à mettre en place, afin de conditionner la réussite technique et financière de système cultural, en déterminant les besoins en eau des cultures choisies.

La deuxième partie englobe l'étude technique, dans laquelle nous avons :

-Proposé et calculé l'adduction et les installations des systèmes d'irrigation au niveau des parcelles.

-Dimensionné le réseau de distribution et déterminer les équipements qui constituent ce réseau.

Nous espérons que le travail que nous présentons, aidera à concevoir et à mener à bien ce projet qui apparaît de plus en plus nécessaire pour diversifier et intensifier la production de ce périmètre.

Chapitre I. *Analyse des conditions naturelles*

I.1. Introduction :

Ce chapitre est consacré à une présentation détaillée de notre zone d'étude, du point de vue situation géographique, caractéristiques climatiques, et socio-économiques, afin de déterminer les différents paramètres qui vont nous permettre de caractériser la zone d'étude et nous aider à connaître la nature du climat de la zone d'étude, ce qui est indispensable dans un projet d'irrigation, puisque c'est la base du calcul des besoins en eaux d'irrigation.

I.2. Situation géographique :

La région d'étude est située dans la partie amont du bassin de l'oued Isser, qui couvre une superficie totale de 4116 Km² soit 0,17 % de la superficie totale de l'Algérie et s'étend sur trois (03) wilayas à savoir :Médéa, Bouira et Boumerdes.

Le bassin hydrographique de l'Isser est situé dans le centre de l'Algérie, il est limité par :

- Au Nord par la Méditerranée et Nord-Ouest par les daïras de Tablat et Larbâa.
- A l'Est par la daïra de Drâa El Mizane et Sud Est par la wilaya de Bouira.
- Au Sud-Ouest par la daïra de Ksar El Boukhari et la wilaya de Médéa.
- Au Sud par la daïra d'Ain boucif.

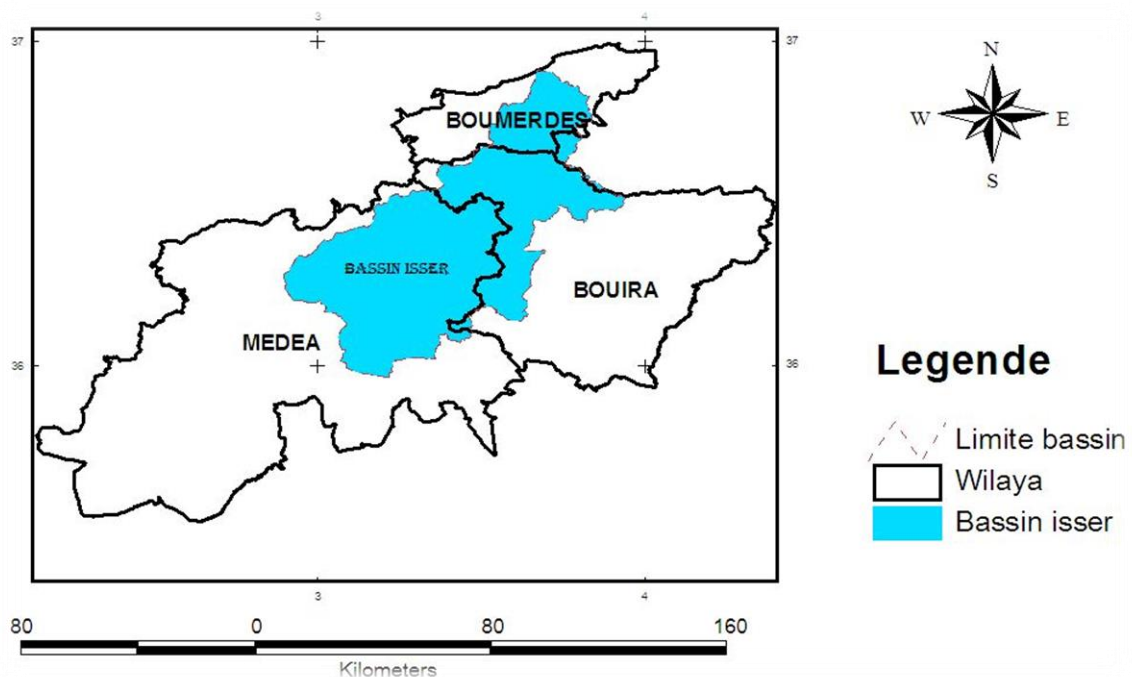


Figure I-1 : Carte de situation du bassin de l'Isser

I.3. Hydrographie :

Le réseau hydrographique du bassin d'Isser se caractérise par un tracé bien individualisé et un écoulement assez abondant donnant naissance à un lit d'oued bien dessiné se manifestant sous forme d'une grande vallée alluviale asymétrique, représentée par un grand nombre d'oueds à écoulement intermittent, de direction Sud-Est. Les lits des oueds sont profonds et stables, signe de l'arrêt de la sédimentation fluviale. Les pentes, sont généralement de l'ordre 1 à 3 %, alors qu'en aval la densité de drainage devient assez lâche.

Les principaux affluents de l'oued Isser sont : les oueds Melah, Halebba, Soufflat, Bou Hamoud, El Khenza, Besbas et Zeroua.

I.4. Présentation du périmètre du haut Isser :

La plaine du haut Isser est située dans la wilaya de Médéa à environ 60 Km à l'ouest du chef-lieu de wilaya. Le périmètre du haut Isser dont la superficie exploitable est de 2642.07ha, s'étend longitudinalement sur environ 10 km et sur une profondeur moyenne de 2,5 km.

Il est limité :

- Au Nord par l'Oued Benloulou puis par l'Oued Alyem, affluents de l'oued Mellah, qui longe le périmètre d'Est en Ouest ;
- Les oueds Lekehal et Bou Draa traversent le périmètre du Sud vers le Nord ;
- Au Sud par la RN 18 sur l'axe Bouira – Berrouaghia ;
- Au Sud-Est par l'oued Mellah ;
- La ville de Sidi Slimane se situe excentrée côté Nord au milieu du périmètre.

Les agglomérations de BirOuled Aicha, El Meharzia, Sekhairia, et Sidi El Akrouit se trouvent à l'intérieur du périmètre.

Géologie et Géomorphologie :

Du point de vue géologique, la dépression de Béni Slimane correspond à une zone de transition entre les formations de l'atlas de Tablat au Nord et les nappes Sud telliennes au Sud.

La région étudiée est située dans la partie occidentale des Bibans, vaste et longue chaîne montagneuse d'orientation légèrement E-N-E. Cette chaîne constitue un large bombement qualifiable à l'Ouest d'anticlinorium qui ressort en fenêtre tectonique au milieu d'un empilement de lames de charriages.

Sur le plan relief, la zone d'étude est située dans l'anticlinal des Aribis, partie intégrante du vaste anticlinorium des Bibans qui s'étend sur 150 Km et formant l'alignement des montagnes qui se succèdent de Sétif à Berouaghia.

La plaine de Beni Slimane est limitée au Nord par la chaîne littorale et au sud par la chaîne de Sour El Ghozlane. Il s'agit d'une vallée encaissée entre le piémont du djebel Tchaïf du côté Nord et celui du djebel Bourached du côté Sud. Les altitudes moyennes varient de 570 à 620 m NGA.

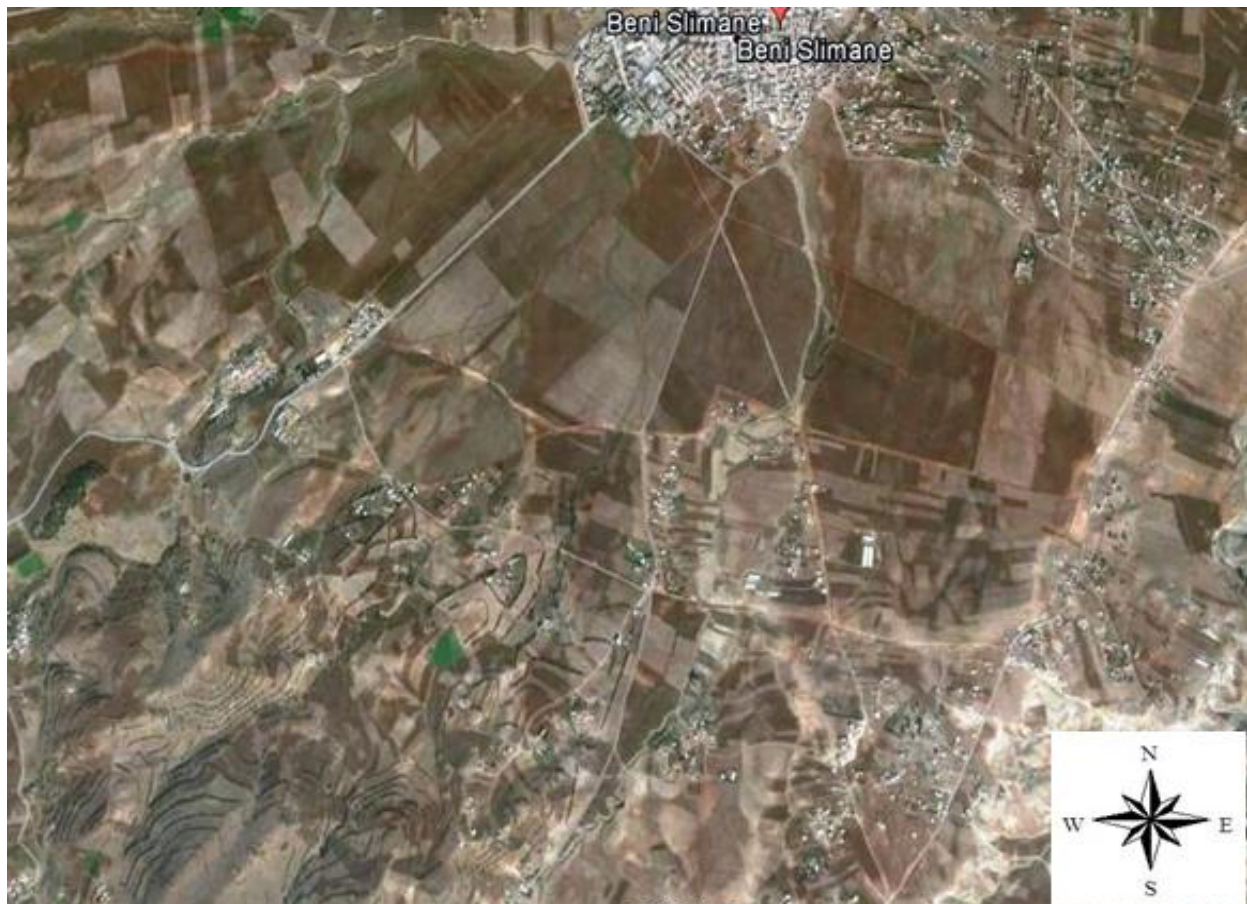


Figure I-2 : Carte satellitaire (Google Earth 10/06/2016) du périmètre du haut Isser

I.5. Climatologie :

Les données météorologiques et climatologiques sont très importantes dans la planification et la gestion des activités de l'homme dont l'une des principales est l'agriculture. Elles permettent de délimiter une région en différentes zones agro-pédoclimatiques spécifiques pour chaque spéculation agricole.

Dans un projet d'irrigation, les facteurs climatiques les plus déterminants sont les températures, l'humidité relative, l'intensité des vents et leur direction, la fréquence des jours de gelée et de sirocco ; ils constituent un ensemble d'éléments décisifs.

Choix de la Station météorologique :

Dans ce qui suit nous présentons les paramètres météorologiques sur la base des données obtenues au niveau de la station de Beni Slimane qui, de par sa situation géographique, qui représente le mieux la région d'étude. Les caractéristiques de la station de Beni Slimane sont détaillées dans le tableau I-1 :

Tableau I-1: Caractéristiques géographiques de la station de Beni Slimane. (Source : ANRH Alger)

Nom de la station	Code	Coordonnées	Altitude
Beni Slimane	090302	X= 557.2 Y= 322.65	Z= 600

I.5.1. Les précipitations :

Les données collectées proviennent de la station météorologique de la commune de Beni Slimane, les relevés pluviométriques observés sur lesquels se base notre étude ont couvert la période allant de 1970 à 2005 soit une série d'une trente-cinq ans.

Tableau I-2 : Pluie moyenne annuelles obtenues.

Nom de la station	Code	Pluies moy annuelles mm
Beni Slimane	090302	362.4
Djouab	090301	496.4
Dechmya	090314	429.0

D'après le tableau I-2, on voit que les pluies varient annuellement entre 400mm et 500 mm. On constate un écart pluviométrique moyen important entre la station de Beni Slimane et ceux de Djouab et Dechmya, ceci s'explique par le fait que les stations de Djouab et Dechmya sont plus à l'amont du bassin de l'oued Mellah par rapport à celle de Beni Slimane et par conséquent plus

en altitude donc une pluviométrie plus importante.

Pluies Mensuelles :

L'analyse des pluies mensuelles permet de connaître la répartition de la pluviométrie à l'échelle de l'année, ce qui permet de déduire les déficits d'écoulements saisonniers.

Tableau I-3 : Les pluies moyennes mensuelles à la station de Beni Slimane. Source : ANRH Alger

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Tot
Pluie mm	23.5	31.3	38,4	43,0	52.1	43.7	39.5	37.6	31,4	9,3	6.2	6,5	362.4

Les données du tableau I-3 indiquent une pluie moyenne annuelle faible qui en général ne dépasse pas les 400 mm, on peut dire que l'agriculture dans ces conditions est limitée par ce facteur pluviométrique.

I.5.2. Les températures :

Les relevés mensuels moyens des températures sur une période de 20 ans est donnée par le tableau suivant :

Tableau I-4 : Répartition des températures moyennes interannuelles (station de Beni Slimane). Source : SMC

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Tmin °C	3,4	3,4	5,1	7,0	10,8	15,4	17,9	18,8	15,3	11,4	7,0	4,3
Tmax °C	13,2	14,6	18,0	20,2	25,9	32,0	36,1	36,4	30,0	24,8	18,8	14,1
Tmoy °C	8,3	9,0	11,4	13,5	18,3	23,6	27,0	27,6	22,6	18,0	13,0	9,2

D'après le tableau ci-dessous, on remarque que les mois les plus chauds sont les mois de Juillet et Aout, avec une moyenne de 27 °C, tandis que la période froide correspond aux mois de Décembre, janvier et Février, avec une moyenne de 9°C.

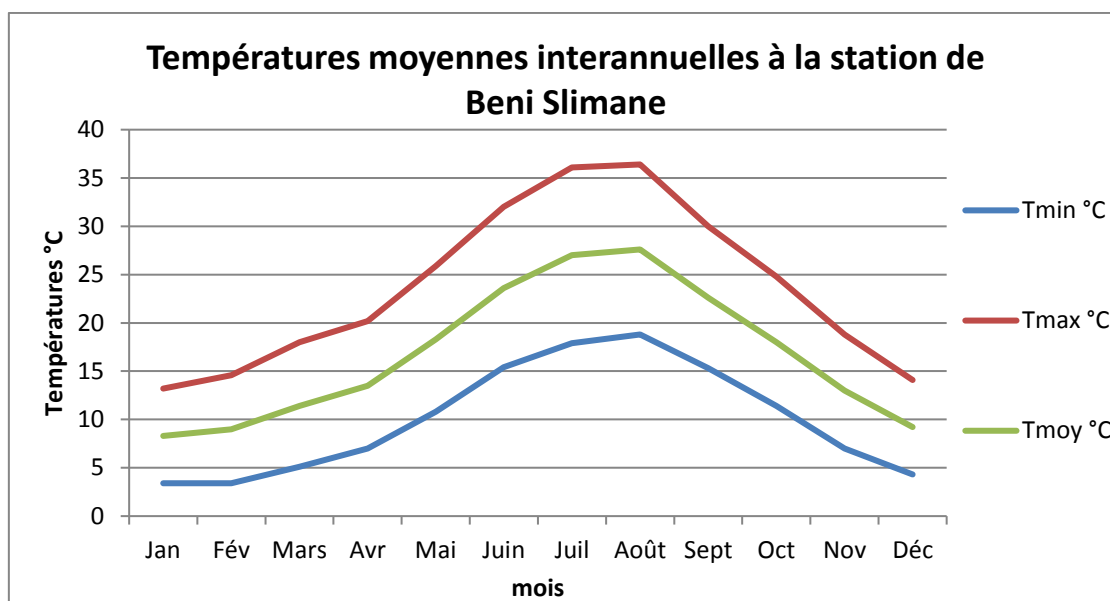


Figure I-3 : Répartition des températures moyennes interannuelles à la station de Beni Slimane

I.5.3. Humidité :

L’humidité de l’air est donnée par le tableau suivant :

Tableau I-5 : Humidité relative à la station de Médéa. Source: ANRH Blida

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Humidité %	73	74	78	73	65	61	48	49	57	73	75	81

On constate que l’humidité relative dans la région atteint 81% au mois de décembre, elle décroît en avril 73%, à juillet 48%.

I.5.4. Les vents :

C’est un facteur déterminant pour le choix du système d’irrigation, les valeurs ci-dessous représentent la vitesse moyenne du vent.

Tableau I-6 : Vitesse du vent moyenne. Source : Subdivision Agricole de Beni Slimane

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
La vitesse de vent m/s	2.9	2.1	2.9	2.7	3.0	2.5	2.9	2.5	2.6	2.1	2.2	2.8

Les vents dominants en période hivernale ont une direction dominante Ouest. En période estivale (Juillet et Août) et en Septembre, les vents sont de direction Nord-Ouest.

I.5.5. Gelée blanche :

Il est à noter que la gelée blanche est connue par ses effets néfastes sur les cultures et exultes la

pratique des cultures de primeur, les cultures sous serres (cultures protégées) et même des cultures précoces conduites d'une manière compétitive.

Tableau I-7 : Nombre de jours moyens de gelée à la station de Beni Slimane. Source : ONM 2016

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Nombre	0	0	1	6	10	7	3	1	1	0	0	0

La période des gelées dans la zone du périmètre s'étale de Novembre à Mai ; les fréquences les plus élevées sont observées au cours des mois de Décembre, Janvier et Février avec respectivement 6, 10 et 7 jours de gelée. L'année totalise en moyenne 29 jours de gelée.

I.5.6. Grêle et Neige :

Nous disposons du nombre de jours de neige et de grêle sur 20 ans (1986-2006) à la station de Beni Slimane.

Tableau I-8 : Nombre de jours de neige et grêle sur 20 ans (Station de Beni Slimane). Source : ONM 2016

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Neige	0	0	0	5	6	7	3	0	0	0	0	0
Grêle	9	1	0	2	1	2	2	2	2	1	1	0

La neige n'est pratiquement pas fréquente dans cette région. Elle a été observée au maximum 7 fois sur 20 ans au mois de février. Quelques jours (entre 3 et 6) de neige ont été observés, sur une période de 20 ans, au mois de décembre, janvier et mars.

La grêle est rare dans la région. Toutefois, le mois de septembre est celui où on a enregistré le plus de grêle (09 jours sur une période de 20 ans).

I.5.7. Le Sirocco :

En raison des propriétés que peut avoir le vent sec et chaud sur le pouvoir évaporant de l'air il est bon de signaler sa présence. Nous disposons du nombre de jours de sirocco sur 20 ans (1986-2006) à la station de Beni Slimane.

Tableau I-9 : Nombre de jours moyens de sirocco à la station de Beni Slimane. Source : ONM 2016

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août
Nombre moyen	3,40	2,55	0,10	0,25	0,55	0,20	1,15	0,75	1,70	2,85	3,45	3,85

Évaporation :

L'évaporation annuelle à la station de Beni Slimane selon la formule ANRH est de 1467mm. En période estivale, l'évaporation atteint son maximum attisée par le sirocco. Sous l'effet des températures élevées et de ce vent sec et chaud (sirocco), le sol s'assèche et l'évapotranspiration des plantes augmente, ce qui peut causer des dommages aux plantes (stress hydrique). Le pouvoir évaporant est important durant la période mai-septembre.

I.6. Les caractéristiques bioclimatiques :

Pour la classification du climat, on utilise généralement les paramètres agro- météorologiques, qui reposent sur la température et la pluviométrie de la zone.

I.6.1. Indice de Martonne :

L'indice d'aridité de Martonne est un paramètre qui permet la classification du climat en fonction d'un rapport de température sur la pluviométrie annuelle, cet indice nous renseigne sur la nécessité d'introduction de l'irrigation par rapport au climat :

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

Avec : I_A : indice climatique.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (°C)

Tableau I-10 : Classification du climat selon de Martonne

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

Dans notre cas, nous avons :

$$I_A = \frac{362.4}{16.79 + 10} \approx 13.53$$

$I^A = 13.53$ donc : $10 < I^A < 20$

D'où notre climat est sec, on conclue que l'irrigation est souvent indispensable.

I.6.2. Classification du climat selon le diagramme d'Emberger :

Le quotient pluviométrique d'Emberger s'exprime par la formule suivante :

$$Q = \frac{1000.p}{\frac{M+m}{2} \cdot (M-m)} = \frac{2.1000.p}{M^2 - m^2} \quad (\text{I-2})$$

Avec :

Q : coefficient pluviométrique d'Emberger.

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

M : moyenne des températures maximales (Kelvin).

m : moyenne des températures minimales (Kelvin).

Pour : $P=362,4\text{mm}$; $M=36,4^{\circ}\text{C}$ et $m=3,4^{\circ}\text{C}$

D' où

$$Q = \frac{2 \cdot 1000 \cdot 362,4}{(36,4 + 273)^2 - (3,4 + 273)^2} = 37,49$$

D'après le diagramme bioclimatique d'Emberger (voir Figure 4), on peut dire que le climat de notre région est un climat aride.

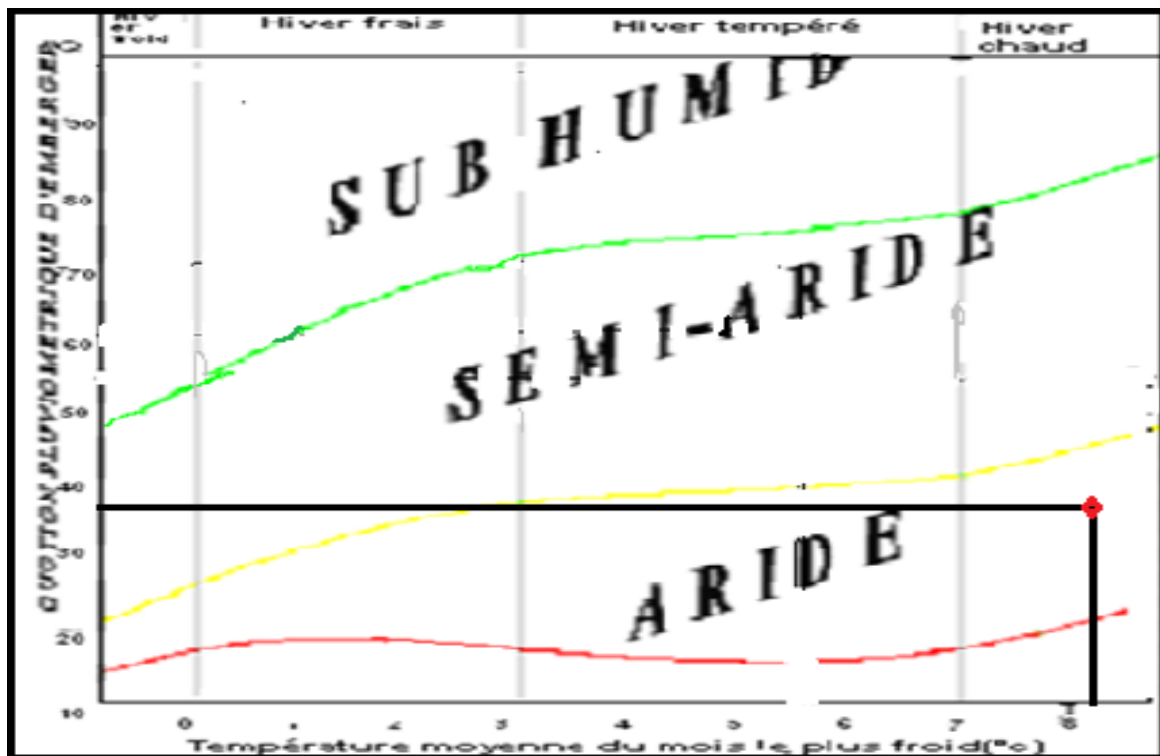


Figure I-4 : Diagramme bioclimatique d'Emberger (Station de Beni Slimane)

I.6.3. Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gaussen :

Dans cet indice, on considère qu'un mois est sec quand le cumul des précipitations exprimées en millimètre est inférieur au double de la température, c'est-à-dire quand le rapport $P/T < 2$, ce diagramme ombrothermique permet la détermination de la période sèche.

Lorsque la courbe des précipitations passe au-dessous de la courbe des températures, la période qui s'étale entre les points d'interactions des deux courbes correspond à la durée de la période sèche.

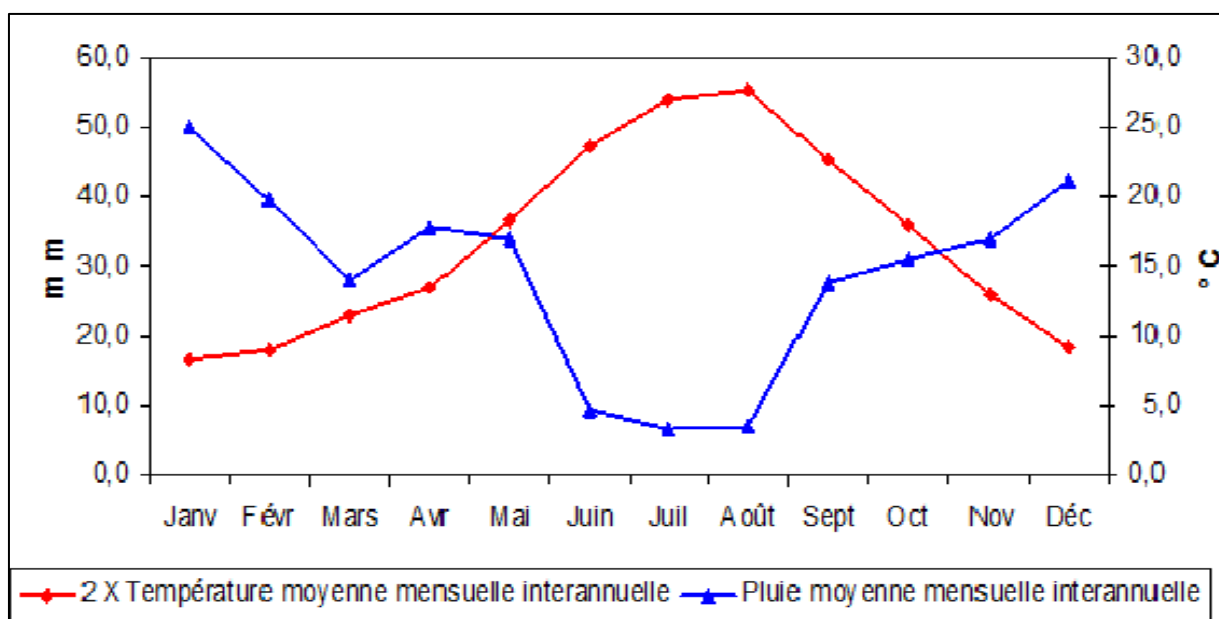


Figure I-5 : Diagramme ombrothermique (Station de Beni Slimane)

Description du graphe : Le diagramme Ombrothermique de la région révèle la présence d'une période sèche qui dépasse quatre mois, elle s'étale de mai à mois octobre de ce fait, il est indispensable d'apporter l'eau par l'irrigation à la zone d'étude notamment pendant cette période.

I.7. Etude agro-socio-économique : Argumentation du projet

I.7.1. Situation actuelle :

L'analyse de la situation actuelle de la plaine du haut Isser montre que l'activité agricole dans la zone est restée traditionnelle. Les céréales, les bovins et les ovins constituent les principales activités. On note un système de production extensif caractérisé par un taux d'occupation du sol inférieur à 1, des itinéraires techniques " traditionnels" et des niveaux de rendements faibles.

Le facteur limitant de cette situation est l'eau. Il est le déterminant de toute action de modernisation. Dans ce contexte, de pénurie d'eau, les agriculteurs du périmètre dans leur quasi-totalité pratique un système de production déterminé par un assolement biennal (céréales – jachère), en association avec l'élevage bovin et ovin. Toutefois, il est à observer, qu'avec le soutien de l'Etat aux investissements productifs agricoles, s'affirme une volonté des exploitants à diversifier leurs cultures.

I.7.2. Main d'œuvre active :

En ce qui concerne la population active et selon la DPAT de Médéa, elle est estimée à 195 465 individus et la population occupée à 154 500, ce qui donne une population sans travail de 40 965 personnes soit un taux de chômage de 20,96%.

On constate que le taux de chômage est important en particulier dans les communes qui présentent peu d'activités comme la commune de Beni Slimane qui est essentiellement à vocation agricole. Pour la commune de Beni Slimane la population occupée dans l'agriculture selon la subdivision agricole est de 8967 personnes, ce qui montre un faible taux d'occupation.

Dans le cadre du recensement général de l'agriculture (RGA, 2001) auprès des exploitations agricoles, une estimation de la main d'œuvre employée selon sa qualité (permanente ou saisonnière) a été faite et actualisée par la subdivision agricole de Beni Slimane en 2006.

Tableau I-11 : Emploi de la main d'œuvre agricole dans la commune de Beni Slimane. Source : Subdivision agricole de Beni Slimane, mars 2007

Secteur	nombre d'exploitations	main d'œuvre permanente	main d'œuvre saisonnière
Privé	1 507	3 113	5 500
EAC	18	95	60
EAI	6	10	50
EURL	2	14	49
Jeune investisseur	1	1	0
Eleveurs sans terre	25	50	25
Total		3 283	5 684

On remarque que la main d'œuvre permanente ne représente que 37% de la main d'œuvre totale agricole. Il est vrai qu'avec le système extensif pratiqué la main d'œuvre permanente ne peut être que réduite.

Le recrutement de la main d'œuvre temporaire se fait pratiquement à la saison de récolte. Pour l'opération de récolte, on constate un pic en travail d'où une offre de travail supérieur aux disponibilités des exploitations agricole.

Tableau I-12 : Main d'œuvre occupée par hectare pour les différents secteurs juridiques. Source : (calculs de ratios) Subdivision agricole de Beni Slimane, mars 2007

SECTEURS	Superficies (ha)	MOP/ HA	MOS/ HA
Privé	406	0,57	1,02
EAC	114	0,06	0,04
EAI	7	0,13	0,67
EURL	84	0,01	0,04
Total	611	0,40	0,69

Le calcul de ratios sur la main d'œuvre montre que le secteur privé présente un rapport élevé par rapport au secteur public.

I.7.3. Situation projetée :

L'objectif de la mise en irrigation est de transformer à moyen terme l'actuel système agraire biennal (céréales – jachère) en association avec l'élevage ovin en un système de polyculture – élevage réduisant, dans la mesure du possible, les céréales et encourageant les cultures intensives (maraîchères et arboriculture) et les cultures fourragères afin d'augmenter le taux d'occupation du sol. Ceci a comme principal objectif de dynamiser la croissance économique du secteur agricole qui se traduira par une élévation des revenus des agriculteurs et une offre importante en travail.

I.8. Conclusion :

Le périmètre du haut Isser jouit d'un climat de type méditerranéen aride, caractérisé par un hiver frais, et un été sec, chaud, période où le déficit en eau se fait le plus sentir.

En effet, la pluviométrie de la région avec une moyenne relevée sur 35 ans est de 362,4mm/an, sa répartition durant l'année est irrégulière où plus de la moitié des précipitations annuelles tombe durant la période de Décembre-Mars, en été les précipitations sont presque nulles et le recours à l'irrigation des terres s'impose.

Les précipitations annuelles relevées dans la zone ne permettent que la céréaliculture.

Cependant vu les potentialités agro-pédologiques de la zone d'étude, l'introduction de l'irrigation s'avère donc indispensable pour un développement des cultures et une intensification de l'agriculture.

Chapitre II. *Etude Agro-pédologique*

II.1. **Introduction :**

Le sol désigne l'ensemble hétérogène des matériaux issus de l'évolution d'un substrat minéral sous l'action combinée de facteurs climatiques (température, précipitation) et de l'activité biologique (racines de végétaux, animaux fouisseurs, accumulation de matière organique en décomposition, micro-organismes) (Gobat et al, 1998).

Avec le climat, le sol constitue le milieu dans lequel la plante se développe. Le sol est le support de la plante, les racines en occupent un volume plus ou moins important et y fixent la plante. Il est également son réservoir alimentaire ; les racines y puisent l'eau et les sels minéraux indispensables.

L'étude pédologique du périmètre a pour objectifs :

- ✓ D'apprécier les potentialités des terres vis-à-vis de l'irrigation ; en mettant l'accent sur une hiérarchie d'aptitude des différentes zones et sur l'existence de contraintes éventuelle pour l'aménagement.
- ✓ De fournir à l'ingénieur d'irrigation les données fondamentales caractérisant les relations entre le sol et l'eau ; à savoir dose d'irrigation et vitesse d'infiltration, qui conditionnent la conduite et l'organisation des arrosages.

II.2. Classification des sols :

La prospection pédologique confrontée aux résultats analytiques des sols a permis de mettre en évidence 03 classes de sols (classification française : CPCS, France 1967) réparties comme suit :

- Classe des sols peu évolués ;
- Classe des sols calcimagnésiques ;
- Classe des sols à sesquioxyde de fer.

A partir d'une multitude de profils, une carte pédologique a peut-être tracé, on utilisant un système d'information géographique (statistique multivariée).

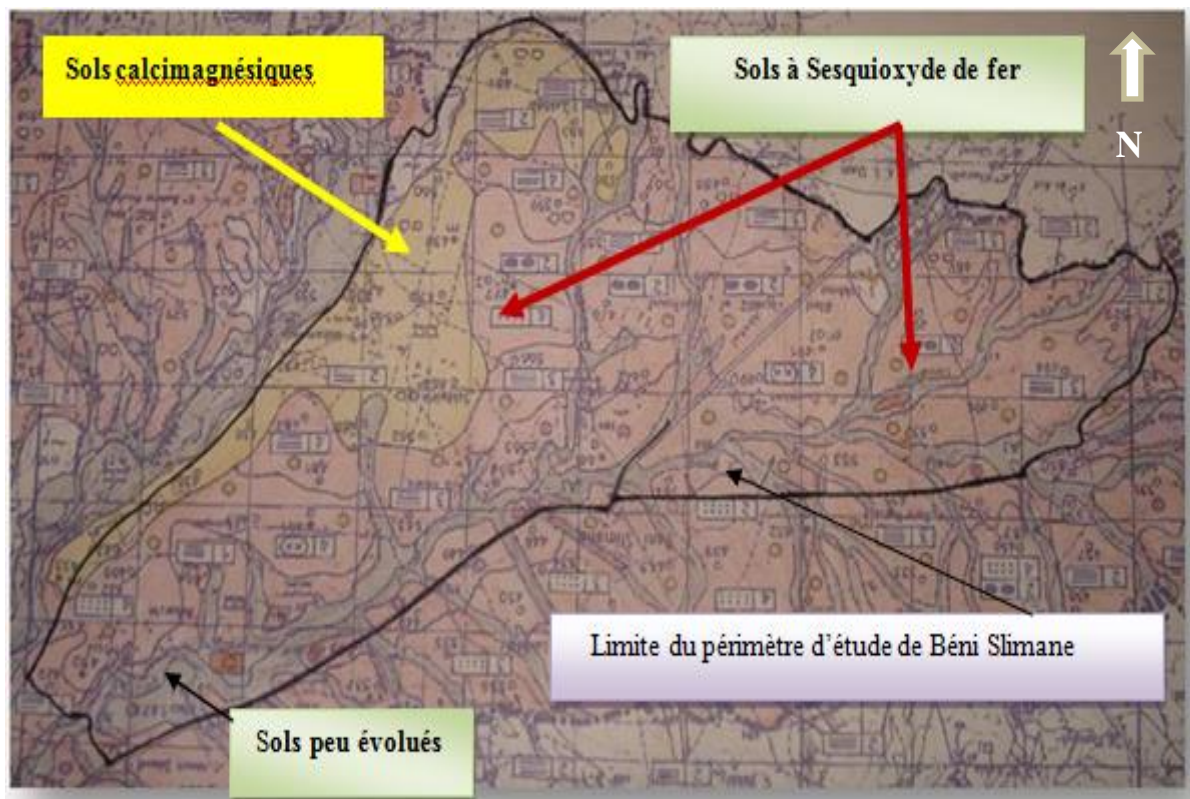


Figure II-1 : Carte pédologique de la plaine de Béni Slimane-(1/25 000) (Source : ANRH- 1976)

II.3. Caractéristiques morphologiques et analytiques des sols :

II.3.1. Les sols à sesquioxyde de fer :

Cette classe qui est la plus représentative des sols étudiés porte sur une superficie de 1494,2 Ha (56,55%) de tout le périmètre, elle est définie par un développement de profil du type A-B-C. Ces sols sont représentés par le profil 1.

Profil N°1 :

Coordonnées Lambert : X = 551,750 ; Y = 325,150.

- Localisation : Ouest de Béni Slimane ;
- Occupation du sol : Jachère ;
- Géomorphologie : terrasse récente ;
- Etat de la surface : cailloux roulés en surface ;
- Drainage : bon ;
- Relief : plane ;

Description des horizons :

0-50 cm : Horizon rouge (2,5 YR 4/6), frais, texture Argileuse, structure grumeleuse, porosité très bonne, bon enracinement, activité biologique assez bonne, non adhésive, cohésion faible, Limite inférieure graduelle et peu distincte, Réaction à l'Hcl nulle.

50-80 cm : Horizon rouge (2,5YR 4/5), texture Argileuse, structure polyédrique fine à moyenne, porosité très bonne, faible enracinement, activité biologique assez bonne, non adhésive, cohésion faible, quelques cailloux roulés, Limite inférieure nette, Réaction à l'Hcl nulle.

80-140 cm : Horizon rouge (2,5 YR 4/5), texture Argileuse à très argileuse, structure polyédrique grossière bien individualisée, porosité faible, activité biologique assez bonne, non adhésive, cohésion faible, quelques cailloux roulés à la base, Limite inférieure nette, Réaction à l'Hcl nulle.

Les caractéristiques physico-chimiques du profil sont résumées comme suit :

Tableau II-1 : Résultats des analyses physico-chimiques

Profondeur (cm)	00-50	50-80	80-140
Argiles (%)	57	66.5	71
Limons fins (%)	10	8.5	4.5
Limons grossiers (%)	16.2	14.1	16.6
Sables fins (%)	15.2	9.7	7.4
Sables grossiers (%)	1.3	1.2	0.7
Matière organique (%)	0.33	0.27	0.25
Azote total (%)	0.13	0.1	0.12
Carbone total (%)	1.96	1.62	1.46
C/N	15	16	12
pH	8.2	7.4	7.4
Conduct.P.S (mmhos/cm)	0.22	0.18	0.17
Calcaire total (%)	2.8	2.8	2.4
Calcaire actif (%)	-	-	-
P₂O₅total (ppm)	-	-	-
P₂O₅ assimilable (ppm)	27.66	Traces	Traces
K₂O total	8.2	7.4	7.4

Interprétation du tableau II-1 :

La texture générale de ces sols est Argilo-Limoneuse, argileuse à très argileuse ce qui peut représenter une contrainte pour les spéculations supportant mal les textures fines.

Il en résulte que la texture est argileuse en surface (horizon de labour d'une profondeur de 50 cm dont le taux d'argile est de 57%) et très fine en profondeur (taux d'argile 66,5 et 71%).

Le calcaire total est faible (2,4 à 2,8%) et nul pour le calcaire actif. Le pH varie de 7,60 à 8,10 en profondeur (moyenne pour tout le profil : 7,4 à 8,2).

La matière organique très faible, elle est respectivement de l'ordre de : 0,33 - 0,27 - 0,25 %. L'analyse a fait ressortir une conductivité très faible et sans effets pour les cultures agricoles.

II.3.2. Les sols calcimagnésiques :

Les sols calcimagnésiques constituent la catégorie de sols la moins représentative dans la zone d'étude (17,87%). Ces sols sont représentés par le profil 2.

Profil N°2

- Coordonnées Lambert : X= 551.050 ; Y = 324.600
- Localisation : Ouest de Béni Slimane
- Occupation du sol : Jachère
- Etat de la surface : cailloux roulés en surface
- Relief : plane

Description des horizons

Sols calcimagnésiques, carbonatés, Rendzines, modales, sur croûte, peu profond-Argilo Limoneux.

0-30 cm : Horizon brun foncé (10YR 3/2 à sec), texture Argilo Limoneuse, structure grumeleuse, porosité très bonne, bon enracinement (céréales) et bien répartie, nombreux débris de croûte, activité biologique moyenne, peu adhésive, cohésion faible, Limite inférieure nette et peu distincte, Réaction à l'Hcl ++.

30-55 cm : Croûte calcaire démantelée ;

55cm < : Croûte calcaire dure.

Tableau II-2 : Résultats des analyses physico-chimiques

Profondeur (cm)	00-30	30-55	55<
Argiles (%)	50	Croûte calcaire démantelée	Croûte calcaire dure
Limons fins (%)	22.5		
Limons grossiers (%)	15.7		
Sables fins (%)	9.1		
Sables grossiers (%)	2.4		
Matière organique (%)	0.27		
Azote total (%)	0.07		
Carbone total (%)	1.62		
C/N	23		
pH	8.13		
Conduct.P.S (mmhos/cm)	0.18		
Calcaire total (%)	18		
Calcaire actif (%)	-		

Interprétation du tableau II-2 :

La porosité de ces sols est élevée, la texture est Argileuse avec un taux de 50%. Le pH est de 8,13 alors que le C/N très élevé, la teneur en matière organique (inférieure à 1) est très faible à l'instar des sols du périmètre étudié.

Le calcaire total et actif est moyen, et la salinité reste relativement faible avec 0,18 mmhos/cm.

II.3.3. Les sols peu évolués

Les sols peu évolués sont formés d'apports d'origine mixte alluviaux et localement d'origine éolienne. Leur profil caractéristique est du type AC. L'horizon A, a une épaisseur très variable évoluant directement sur des matériaux.

Les sols de cette classe sont localisés dans le cône d'épandage de l'oued Benloulou et les chaâbets situés dans la partie nord de la zone étudiée.

Profil N°3 :

- Coordonnées Lambert : X= 559.000 Y= 327.800
- Localisation : Est de Béni Slimane
- Occupation du sol : carotte
- Géomorphologie : terrasse récente
- Etat de la surface : cailloux roulés en surface
- Drainage : bon
- Relief : plane

Description des horizons

Sols peu évolués, d'apport non climatique, d'apport alluvial, modal, sur alluvions récents, profond, limono argileux.

0-40 cm : Horizon brun (10 YR 4/2), frais, texture Limono-Argileuse à Argilo-limoneuse, structure grumeleuse, porosité très bonne, bon enracinement et bien répartie, activité biologique assez bonne, non adhésive, cohésion faible, transition graduelle et peu distincte, Hcl+.

40-60 cm : Horizon brun (10 YR 4/4), texture Argilo Limoneuse, structure polyédrique grossière, sous structure polyédrique fin, porosité, activité biologique assez bonne, consistance dure- cohésion assez forte, quelques cailloux roulés, Limite inférieure nette, Réaction à l'Hcl +.

60- 90 cm : Niveau caillouteux cimenté avec une texture Argilo Sableuse.

90cm < : graviers.

Les caractéristiques physico-chimiques sont résumées du profil comme suit :

Profondeur (cm)	00-40	40-60	60-90	>90cm
Argiles (%)	36	45	Niveau caillouteux+ texture Argilo Sableuse	Gravier
Limons fins (%)	18.5	18		
Limons grossiers (%)	22	18		
Sables fins (%)	16	12		
Sables grossiers (%)	7	7		
Matière organique (%)	0.30	0.27		
Azote total (%)	1,79	1.62		
C/N	14	16		
pH	8.2	8.1		
Conduct.P.S (mmhos/cm)	0.11	0.14		
Calcaire total (%)	2.8	2.8		
Calcaire actif (%)	0.25	0.62		
P ₂ O ₅ assimilable (ppm)	15.1	15.1		

Tableau II-3 : Résultats des analyses physico-chimiques (Profil 3)

Interprétation du tableau II-3 :

Le tableau II-3 montre que le taux d'argile varie entre 36% en surface et 45% dans le deuxième horizon, soit une moyenne de 40,5%.

Les résultats analytiques du profil nous indiquent que les horizons sont très pauvres en matières humifères, dont le taux varie entre 0,30% en surface et 0,27% en profondeur, ce qui influe considérablement sur les rendements agricoles, un recours en amendements organiques est nécessaire.

Le C/N avec une moyenne de 15 est élevé et la matière minérale est peu minéralisée. Le faible taux de calcaire total et actif, insignifiant et sans effets sur les cultures peut être dû au lessivage du calcium ou du transport par les eaux de l'oued, d'éléments non calcaires.

La salinité exprimée par la conductivité électrique est faible.

La réaction du sol est faiblement alcaline (ph compris entre 8,1 et 8,2), La teneur en P₂O₅ assimilable est très faible, ce qui nécessite un apport d'engrais minéraux.

II.4. Caractéristiques hydrodynamiques des sols du périmètre

a) Perméabilité :

La perméabilité est principalement influencée par les propriétés physiques des sols tels que la texture, la porosité, la structure et la compacité. Dans notre périmètre, les valeurs enregistrées montrent que la majorité des sols présentent des perméabilités comprises entre 5-10 mm/h, faisant partie de la gamme moyenne, néanmoins les horizons de profondeur et particulièrement ceux qui présentent une texture fine ont manifesté des perméabilités faibles à très faibles ($k < 2$ mm/h).

b) Densité apparente, densité réelle et porosité des sols :

La porosité qui présente le volume des vides par rapport au volume totale du sol ; des essais faits indiquent que la densité apparente des profils est comprise entre 1.30-1.40 et la densité réelle est comprise entre 2.0-2.2 d'où une porosité de 36-49%.

Propriétés hydrodynamiques des sols

Les propriétés hydrodynamiques sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau II-4 : Propriétés hydrodynamiques des sols

Texture	Argileux-limoneux
Capacité au champ (%)	26-27%
Point de flétrissement (%)	16%
Vitesse de perméabilité (mm/h)	7-8
Densité apparente	1,3-1.4

II.5. Aptitudes culturales des sols en irrigué

La mise en valeur des sols du périmètre par des cultures irriguées doit répondre à leur adéquation avec les caractéristiques du sol. Le choix des diverses aptitudes culturales des sols se fait généralement après une étude minutieuse des caractéristiques physico-chimiques des profils pédologiques décrits et analysés. Les facteurs limitant ont une incidence directe soit sur le choix des cultures, soit sur l'aptitude à l'irrigation ou pour les deux composantes à la fois.

Détermination des classes d'aptitudes des sols en irrigué

L'étude minutieuse des facteurs limitant (profondeur, texture, salinité et inclusions) a permis d'envisager les spéculations agricoles suivantes :

II.5.1. Aptitudes des sols aux cultures arboricoles

- **B 25** - Sols convenant bien aux pêcheurs, prunier, pommier sur douçain, figuier. Aptitude moyenne aux autres espèces arboricoles.
- **B 33** - Sols à aptitudes moyennes à toutes les cultures arbustives sauf pour les agrumes, cerisier, pommier sur franc, poirier sur franc et sur cognassier.
- **B 34** - Aptitude moyenne pour pécher sur franc et sur amandier, abricotier sur pécher, amandier, olivier et figuier, pommier.

Tableau II-5 : Aptitudes culturales pour espèces arboricoles

N°	Cultures	N°	Cultures
1	Agrumes	6	Pommier sur douçain
2	Pêcher - Abricotier sur Pêcher	7	Poirier sur franc
3	Amandier - pêcheur - Abricotier sur amandier	8	Figuier
4	Oliviers	9	Prunier
5	Pommier sur franc	10	Cerisier sur merisier

II.5.2. Aptitudes des sols aux cultures Industrielles

- **I 21** – Sols Moyens pour toutes les cultures industrielles.

Tableau II-6 : Cultures industrielles

N°	Cultures
1	Betterave à sucre
2	Coton
3	Tournesol
4	Tabac

II.5.3. Aptitude des sols aux cultures céréalières et fourragères

- **C 22** : Aptitude moyenne pour blé tendre et dur, orge, vesce-avoine, fétuque .Exclure les autres cultures.

Tableau II-7 : Numérotation des cultures céréalières et fourragères

N°	Cultures	N°	Cultures
1	Luzerne	6	Vesce-Avoine
2	Bersim	7	Ray- Grass
3	Sorgho	8	Blé dur
4	Mais	9	Blé tendre
5	Fétuque	10	Orge

II.5.4. Aptitude des sols aux cultures maraichères

- **M 25** : Moyen pour l'artichaut, tomate, choux fleur, pomme de terre, laitue, ail et aubergines.

Tableau II-8 : Numérotation des cultures maraichères

N°	Cultures	N°	Cultures
1	Artichaut	8	Laitue
2	Tomate	9	Ail
3	Oignon	10	Aubergine
4	Pomme de terre	11	Pastèque
5	Carotte	12	Melon
6	Navet	13	Piment - Poivron
7	Chou-fleur	14	/

II.6. Etude foncière : Répartition des parcelles par statut juridique

Les caractéristiques foncières du périmètre ont été étudiées suite à une enquête foncière exhaustive sur plus de 100 exploitations situées dans les limites du périmètre. Le taux de sondage est de 23%, soit 34 exploitations.

Dans la zone d'étude, 53,62 % de la superficie est en secteur public, et 46,38% en secteur privé. Le nombre d'exploitations enregistrées pour toute l'aire du projet est de 147 dont 129 exploitations soit 88 %, sont du secteur privé. Ceci est significatif, et donne une indication de la prédominance considérable du secteur privé en termes de nombre d'exploitations dans la zone enquêtée. Le tableau suivant donne la répartition des exploitations selon leur statut juridique :

Tableau II-9 : Répartition de la superficie enquêtée selon le statut juridique. Source : Dossier I-A, TEC4, 2007

Secteur	Nombre d'exploitations	Superficie	Pourcentage en exploitation (%)	Pourcentage en superficie (%)
Privé	129	283	88	46.38
Public	18	328	12	53.62
Total	147	611	100	100

2007

Structure foncière :

Structure foncière de la zone d'étude montre la forme de la propriété, Les classes suivant la base de données sont les suivantes :

- **Exploitation Agricole Collective (EAC)** : terrain qui appartient à l'Etat et exploité en usufruit par une collectivité d'agriculteur.
- **Exploitation Agricole Industrielle (EAI)** : terrain qui appartient à l'Etat et exploité par un agriculteur individuel.
- **Terre publique** : terre qui appartient à l'Etat et utilisée par des organismes ou industriel.

Tableau II-10 : Distribution du foncier par classes. Source : Dossier I-A, TEC4, 2007

Classes	Nbr d'exploitation (%)	Superficie (%)
EAC	11	29.84
EAI	4	0.51
Privé	84	46.38
Fermes pilotes	2	23.26
Totale	100	100

Les exploitations en secteur privé sont celles qui prédominent dans la zone d'étude, occupent 46.38% de la superficie totale du périmètre étudié.

II.7. Conclusion

Ce chapitre a été consacré à l'analyse agro-pédologique de la zone d'étude. Les sols appartiennent aux classes qui présentent des potentialités de mise en valeur importante.

Les analyses physico-chimiques des sols ont mis en évidence des propriétés adéquates. En effet, la majorité des sols présentent les caractéristiques suivantes :

- Texture argileuse à argileux-limoneuse.
- Sol moyenne perméable, et à bonne activité biologique avec une matière organique décelable.

De façon générale les sols présentent de bonnes aptitudes culturales à diverses spéculations agricoles les plus cultivées dans la région, ce qui constitue un avantage agronomique et une opportunité socio-économique pour l'aménagement du périmètre du haut Isser.

Chapitre III. *Ressources en eau- Hydrologie*

III.1. Introduction

Etant une ressource indispensable à la croissance des plantes, l'eau est un élément constitutif majeur de la matière végétale ; pour cela on va présenter dans ce chapitre les ressources en eau qui peuvent alimenter notre zone d'étude et d'analyser les pluies, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro-agricole. L'étude porte sur la qualité de l'eau, l'homogénéisation des séries pluviométriques, et l'étude fréquentielle des séries pluviométriques par des lois statistiques, et la détermination de l'année de calcul.

III.2. Ressources en eau superficielles : Le bassin versant de l'oued El Mallah :

Le bassin versant de l'oued El Mallah est situé dans le haut Isser à l'intérieur du bassin hydrographique de l'Isser (4950 km²). La superficie totale du bassin versant est de 178 km².

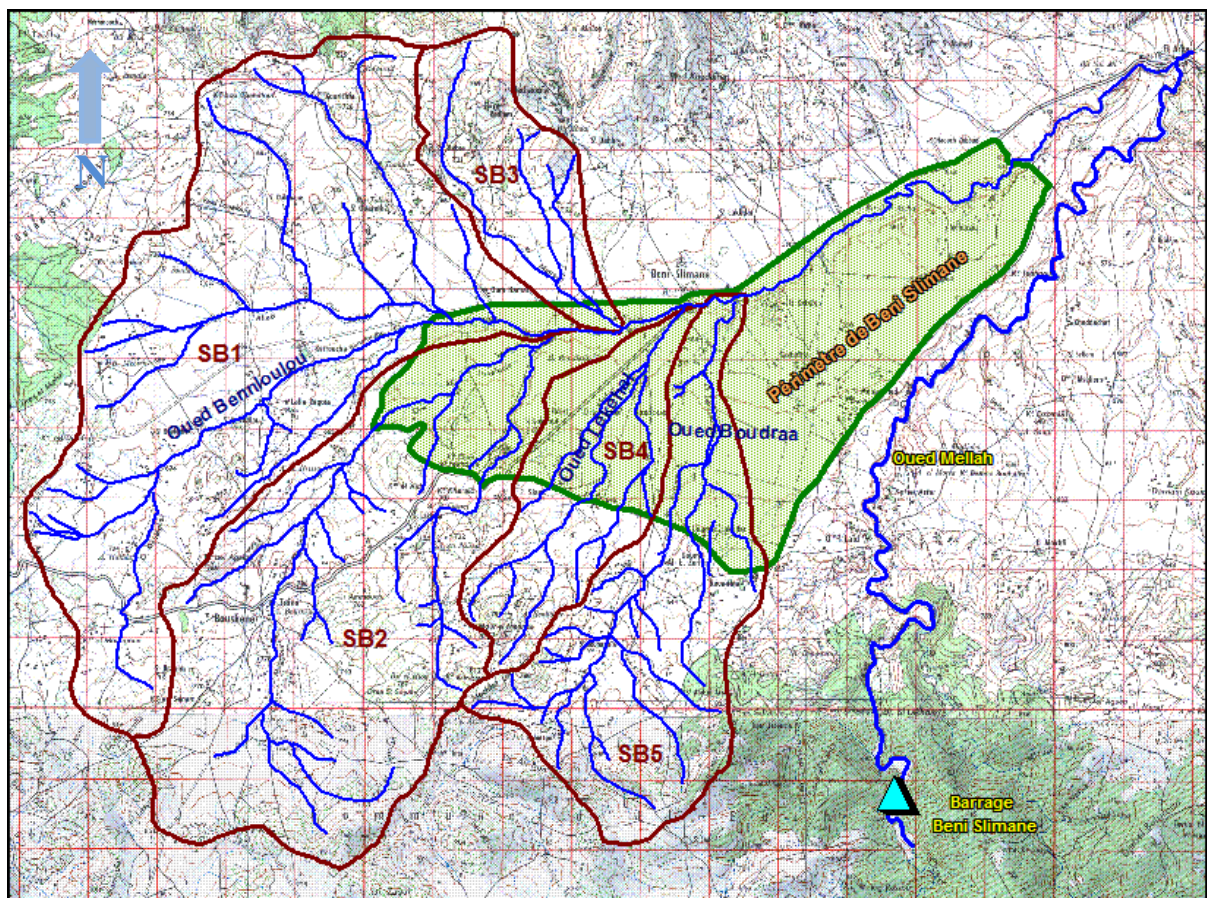


Figure III-1 : Réseau hydrographique du Haut Isser (Echelle 1/100 000 e)

Le périmètre de Beni Slimane est limité au Sud-Est par l'oued Mellah. Au Nord, par l'oued Bennloulou, qui est un affluent de l'oued Mellah, longe le périmètre d'Est en Ouest. Au sud de Beni Slimane les affluents ; oued Lekehal et oued Bou Draa traversent le périmètre

Les cours d'eau, ont une direction Sud-Est. Les lits des oueds sont profonds et stables, signe de l'arrêt de la sédimentation fluviale. Les pentes, généralement inclinées vers le Nord, oscillent de 1 à 3 %.

III.2.1. Présentation du futur Barrage de Beni Slimane

L'objectif principal de la construction du barrage de Beni Slimane est la fourniture d'eau pour l'irrigation des terrains de la région du Haut Isser permettant une intensification de son développement agricole.

Selon l'étude de faisabilité réalisée par le bureau d'étude NINHAM SHAND pour le compte de l'Agence Nationale des Barrages et Transferts (ANBT) en 2005, le site du barrage de Beni Slimane est situé à environ 7 Km au Sud de la ville de Beni Slimane. Il englobe la partie amont du bassin versant de l'oued Mellah (bassin versant de l'Isser).

Le bassin versant au droit du barrage est entouré de montagnes dont leurs élévations changent de 1 300 m NGA, dans les hauteurs du bassin versant, à environ 670 m NGA au site du barrage.

Caractéristiques hydrauliques du barrage de Beni Slimane :

Coordonnées du site du barrage :

- X = 530 686 m
- Y = 4002 225 m
- Z = 657 m

Tableau III-1 : Caractéristiques hydrauliques du barrage de Beni Slimane

Caractéristiques	valeurs
Bassin versant	178 Km ²
Capacité du barrage	23 Hm ³
Hauteur du barrage	58 m
Volume régularisé	8 Hm ³
Volume mort	4 Hm ³
Volume utile	19 Hm ³
Niveau NNR	715 m

III.2.2. Qualité de l'eau d'irrigation des eaux du barrage

Pour donner un aperçu sur la qualité de l'eau qui sera emmagasinée au futur barrage de Beni Slimane nous avons utilisé les données des analyses réalisées à l'ANRH sur des prélèvements effectués à la station hydrométrique de Beni Slimane située à environ 06 Km en aval du site du futur barrage.

L'appréciation de la qualité de l'eau pour l'irrigation nécessite la connaissance du SAR (Sodium-Absorption-Rapport) et la salinité de l'eau.

Le SAR exprime l'activité relative des ions de sodium dans les réactions d'échange dans les sols. Cet indice mesure la concentration relative du sodium par rapport au calcium et au magnésium.

Le SAR est défini par l'équation suivante :

$$\text{SAR} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \quad (\text{III-1})$$

Na : Sodium en mg équiv/l ;

Ca : Calcium en mg équiv/l ;

Mg : Magnésium en mg équiv/l.

D'autre part, à un SAR donné, le taux d'infiltration augmente avec la conductivité de l'eau donc le SAR et la conductivité devraient être utilisés en combinaison pour évaluer des problèmes potentiels.

La conductivité électrique est une propriété associée à la mobilité des ions, elle est mesurée à 25°C et exprimée en mmhos/cm.

Tableau III-2: Résultats des analyses de l'eau de la retenue de Beni Slimane

Elément	mg/l	méq/l
Ca	95,8	4,79
Mg	50,5	4,21
Na	202,0	8,78
Conductivité mmho/cm	1,45	

A.N : On trouve un SAR (méq/l) = 4,14.

III.2.3. Classification des eaux pour l'irrigation :**Classification américaine :**

La classification américaine des eaux d'irrigation est basée sur deux paramètres : la Conductivité électrique CE, et le rapport d'absorption du Sodium SAR.

Tableau III-3 : Classification des eaux en fonction de la conductivité électrique et de SAR

SAR en Méq/l		(CE) en mmho/cm	
0 – 10	Classe S1 : risque alcalin faible	$\geq 0,25$	C1 : risque faible de salinité
10 – 18	Classe S2 : risque alcalin moyen	$0,25 < CE \leq 0,75$	C2 : risque moyen de salinité
18 – 26	Classe S3 : risque alcalin élevé	$0,75 < CE \leq 2,25$	C3 : risque élevé de salinité
> 26	Classe S4 : risque alcalin très élevé	$CE > 2,25$	C4 : risque très élevé de salinité

Remarque :

Classe S1 : l'eau peut être utilisée sur pratiquement n'importe quel type de sol avec un risque minimal d'accumuler du sodium à un niveau dommageable.

Classe S2 : l'eau présente un danger appréciable d'accumuler du sodium à un niveau dommageable pour les sols ayant une texture fine et une capacité d'échange cationique (CEC) élevée.

Classe S3 : peut produire des niveaux dommageables de sodium dans pratiquement tous les types de sols.

Classe S4 : cette eau est généralement inadéquate pour l'irrigation.

- **C1** : convient pour toutes les cultures.
- **C2** : convient pour les plantes moyennement tolérantes.
- **C3** : ne convient qu'à des sols bien drainés et des plantes tolérantes.
- **C4** : eau difficilement utilisable sur sol bien drainé.

Selon cette classification l'eau de l'oued Mellah comporte des risques alcalins faibles (S1) et un risque très élevé de salinité.

Pour déterminer la classe des eaux d'irrigation de notre barrage on se base sur le diagramme de Riverside, d'après l'US Salinity Laboratory Staff (1954).

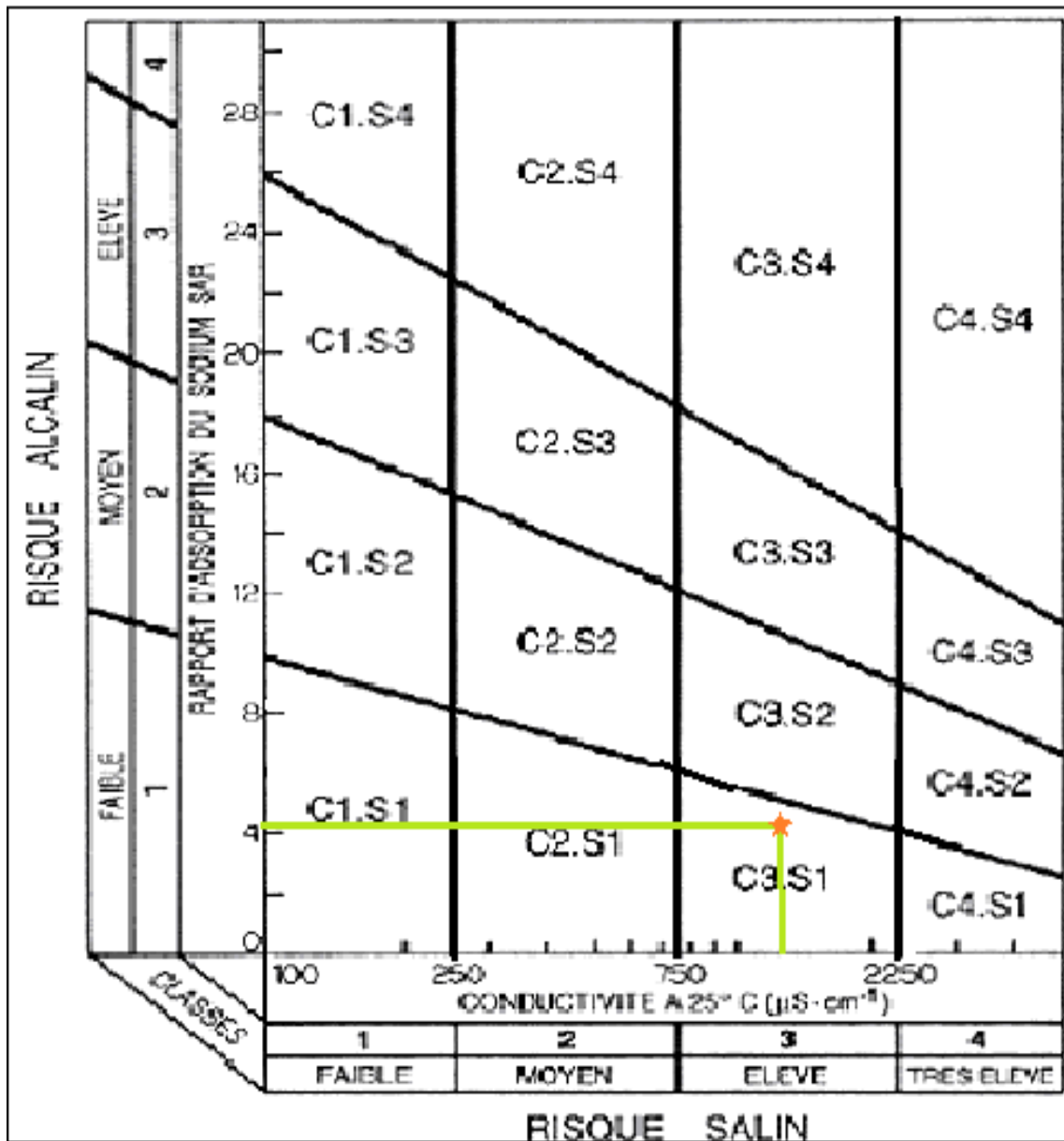


Figure III-2: Diagramme de classification des eaux d'irrigation d'après l'US Salinity Laboratory Staff (1954).

D'après ces valeurs moyennes de la conductivité électrique CE et le rapport d'absorption du sodium SAR, les eaux barrage Beni Slimane appartiennent à la classe (C3.S1) cela implique un risque de salinité.

Il ressort que l'eau de l'oued Mellah présente une salinité sur les eaux d'irrigation mais peut être utilisée pour l'irrigation avec certaines restrictions pour certaines cultures.

III.3. Étude Hydrologique

L'étude hydrologique est nécessaire dans les projets d'irrigation, elle permet de déterminer les pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro-agricole, tels que :

- Le calcul des besoins des cultures projetées dans le périmètre.
- Le dimensionnement du réseau de distribution.

III.3.1. Choix de la station pluviométrique

Les stations pluviométriques retenues pour l'estimation des précipitations dans le bassin versant ont été sélectionnées sur la base de l'emplacement géographique de ces stations et la période d'observation de ces dernières. Le tableau III-4 indique la liste des stations pluviométriques utilisées, et la figure III-3 montre l'emplacement géographique de ces mêmes stations.

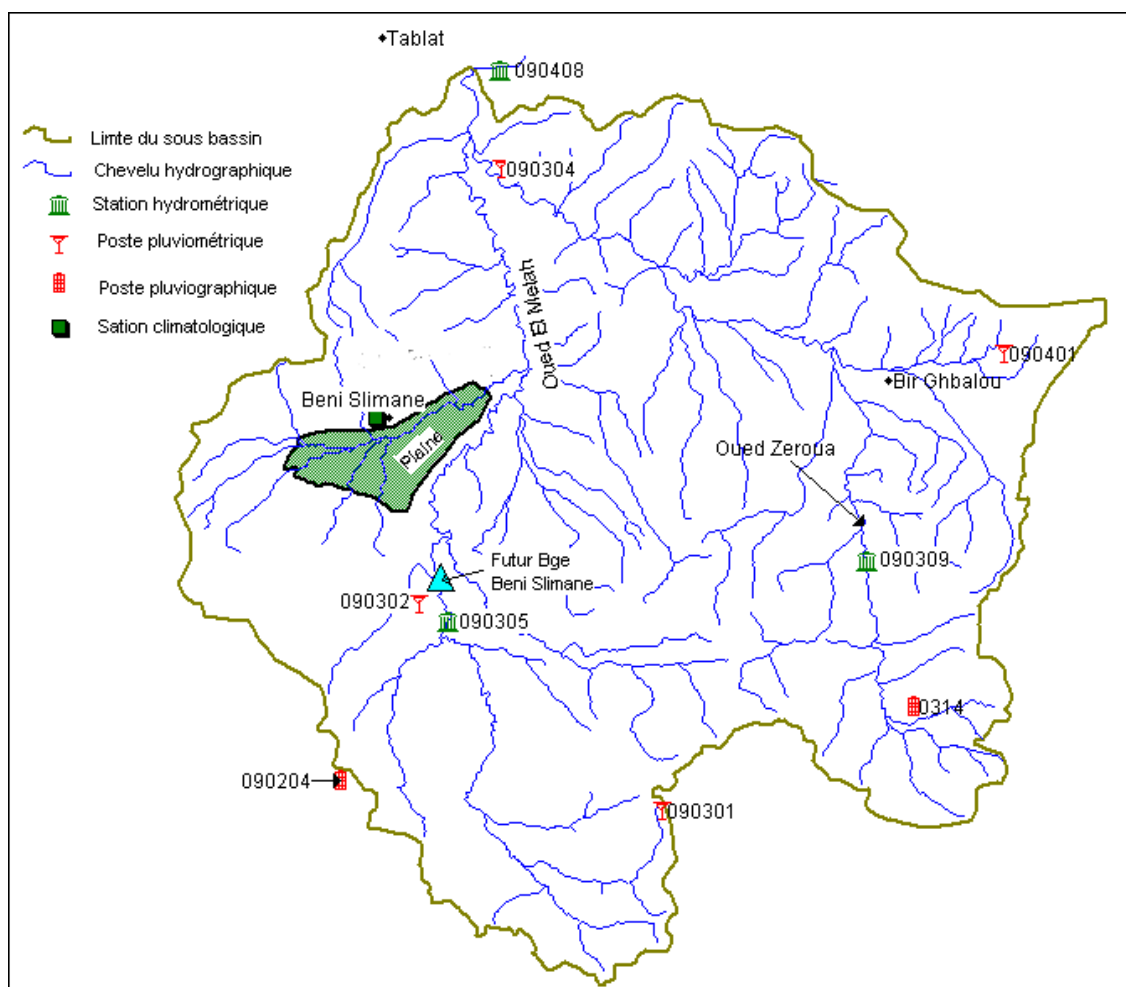


Figure III-3: Réseau d'observation pluviométrique du bassin de l'oued mellah

Tableau III-4 : Stations pluviométriques utilisées pour l'estimation des précipitations.

Nom de la station	Code	X Lam. (Km)	Y Lam. (Km)	Altitude (m)	Période d'observations
Beni Slimane	090302	557.20	322,65	600	1970 - 2006
Djouab	090301	566,95	315.55	825	1971 – 2006
Dechmya	090314	578.50	316,35	850	1974 – 2006

Pour l'exécution de l'étude hydrologique, nous avons pris en considération la station de Beni Slimane qui est proche du site et comporte une période d'observations de pluies annuelles plus longue.

Tableau III-5 : Pluies mensuelles (Station : Beni Slimane Code : 090302). Source : ANRH Alger

	sept	Oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1970	0,0	4,5	3,5	35,6	64,1	9,0	43,9	18,6	26,5	3,1	17,5	0,0	226,3
1971	8,3	12,4	96,6	19,3	165,1	90,2	75,2	60,5	3,1	20,6	0,0	1,8	553,1
1972	53,5	69,0	32,2	97,8	91,3	104,5	57,7	54,4	0,0	0,0	0,0	0,0	560,4
1973	34,1	0,0	5,5	69,6	6,5	78,2	154,2	47,4	31,5	0,0	0,0	0,0	427,0
1974	28,0	34,3	48,9	18,7	103,1	38,6	62,2	7,1	11,3	3,3	0,0	0,0	355,4
1975	8,8	0,0	97,2	29,6	29,5	86,5	45,0	63,8	68,1	26,4	40,2	11,0	506,1
1976	34,7	51,1	41,6	43,5	47,0	8,4	7,1	57,3	40,5	9,7	1,2	42,0	384,1
1977	0,0	1,3	53,3	14,1	36,0	17,4	47,7	59,5	65,8	0,0	0,0	2,0	297,1
1978	0,5	77,0	49,4	4,5	50,1	86,3	47,9	29,0	14,4	6,4	0,0	3,3	368,8
1979	71,8	55,8	44,1	41,4	85,4	10,2	62,3	67,6	16,4	0,0	0,0	0,0	455,0
1980	0,0	11,1	42,0	103,0	16,1	43,9	23,4	44,9	14,2	16,3	0,0	0,0	314,9
1981	1,6	17,3	2,1	70,9	92,1	39,2	38,7	37,7	63,7	36,4	0,0	3,8	403,5
1982	20,3	54,6	82,0	43,8	0,0	29,9	11,4	33,6	6,5	0,0	23,6	13,7	319,4
1983	1,5	3,3	16,5	22,5	30,2	71,3	24,4	38,5	21,3	17,5	0,0	3,5	250,5
1984	3,2	99,3	28,7	56,5	22,5	31,7	53,7	12,3	62,3	0,0	8,8	0,0	379,0
1985	26,3	11,7	55,0	27,9	37,1	36,5	107,5	6,5	2,9	9,7	0,0	11,1	332,2
1986	19,9	29,0	43,4	62,1	71,6	72,7	11,2	3,5	11,8	26,7	0,0	0,0	351,9
1987	0,4	25,5	60,7	29,5	9,2	22,6	31,8	37,3	24,7	4,6	2,6	0,0	248,9
1988	27,8	21,2	18,8	81,6	30,8	20,6	29,1	60,5	5,6	0,0	0,0	0,0	296,0
1989	20,4	4,5	11,6	10,0	39,4	0,0	61,7	38,4	96,3	22,4	54,0	10,2	368,9
1990	22,0	15,3	28,1	48,1	36,0	65,7	66,3	20,0	14,8	4,3	3,2	0,0	323,8
1991	5,5	70,8	6,9	4,8	83,0	8,7	57,5	61,8	77,4	19,4	21,7	0,0	417,5
1992	16,1	36,0	62,7	22,8	16,5	45,3	8,6	38,1	16,8	13,5	0,0	7,2	283,6
1993	49,7	12,3	18,8	29,8	40,1	38,0	0,0	46,4	2,5	0,0	0,0	3,7	241,3
1994	53,4	51,5	25,8	33,0	138,0	31,0	78,2	3,3	0,0	19,0	0,0	12,6	445,8
1995	15,6	33,1	10,0	8,0	30,7	77,7	29,6	80,0	43,7	51,2	12,0	9,7	401,3

1996	16,3	8,3	15,5	32,4	36,9	14,8	2,5	58,8	20,1	2,4	0,0	21,2	229,2
1997	47,1	42,6	53,3	55,9	13,0	59,6	7,8	18,1	144,2	4,5	0,0	11,5	457,6
1998	57,0	29,8	63,4	21,0	59,5	47,4	76,2	0,6	22,8	0,8	0,9	3,6	383,0
1999	35,9	16,9	26,1	66,2	27,2	11,1	14,1	22,0	12,5	0,0	0,0	0,0	232,1
2000	14,7	51,9	28,4	36,2	94,2	28,7	0,0	40,0	9,3	4,7	0,0	5,2	313,3
2001	33,0	2,2	24,9	14,9	22,8	21,3	9,7	8,4	2,0	0,0	15,9	39,6	194,7
2002	25,4	11,2	75,4	69,5	92,6	67,8	5,5	74,0	35,6	0,2	0,0	2,8	460,0
2003	78,6	89,2	50,2	93,9	38,5	9,9	28,6	36,9	92,1	0,4	20,9	15,4	554,6
2004	7,7	24,0	28,6	78,9	48,8	77,1	14,9	21,9	4,1	4,7	0,0	0,0	310,7
2005	5,7	47,1	30,5	51,0	70,4	72,0	25,5	46,2	43,8	6,9	0,0	0,0	399,2
Moy	23,5	31,3	38,4	43,0	52,1	43,7	39,5	37,6	31,4	9,3	6,2	6,5	362,4

D'après les résultats du tableau ci-dessus, on remarque une irrégularité dans la répartition des précipitations et aussi une variabilité mensuelle pour la période 1970 –2005. Ces pluies sont nettement insuffisantes pour les mois de juin, juillet et août, elles sont moyennes durant les mois de printemps et relativement maximales en hiver.

III.3.2. Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique

Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon. La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé suivant :

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

Wilcoxon a montré que la série est homogène avec une probabilité de 95% (Touaibia, 2004), si la relation ci-dessous est vérifiée.

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

Avec :

$$W_x = \sum |Rang|_x$$

W_x : Somme des rangs de sous-séries.

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

$$W_{\max} = [(N_1 + N_2 + 1) \cdot N_1 - W_{\min}] \quad (\text{III-3})$$

Les résultats du test de Wilcoxon sont détaillés comme suit :

Tableau III-6 : Test d'homogénéité de la série pluviométrique de Beni Slimane.

Rang	Série d'origine	Série Y(mm)	Série X(mm)	TRI(mm)	Xunion Y
1	226,3	283,6	226,3	194,7	Y
2	553,1	241,3	553,1	226,3	X
3	560,4	445,8	560,4	229,2	Y
4	427,0	401,3	427,0	232,1	Y
5	355,4	229,2	355,4	241,3	Y
6	506,1	457,6	506,1	248,9	X
7	384,1	383,0	384,1	250,5	X
8	297,1	232,1	297,1	283,6	Y
9	368,8	313,3	368,8	296	X
10	455,0	194,7	455,0	297,1	X
11	314,9	460,0	314,9	310,7	Y
12	403,5	554,6	403,5	313,3	Y
13	319,4	310,7	319,4	314,9	X
14	250,5	399,2	250,5	319,4	X
15	379,0		379,0	323,8	X
16	332,2		332,2	332,2	X
17	351,9		351,9	351,9	X
18	248,9		248,9	355,4	X
19	296,0		296,0	368,8	X
20	368,9		368,9	368,9	X
21	323,8		323,8	379	X
22	417,5		417,5	383	Y
23	283,6			384,1	X
24	241,3			399,2	Y
25	445,8			401,3	Y
26	401,3			403,5	X
27	229,2			417,5	X
28	457,6			427	X
29	383,0			445,8	Y
30	232,1			455	X
31	313,3			457,6	Y
32	194,7			460	Y
33	460,0			506,1	X
34	554,6			553,1	X
35	310,7			554,6	Y
36	399,2			560,4	X

En se basant sur le test de Wilcoxon, on obtient :

$$W_x = 424, \quad W_{\min} = 346,10; \quad W_{\max} = 467,90.$$

$$\text{Donc :} \quad 346,10 < W_x < 467,90$$

La condition de **M^r Wilcoxon** est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station de **Beni Slimane** est homogène.

III.3.3. Ajustement statistique des pluies

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

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

III.3.3.1. Ajustement des pluies annuelles à la loi de Gauss ou loi normale

On dit qu'une variable appartient à la distribution normale lorsque sa fonction de répartition est de la forme :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2}u^2} du \quad (\text{Fréquence au non dépassement})$$

u Est la variable réduite de Gauss .Elle est donnée par $u = \frac{x-\bar{x}}{\sigma}$

Le procédé d'ajustement consiste à :

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Calculer la fréquence expérimentale
- Variable réduite de gauss u
- Calcul des caractéristiques empiriques de loi \bar{x} , σ ; Cv ; Cs
- Tracer la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien.

Avec :

$$\text{L'équation de la droite de Henry est : } x_{p\%} = \bar{x} + \sigma \cdot u_{p\%} \quad (\text{III-4})$$

- \bar{x} : Moyenne arithmétique ;
- $x_{p\%}$: Précipitation de probabilité P% ;
- σ : Écart type ;

- Cv : Coefficient de variation ;
- Cs : Coefficient d'asymétrie ;

III.3.3.2. Ajustement à la loi log-normale (Galton) :

On dit qu'une Variable aléatoire X a une distribution log normal lorsque : $Y = \ln X$ est normal. La loi de Galton résulte de la loi normale mais rendue dissymétrique par un changement de variable. Sa fonction de répartition est donnée par :

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2}u^2} du \quad (\text{Fréquence au non dépassement})$$

Avec la valeur réduite u est donnée par : $u = \frac{\ln x - \overline{\ln x}}{\sigma_{\ln x}}$.

L'équation de la variable réduite présente sous forme de : $\ln x = \overline{\ln x} + u\sigma_{\ln x}$ est l'équation d'une droite sur un papier Gausso-logarithmique en abscisse l'échelle gaussienne et en ordonnée l'échelle logarithmique.

Procédé de l'ajustement :

- Classement des valeurs par ordre croissant.
- Calcul de la fréquence expérimentale.
- Calcul des caractéristiques empiriques de la série initiale : \bar{x} et σ ;
- Calcul des caractéristiques empiriques de la série transformée en logarithmique $\overline{\ln x}$ et $\sigma_{\ln x}$;
- Report des valeurs sur papier Gausso-logarithmique ;
- Détermination de la droite de Galton $\ln xp\% = \overline{\ln x} + u\sigma_{\ln x}$. (III-5)

Avec $xp\%$: précipitation probable à P%.

$\overline{\ln x}$: Moyenne arithmétique du log des précipitations observées.

$\sigma_{\ln x}$: La variance calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique sa formule s'écrit comme suit :

$$\delta_{\ln x} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [\ln(X_i) - \overline{\ln(X)}]^2} \quad \text{Si } n < 30. \quad (\text{III-6})$$

$$\delta_{\ln x} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} [\ln(X_i) - \overline{\ln(X)}]^2} \quad \text{Si } n \geq 30. \quad (\text{III-7})$$

III.3.3.3. Test de validité d'un ajustement

La loi choisie pour ajuster la distribution statistique de l'échantillon, ne représente qu'approximativement l'échantillon étudié, l'erreur commise en adoptant une loi donnée est une erreur d'adéquation. Il convient par conséquent de comparer l'adéquation de ces lois afin d'adopter le meilleur ajustement. L'un des tests le plus 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 :

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

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

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i} \quad (\text{III-8})$$

$\gamma : \gamma = k - 1 - m$

Avec :

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

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

Avec : χ^2 théorique = g(γ, α)

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

Pour les calculs nous avons utilisé le logiciel HYFRAN.

Tableau III-7 : Test de validité des deux ajustements.

Loi normale	Loi log normale
χ^2 calculé = 4.0	χ^2 calculé = 6.37
Degré de liberté $\gamma = 5$.	Degré de liberté $\gamma = 5$.

Après examen des ajustements obtenus, il ressort que la **loi normale** ajuste mieux la série des pluies annuelles à la station de **Beni Slimane**.

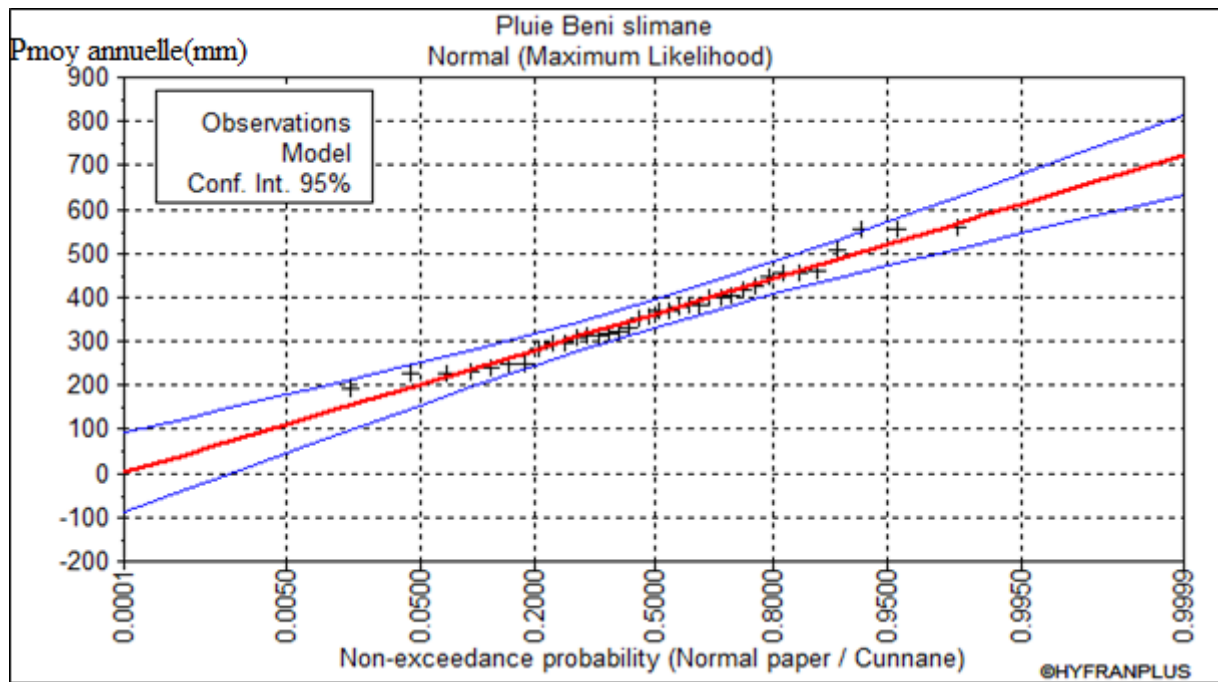


Figure III-4: Ajustement des pluies annuelles à la loi normal.

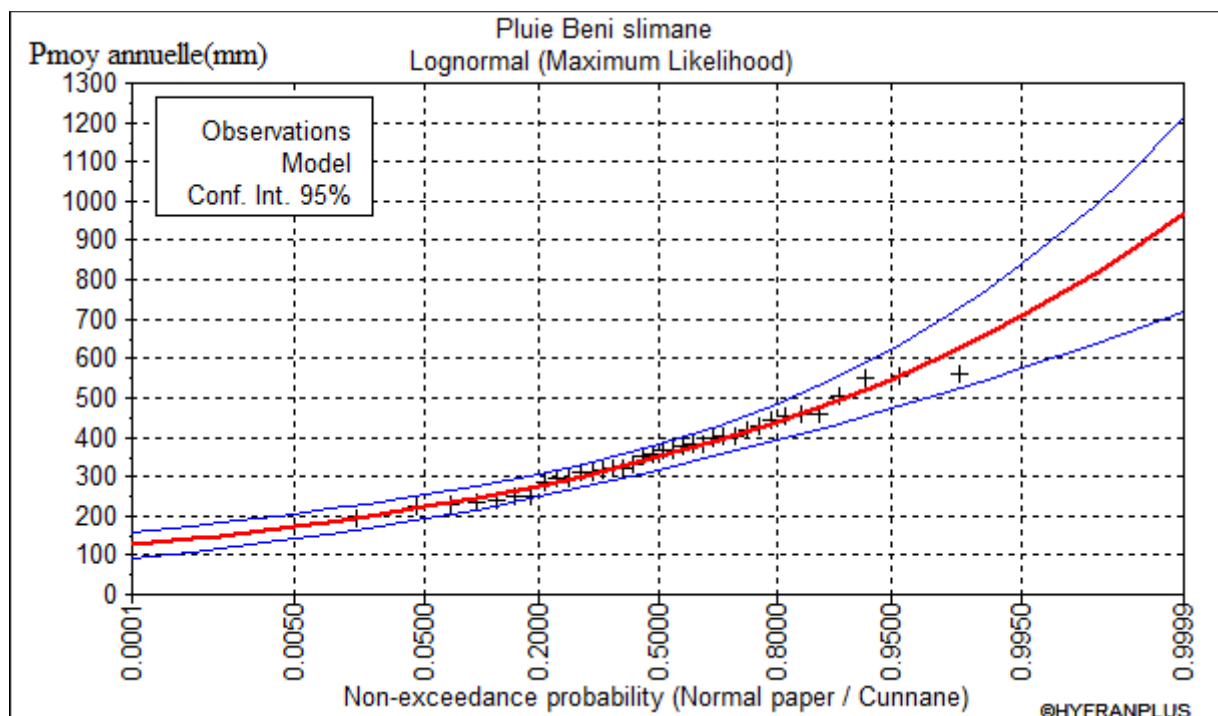


Figure III-5 : Ajustement des pluies annuelles à la loi de log-Normale

III.4. Détermination de l'année de calcul

Puisque la loi normale est la plus adéquate, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne annuelle (fréquence 80%) représentative de la région.

Tableau III-8 : Ajustement à la loi de Gauss.

T = 1/q	q = F(X) (probabilité au non-dépassement)				
P. Retour	Fréquence	Quantile	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10	0.90	489	22.5	445	533
5	0.80	446	19.3	408	484
2	0.50	364	16.5	331	396
1.25	0.2	282	19.3	244	319

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

$$P_{\text{moy } 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} \times \frac{P_{\text{théorique (80\%) annuelle}}}{P_{\text{théorique (50\%) annuelle}}}; \quad (\text{III-9})$$

9)

$P_{\text{théorique de 50\%}} = 364\text{mm}$, et $P_{\text{théorique de 80\%}} = 282\text{mm}$;

$P_{\text{moy } 80\%} = 0.775 \times P_{\text{moy-mensuelle}}$.

Tableau III-9 : Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (freq= 80%)

Mois	Jan	Fév	Mars	avri	Mai	Juin	juil.	Aou	sept	Oct	nov	déc.
P_{moy} mm/mois	52,1	43,7	39,5	37,6	31,4	9,3	6,2	6,5	23,5	31,3	38,4	43,0
$P_{\text{moy } 80\%}$ mm/mois	40,38	33,87	30,61	29,14	24,34	7,21	4,81	5,04	18,21	24,26	29,76	33,33

III.5. Conclusion :

L'irrigation est une application nécessaire pour compléter les faibles apports de précipitations naturelles pendant la période sèche, et pour assurer le bon développement des cultures, et d'obtenir de rendements meilleurs.

Dans ce chapitre, dédié à l'analyse des ressources en eau. Les eaux du barrage de Beni Slimane qui alimentent notre périmètre appartiennent à la classe **C3S1**, avec une faible alcalinité, et une salinité moyenne. Pour cela, il est recommandé de majorer les besoins en eau d'irrigation en prenant en compte des doses de lessivage, afin de mieux lutter contre la

salinisation

de

sols.

Chapitre IV. *Calcul des besoins en eau des cultures*

IV.1. Introduction

Le sol sans eau, n'est qu'un support inerte pour la plante, car privé d'eau le végétal ne peut pas se développer. De plus les phénomènes de transformation et de décomposition de la matière organique ne se manifestent pas en absence de l'eau. Par conséquent, l'eau est un agent essentiel de la formation du sol et de sa productivité.

Dans les zones, où les pluies sont insuffisantes. Il est nécessaire d'évaluer les besoins en eau des cultures, afin de déterminer les volumes d'eau à apporter par l'irrigation au cours de la saison de croissance pour assurer aux plantes un approvisionnement hydrique adéquat et continu.

A chaque phase de la croissance d'une plante, les besoins en eau varient, pour chaque culture et selon les différents périodes de développement végétatif ; car la consommation en eau des cultures dépend de différents éléments climatiques : la température, l'humidité de l'air, le vent et l'ensoleillement.

IV.2. Besoins en eau des cultures

Les cultures pour se développer, puisent du sol, l'eau et les éléments nutritifs, la quantité d'eau donnée à la culture n'est pas totalement 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.

IV.2.1. Evaluation des besoins en eau des plantes cultivées

Dans un premier temps, la détermination des besoins en eau d'une culture nécessite :

- La connaissance de divers paramètres concernant aussi bien la plante elle-même que les données climatiques et pédologiques de la région.
- Les données climatiques donneront les indications concernant les besoins en eau des cultures.
- Les paramètres pédologiques permettront d'estimer la réserve en eau utile du sol ; et les données culturales préciseront la réserve facilement utilisable par la plante.

IV.2.2. Calcul de l'évapotranspiration

En condition de stress hydrique, les stomates se ferment. Il y a alors arrêt de l'absorption de gaz carbonique et donc de la photosynthèse. Pour que la plante continue à fonctionner normalement durant la journée, elle doit prélever de l'eau dans le sol. Il existe donc pour les plantes une **demande en eau** qui ne pourra être satisfaite que si l'offre du sol le permet.

La demande est fonction des conditions climatiques ; elle est caractérisée par une **évapotranspiration de référence ET_0** exprimée en mm/j.

Pour une culture donnée, il existe une **évapotranspiration maximale ETM** différente d' ET_0 car elle dépend du stade phénologique de la culture (une culture peu couvrante évapore moins qu'une culture pleinement développée).

La quantité d'eau perdue par une culture constitue l'**évapotranspiration réelle ETR** .

Elle varie à la fois avec les conditions météorologiques, le type de culture, les stades phénologiques et les conditions d'humidité du sol. Selon que l'offre sera plus ou moins limitant, ETR sera inférieure ou égale à ETM .

▪ Comment obtenir l' ET_0 ?

L'évapotranspiration de référence (ET_0) était estimée à partir d'un gazon tondu fréquemment à 10 cm et bien alimenté en eau.

Il existe deux méthodes pour estimer l' ET_0 :

- ✓ Les méthodes directes « instruments et appareils »
- ✓ Les méthodes indirectes « utilisation des formules empiriques ».

Vu la complexité de la mise en œuvre d'un dispositif de mesure de l'évapotranspiration potentielle et à défaut de mesures directes, il est toujours préférable d'utiliser des formules empiriques suffisamment variées, et adaptées à différents climats.

Formule Modifiée de Penman Monteith

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

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{C_{ste}}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (IV-1)$$

Avec:

ET_0 : évapotranspiration de référence [mm jour⁻¹],

R_n : rayonnement net à la surface de la culture [MJ m⁻² jour⁻¹],

G : densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m⁻² jour⁻¹],

T : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [$^{\circ}\text{C}$]

u_2 : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s^{-1}],

e_s : pression de vapeur saturante [kPa],

e_a : pression de vapeur réelle [kPa],

$e_s - e_a$: déficit de pression de vapeur saturante [kPa],

D : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [$\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$],

g : constante psychrométrique [$\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$].

Pour l'exécution des calculs, nous avons appliqué le logiciel CROPWAT, où nous avons introduit les données mensuelles de la station météorologique de Beni Slimane :

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

Les résultats de l'évapotranspiration de référence ET_0 calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 sont récapitulés dans le tableau IV-1.

Tableau IV-1 : Evapotranspiration de référence (ET_0) de la zone d'étude

Pays : Algérie		Station : BENI SLIMANE					
Altitude : 600m.		latitude : 36.00°N		Longitude : 3.00 °E			
Mois	Temps min °C	Temps max °C	Humidité %	Vent m/s	Insol Heures	Radiation MJ/m ² .jour	ET_0 -penman mm/mois
Janvier	3.4	13.2	73	3.9	6.5	10.3	49,93
Février	3.4	14.6	74	3.1	7.0	13.0	54,29
Mars	5.1	18.0	78	3.9	7.5	16.6	82,22
Avril	7	20.2	73	3.7	7.5	19.2	103,48
Mai	10.8	25.9	65	4.5	8.0	21.5	157,11
Juin	15.4	32.0	61	3.5	11.0	26.3	197,57
Juillet	17.9	33.1	48	3.1	10.0	24.5	217,31
Août	18.8	33.4	49	3.2	9.5	22.5	210,40
Septembre	15.3	30.0	57	3.4	8.0	18.1	163,47
Octobre	11.4	24.8	73	4.3	7.0	13.8	70,62
Novembre	7.0	18.8	75	3.2	7.0	11.2	49,56
Décembre	4.3	14.1	81	3.8	6.0	9.1	37,24
Moy	10.0	23.2	67	3.6	7.9	17.2	116.1

Comment obtenir l'ETM ?

Pour estimer l'évapotranspiration maximale (ETM) à partir de l'évapotranspiration de référence (ET_0), souvent appelée ETP, on utilise les coefficients culturaux (K_c), dépendant du type de la culture et de son stade de développement et des conditions climatiques qui y règnent.

L'évapotranspiration maximale (ETM) est mesurée expérimentalement et comparée à une évapotranspiration de référence (ET_0) d'où l'on tire :

$$K_c = ETM / ET_0 \quad (IV-2)$$

IV.3. La pluie efficace :

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

Plusieurs méthodes permettent de calculer ces pluies, mais ici nous retenons la méthode de pourcentage détaillée comme suit :

$$\text{Pluies efficaces (en mm/mois)} = A \times \text{Pluies totales (mm/mois)} \quad (\text{IV-3})$$

Avec : **A** : coefficient estimé à 0,8.

Les valeurs moyennes mensuelles de P_{eff} sont regroupées dans le tableau suivant:

Tableau IV-2 : Précipitation efficace dans la zone d'étude.

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
P (mm)	18,21	24,26	29,76	33,33	40,38	33,87	30,61	29,14	24,34	7,21	4,81	5,04
P_{eff} (mm)	14,57	19,41	23,81	26,66	32,30	27,10	24,49	23,31	19,47	5,77	3,85	4,03

IV.4. Choix des cultures :

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

- Les conditions climatiques de la région étudiée.
- La qualité et disponibilité de l'eau d'irrigation.
- L'aptitude culturale des sols basée sur l'étude pédologique.

Pour l'établissement du calendrier cultural adaptable aux diverses condition du périmètre d'étude périmètre haut Isser, 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.

IV.4.1. Occupation des sols :

Avant d'évaluer les besoins en eau des cultures de la zone d'étude, il faut d'abord définir l'occupation et la répartition culturale dans le périmètre, en tenant compte des différentes contraintes d'ordre climatique, social, Agro pédologique.

Les scénarios d'occupation des sols retenus pour le projet sont donnés par le tableau suivant :

Tableau IV-3 : Scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre.

Scénario	Céréales %	Fourrages %	Maraichage %	Arboriculture %	Total %
1	70	15	10	5	100
2	40	15	35	10	100
3	35	15	40	10	100

Cultures proposées :

Tableau IV-4 : Système de cultures proposées à la zone de Beni Slimane.

CULTURES		
Céréaliculture	Blé dur	
	Blé tendre	
	Orge grain	
Cultures fourragères	Orge en vert	
	Luzerne	
	Mais fourrager	
	Avoine	
Légumes secs	Fève sèche	
Maraichage	Pomme de terre saison	
	Pomme de terre arrière-saison	
	Tomate	
	Oignon sec	
	Oignon vert	
	Ail	
	Melon	
	Carotte	
	Piment	
	Petit pois	
	Chou vert	
	Cultures arboricoles à noyaux	Pêcher (pleine production)
		Olivier (pleine production)
Cultures arboricoles à pépins	Pommier (pleine production)	

On propose d'élaborer un modèle d'occupation selon le scénario n°2 qui est une occupation équilibrée entre les céréales et les cultures maraichères et cela vu les modèles d'exploitation et les vocations agricoles de la région.

IV.4.2. Assolements des cultures

L'assolement est la division des terres d'une exploitation agricole en parties distinctes, appelées soles consacrées chacune à une culture donnée pendant une saison culturale. Dans chaque sole, les cultures peuvent varier d'une année à l'autre.

La rotation est la succession culturale ou rotation, qui est une notion différente. Donc L'assolement est la diversité géographique des cultures à un moment donné.

La rotation culturale est un élément important du maintien ou de l'amélioration de la fertilité des sols et donc un atout pour l'augmentation des rendements. On peut ainsi avoir des rotations biennales, triennales, quadriennale... .

IV.4.3. Avantages de la rotation des cultures

- ✓ Elle contribue à rompre le cycle vital des organismes nuisibles aux cultures, en particulier la succession de plantes de familles différentes (par exemple alternance de graminées et de plantes oléifères, type blé et colza) permet de rompre avec le cycle de certaines adventices ;
- ✓ Grâce aux systèmes racinaires différents, le profil du sol est mieux exploré, ce qui se traduit par une amélioration des caractéristiques physiques du sol et notamment de sa structure, et donc de la nutrition des plantes ;
- ✓ L'emploi de légumineuses permet l'ajout d'azote symbiotique dans le sol. D'une façon générale, la composition des différents résidus de cultures participe à la qualité de la matière organique du sol.

La rotation culturale a donc un effet important sur la vie du sol et la nutrition des plantes.

Pour notre part, nous avons choisi un assolement biennal, qui vise l'intensification des céréales, étant donné que le périmètre Beni Slimane est une entité agricole qui a pour objectifs l'intensification et la diversification des cultures céréalières et fourragères.

Dans notre cas, nous avons retenu le scénario, qui permet de mieux diversifier les cultures et les rotations des cultures.

L'assolement proposé est détaillé comme suit :

Tableau IV-5 : Assolement proposé pour le périmètre du Beni Slimane.

Assolement 1	Assolement 2
Blé – Avoine	Orge en vert
Mais	Orge grain
Luzerne/Avoine	Blé
Ail + Oignon vert	Tomate
Pomme de terre	Haricot (s)
Tomate	Ail + Oignon vert
Choux	Petits pois
Carotte	Concombre
Arboriculture	Arboriculture
Olivier+pêcher+pommier	Olivier+pêcher+pommier

Le cycle végétatif des cultures envisagées est détaillé dans le tableau IV-6 :

Tableau IV-6 : le cycle végétatif des cultures envisagées

CULTURES / MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOUT
BLE / AVOINE			←									
ORGE GRAIN			←									
ORGE EN VERT			←									
MAIS												
TOMATE												
P DE TERRE AR SAIS												
LUZERNE												
OIGNON / AIL												
CHOUX												
CAROTTE												
HARICOT												
COMCOMBRE												
PETIT POIS												
PECHER												
POMMIER												
OLIVIER												

IV.5. Définition des besoins en eau d'irrigation nette d'une culture

C'est la quantité d'eau nécessaire à fournir à une culture pour satisfaire les besoins en eau durant tout son cycle végétatif. Cette quantité ne comprend ni les apports naturels, ni les diverses pertes subies pendant les stockages, les transports et la distribution, ni les besoins de lessivage.

IV.5.1. Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures

$$B = ETM - (P_{\text{eff}} + K.RFU_{i-1}) \quad (\text{IV-4})$$

Avec :

K : coefficient qui dépend des conditions climatologiques

B : besoin en eau d'irrigation (mm).

ETM : évapotranspiration (mm/mois).

P_{eff} : pluie efficace

RFU_{i-1} : c'est la réserve facilement utilisable par les cultures, dans cette approche elle exprime l'humidité du sol du mois précédent accessible aux cultures. Le calcul de la RFU se fait comme suit :

$$RFU = Y (H_{cc} - H_{pf}) . Da . Z. \quad (\text{IV-5})$$

Y : degré de tarissement.

Da : densité apparente (1.35).

Z : profondeur d'enracinement mm.

H_{cc} : humidité à la capacité au champ, dans notre cas. On prend (27%)

H_{pf} : humidité au point de flétrissement, dans notre cas. On prend (16%)

P_{eff} : pluie efficace.

➔ L'irrigation est faite lorsque **B** (bilan hydrique) > 0

Les différents besoins des cultures pour l'assolement proposé sont calculés comme suit :

IV.5.1.1. Estimation des besoins en eau des céréales

Pour chaque culture on calcule les besoins suivant le stade végétatif :

Tableau IV-7 : Calcul des besoins en eau du Blé/Avoine.

blé/avoine									
Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
Septembre	18,21	14,57	163,47						
Octobre	24,26	19,41	70,62						
Novembre	29,76	23,81	49,56	0,30	29,70	6,47	0,40	19,82	0,00
Décembre	33,33	26,66	37,24	0,50	49,50	29,70	0,70	26,07	0,00
Janvier	40,38	32,30	49,93	0,50	49,50	49,50	0,85	42,44	0,00
Février	33,87	27,10	54,29	0,60	59,40	49,50	0,95	51,58	0,00
Mars	30,61	24,49	82,22	0,60	59,40	19,80	1,00	82,66	50,58
Avril	29,14	23,31	103,48	0,60	59,40	19,80	1,05	108,65	87,39
Mai	24,34	19,47	157,11	0,60	59,40	19,80	1,03	161,82	163,40
Juin	7,21	5,77	197,57	0,60	59,40	19,80	0,5	98,79	97,62mois de récolte
Juillet	4,81	3,85	217,31						
Août	5,04	4,03	210,40						

Tableau IV-8 : Calcul des besoins en eau de l'orge grain.

Orge grain									
Mois	P moy (mm)	Peff (mm)	ET (mm/mois)	Z (m)	RFU_ THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B (mm)
Septembre	18,21	14,57	163,47						
Octobre	24,26	19,41	70,62						
Novembre	29,76	23,81	49,56	0,30	29,70	6,47	0,50	24,78	0,00
Décembre	33,33	26,66	37,24	0,50	49,50	14,85	0,70	26,07	0,00
Janvier	40,38	32,30	49,93	0,50	49,50	49,50	0,85	42,44	0,00
Février	33,87	27,10	54,29	0,60	59,40	24,75	0,95	51,58	0,00
Mars	30,61	24,49	82,22	0,60	59,40	19,80	0,85	69,89	34,13
Avril	29,14	23,31	103,48	0,60	59,40	19,80	0,75	77,61	46,00
Mai	24,34	19,47	157,11		59,40	19,80	0,75	117,83	104,75
Juin	7,21	5,77	197,57						Mois de récolte
Juillet	4,81	3,85	217,31						

Août	5,04	4,03	210,40						
------	------	------	--------	--	--	--	--	--	--

IV.5.1.2. Estimation des besoins en eau des cultures maraichères :

Tableau IV-9 : Calcul des besoins en eau de la pomme de terre (saison).

Pomme de terre (S)									
Mois	P moy(mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B (mm)
Septembre	18,21	14,57	163,47						0,00
Octobre	24,26	19,41	70,62	0,40	39,60	0,00	0,50	35,31	21,20
Novembre	29,76	23,81	49,56	0,60	59,40	13,20	0,70	34,69	0,00
Décembre	33,33	26,66	37,24	0,60	59,40	19,80	1,00	37,24	0,00
Janvier	40,38	32,30	49,93	0,60	59,40	19,80	0,75	37,45	0,00
Février	33,87	27,10	54,29						0,00
Mars	30,61	24,49	82,22						0,00
Avril	29,14	23,31	103,48						0,00
Mai	24,34	19,47	157,11						0,00
Juin	7,21	5,77	197,57						0,00
Juillet	4,81	3,85	217,31						0,00
Août	5,04	4,03	210,40						0,00

Tableau IV-10 : Calcul des besoins en eau de la carotte.

Carotte									
Mois	P moy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B (mm)
Septembre	18,21	14,57	163,47	0,30	29,70	0,00	0,42	68,66	72,12
Octobre	24,26	19,41	70,62	0,40	39,60	9,90	0,70	49,43	26,83
Novembre	29,76	23,81	49,56	0,50	49,50	13,20	0,81	40,14	4,18
Décembre	33,33	26,66	37,24	0,60	59,40	16,50	0,77	28,67	0,00
Janvier	40,38	32,30	49,93	0,70	69,30	29,70	0,57	28,46	0,00
Février	33,87	27,10	54,29						0,00
Mars	30,61	24,49	82,22						0,00
Avril	29,14	23,31	103,48						0,00
Mai	24,34	19,47	157,11						0,00
Juin	7,21	5,77	197,57						0,00
Juillet	4,81	3,85	217,31						0,00
Août	5,04	4,03	210,40						0,00

Tableau IV-11 : Calcul des besoins en eau du concombre.

Concombre									
Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B (mm)
Septembre	18,21	14,57	163,47						
Octobre	24,26	19,41	70,62						
Novembre	29,76	23,81	49,56						
Décembre	33,33	26,66	37,24						
Janvier	40,38	32,30	49,93						
Février	33,87	27,10	54,29						
Mars	30,61	24,49	82,22						
Avril	29,14	23,31	103,48						
Mai	24,34	19,47	157,11	0,40	39,60	7,77	0,38	59,70	43,28
Juin	7,21	5,77	197,57	0,45	44,55	13,20	0,57	112,61	124,86
Juillet	4,81	3,85	217,31	0,50	49,50	0,00	0,85	184,71	241,15
Août	5,04	4,03	210,40	0,60	59,40	0,00	0,85	178,84	233,08

Tableau IV-12 : Calcul des besoins en eau du chou.

Choux									
Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B (mm)
Septembre	18,21	14,57	163,47	0,30	29,70	0,00	0,50	81,74	89,56
Octobre	24,26	19,41	70,62	0,40	39,60	9,90	0,70	49,43	26,83
Novembre	29,76	23,81	49,56	0,50	49,50	13,20	0,95	47,08	13,43
Décembre	33,33	26,66	37,24	0,60	59,40	16,50	0,80	29,79	0,00
Janvier	40,38	32,30	49,93						0,00
Février	33,87	27,10	54,29						0,00
Mars	30,61	24,49	82,22						0,00
Avril	29,14	23,31	103,48						0,00
Mai	24,34	19,47	157,11						0,00
Juin	7,21	5,77	197,57						0,00
Juillet	4,81	3,85	217,31						0,00
Août	5,04	4,03	210,40						0,00

Tableau IV-13 : Calcul des besoins en eau de la tomate.

Tomate									
Mois	P moy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B (mm)
Septembre	18,21	14,57	163,47						0,00
Octobre	24,26	19,41	70,62						0,00
Novembre	29,76	23,81	49,56						0,00
Décembre	33,33	26,66	37,24						0,00
Janvier	40,38	32,30	49,93						0,00
Février	33,87	27,10	54,29						0,00
Mars	30,61	24,49	82,22	0,70	69,30	9,03	0,50	41,11	10,12
Avril	29,14	23,31	103,48	0,90	89,10	23,10	0,85	87,96	55,39
Mai	24,34	19,47	157,11	1,20	118,80	29,70	1,15	180,68	175,34
Juin	7,21	5,77	197,57	1,20	118,80	0,00	0,90	177,81	229,39
Juillet	4,81	3,85	217,31						
Août	5,04	4,03	210,40						

Tableau IV-14 : Calcul des besoins en eau de l'Oignon/ail.

Oignon/ail									
Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B (mm)
Septembre	18,21	14,57	163,47						
Octobre	24,26	19,41	70,62	0,40	39,60	0,00	0,50	35,31	21,20
Novembre	29,76	23,81	49,56	0,40	39,60	13,20	0,75	37,17	0,22
Décembre	33,33	26,66	37,24	0,40	39,60	13,20	0,95	35,38	0,00
Janvier	40,38	32,30	49,93	0,40	39,60	13,20	0,95	47,43	2,57
Février	33,87	27,10	54,29	0,40	39,60	13,20	0,75	40,72	0,56
Mars	30,61	24,49	82,22						
Avril	29,14	23,31	103,48						
Mai	24,34	19,47	157,11						
Juin	7,21	5,77	197,57						
Juillet	4,81	3,85	217,31						
Août	5,04	4,03	210,40						

Tableau IV-15 : Calcul des besoins en eau de l'haricot

Haricot									
Mois	P moy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_THE O	RFU_REE L	KC	ETM	B (mm)
Septembre	18,21	14,57	163,47	0,70	69,30	0,00	0,90	147,12	176,74(mois de récolte)
Octobre	24,26	19,41	70,62						
Novembre	29,76	23,81	49,56						
Décembre	33,33	26,66	37,24						
Janvier	40,38	32,30	49,93						
Février	33,87	27,10	54,29						
Mars	30,61	24,49	82,22						
Avril	29,14	23,31	103,48						
Mai	24,34	19,47	157,11	0,4	39,60	7,77	0,4	62,84	47,47
Juin	7,21	5,77	197,57	0,50	49,50	6,49	0,50	98,79	115,37
Juillet	4,81	3,85	217,31	0,50	49,50	24,75	0,65	141,25	150,20
Août	5,04	4,03	210,40	0,70	69,30	0,00	0,95	199,88	261,13

Tableau IV-16 : Calcul des besoins en eau des petits pois.

Petit pois									
Mois	P moy (mm)	Peff(mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B (mm)
Septembre	18,21	14,57	163,47						
Octobre	24,26	19,41	70,62						
Novembre	29,76	23,81	49,56						
Décembre	33,33	26,66	37,24	0,40	39,60	7,94	0,50	18,62	0,00
Janvier	40,38	32,30	49,93	0,70	69,30	19,80	0,80	39,94	0,00
Février	33,87	27,10	54,29	0,70	69,30	34,65	1,00	54,29	0,00
Mars	30,61	24,49	82,22	0,70	69,30	23,10	0,95	78,11	40,69
Avril	29,14	23,31	103,48	0,70	69,30	23,10	0,50	51,74	7,10
Mai	24,34	19,47	157,11						
Juin	7,21	5,77	197,57						
Juillet	4,81	3,85	217,31						
Août	5,04	4,03	210,40						

IV.5.1.3. Estimation des besoins en eau des cultures fourragères :

Tableau IV-17 : Calcul des besoins en eau de la luzerne

Luzerne									
Mois	P moy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B (mm)
Septembre	18,21	14,57	163,47	0,4	39,60	0,00	0,50	81,74	89,56
Octobre	24,26	19,41	70,62	0,40	39,60	13,20	0,65	45,90	17,73
Novembre	29,76	23,81	49,56	0,70	69,30	13,20	0,70	34,69	0,00
Décembre	33,33	26,66	37,24	0,90	89,10	23,10	0,80	29,79	0,00
Janvier	40,38	32,30	49,93	1,00	99,00	44,55	0,90	44,94	0,00
Février	33,87	27,10	54,29	1,20	118,80	33,00	0,95	51,58	0,00
Mars	30,61	24,49	82,22	1,20	118,80	39,60	1,05	86,33	29,66
Avril	29,14	23,31	103,48	1,20	118,80	39,60	1,05	108,65	60,99
Mai	24,34	19,47	157,11	1,20	118,80	39,60	1,15	180,68	162,14
Juin	7,21	5,77	197,57	1,20	118,80	39,60	1,20	237,08	255,62
Juillet	4,81	3,85	217,31	1,2	118,80	39,60	1,05	228,18	246,30
Août	5,04	4,03	210,40	1,2	118,80	39,60	1,05	220,92	236,38

Tableau IV-18 : Calcul des besoins en eau du maïs fourrager.

Maïs									
Mois	P moy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B (mm)
Septembre	18,21	14,57	163,47						
Octobre	24,26	19,41	70,62						
Novembre	29,76	23,81	49,56						
Décembre	33,33	26,66	37,24						
Janvier	40,38	32,30	49,93						
Février	33,87	27,10	54,29						
Mars	30,61	24,49	82,22						
Avril	29,14	23,31	103,48	0,60	59,40	8,16	0,45	46,57	20,12
Mai	24,34	19,47	157,11	0,80	79,20	19,80	0,55	86,41	62,85
Juin	7,21	5,77	197,57	1,00	99,00	26,40	1,15	227,21	260,05
Juillet	4,81	3,85	217,31	1,00	99,00	0,00	0,90	195,58	255,64
Août	5,04	4,03	210,40						

Tableau IV-19 : Calcul des besoins en eau de l'orge en vert.

Orge en vert									
Mois	P moy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B (mm)
Septembre	18,21	14,57	163,47						
Octobre	24,26	19,41	70,62						
Novembre	29,76	23,81	49,56	0,30	29,70	6,47	0,30	14,87	0,00
Décembre	33,33	26,66	37,24	0,50	49,50	29,70	0,30	11,17	0,00
Janvier	40,38	32,30	49,93	0,50	49,50	49,50	0,50	24,97	0,00
Février	33,87	27,10	54,29	0,60	59,40	49,50	0,50	27,15	0,00
Mars	30,61	24,49	82,22	0,60	59,40	29,70	1,00	82,22	37,38
Avril	29,14	23,31	103,48	0,60	59,40	19,80	1,15	119,00	101,19
Mai	24,34	19,47	157,11	0,70	69,30	19,80	1,00	157,11	157,12
Juin	7,21	5,77	197,57						
Juillet	4,81	3,85	217,31						
Août	5,04	4,03	210,40						

IV.5.1.4. Estimation des besoins en eau de l'Arboriculture :

Tableau IV-20 : Calcul des besoins en eau de l'olivier.

Olivier									
Mois	P moy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B (mm)
Septembre	18,21	14,57	163,47	1,50	148,50	0,00	0,85	138,95	165,84
Octobre	24,26	19,41	70,62	1,50	148,50	0,00	0,85	60,03	54,16
Novembre	29,76	23,81	49,56	1,50	148,50	49,50	0,75	37,17	0,00
Décembre	33,33	26,66	37,24	1,50	148,50	49,50	0,65	24,21	0,00
Janvier	40,38	32,30	49,93	1,50	148,50	148,50	0,65	32,45	0,00
Février	33,87	27,10	54,29	1,50	148,50	148,50	0,65	35,29	0,00
Mars	30,61	24,49	82,22	1,50	148,50	49,50	0,65	53,44	0,00
Avril	29,14	23,31	103,48	1,50	148,50	49,50	0,65	67,26	0,00
Mai	24,34	19,47	157,11	1,50	148,50	49,50	0,65	102,12	44,20
Juin	7,21	5,77	197,57	1,50	148,50	49,50	0,80	158,06	137,05
Juillet	4,81	3,85	217,31	1,50	148,50	0,00	0,85	184,71	241,15
Août	5,04	4,03	210,40	1,50	148,50	0,00	0,85	178,84	233,08

Tableau IV-21 : Calcul des besoins en eau du pêcher.

Pecher									
Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B (mm)
Septembre	18,21	14,57	163,47	1,50	148,50	0,00	0,55	89,91	100,45
Octobre	24,26	19,41	70,62	1,50	148,50	49,50	0,55	38,84	0,00
Novembre	29,76	23,81	49,56	1,50	148,50	49,50	0,55	27,26	0,00
Décembre	33,33	26,66	37,24	1,50	148,50	74,25	0,75	27,93	0,00
Janvier	40,38	32,30	49,93	1,50	148,50	74,25	0,75	37,45	0,00
Février	33,87	27,10	54,29	1,50	148,50	74,25	0,75	40,72	0,00
Mars	30,61	24,49	82,22	1,50	148,50	49,50	0,75	61,67	0,00
Avril	29,14	23,31	103,48	1,50	148,50	49,50	0,55	56,91	0,00
Mai	24,34	19,47	157,11	1,50	148,50	49,50	0,55	86,41	23,25
Juin	7,21	5,77	197,57	1,50	148,50	49,50	0,55	108,66	71,19
Juillet	4,81	3,85	217,31	1,50	148,50	0,00	0,55	119,52	154,23
Août	5,04	4,03	210,40	1,50	148,50	0,00	0,55	115,72	148,92

Tableau IV-22 : Calcul des besoins en eau du pommier.

Pommier									
Mois	Pmoy (mm)	Peff (mm)	ETP (mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B (mm)
Septembre	18,21	14,57	163,47	1,50	148,50	0,00	0,70	114,43	133,15
Octobre	24,26	19,41	70,62	1,50	148,50	0,00	0,70	49,43	40,03
Novembre	29,76	23,81	49,56	1,50	148,50	49,50	0,70	34,69	0,00
Décembre	33,33	26,66	37,24	1,50	148,50	49,50	0,70	26,07	0,00
Janvier	40,38	32,30	49,93	1,50	148,50	148,50	0,70	34,95	0,00
Février	33,87	27,10	54,29	1,50	148,50	74,25	0,70	38,00	0,00
Mars	30,61	24,49	82,22	1,50	148,50	49,50	0,80	65,78	0,00
Avril	29,14	23,31	103,48	1,50	148,50	49,50	0,85	87,96	20,19
Mai	24,34	19,47	157,11	1,50	148,50	49,50	0,85	133,54	86,10
Juin	7,21	5,77	197,57	1,50	148,50	0,00	0,70	138,30	176,71
Juillet	4,81	3,85	217,31	1,50	148,50	0,00	0,70	152,12	197,69
Août	5,04	4,03	210,40	1,50	148,50	0,00	0,70	147,28	191,00

IV.5.1.5. Calcul des besoins en eau pour les Assolements 1 et 2 :

Tableau IV-23 : Récapitulatif des besoins pour l'assolement 1.

Mois	Blé	Mais	Luzerne	Oignon vert	Pomme de terre	tomate	choux	carotte	Arboriculture	Bes/max	total
Septembre	0,00	0,00	89,56	0,00	0,00	0,00	89,56	72,12	399,44	399,44	650,68
Octobre	0,00	0,00	17,73	21,20	21,20	0,00	26,83	26,83	40,03	40,03	153,836
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	13,43	4,18	0,00	13,43	17,8288
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
Janvier	0,00	0,00	0,00	2,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,57	2,5726667
Février	0,00	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56	0,562
Mars	50,58	0,00	29,66	0,00	0,00	10,12	0,00	0,00	0,00	50,58	90,353333
Avril	87,39	20,12	60,99	0,00	0,00	55,39	0,00	0,00	20,19	87,39	244,09
Mai	163,40	62,85	162,14	0,00	0,00	175,34	0,00	0,00	153,55	175,34	717,27773
Juin	97,62	260,05	255,62	0,00	0,00	229,39	0,00	0,00	318,95	318,95	1161,64
Juillet	0,00	255,64	246,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	593,08	593,08	1095,0207
Août	0,00	0,00	236,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	572,99	572,99	809,376

Mois	Orge en vert	Orge grain	Blé	Tomate	Haricot (s)	Oignon vert	Petits pois	Concombre	Arboriculture	Bes/max	Somme
Septembre	0,00	0,00	0,00	0,00	176,74	0,00	0,00	0,00	399,44	399,44	576,18
Octobre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,20	0,00	0,00	40,03	40,03	61,24
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,22	0,22
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,57	0,00	0,00	0,00	2,57	2,57
Février	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	0,56	0,56
Mars	37,38	34,13	50,58	10,12	0,00	0,00	40,69	0,00	0,00	50,58	172,90
Avril	101,19	46,00	87,39	55,39	0,00	0,00	7,10	0,00	20,19	101,19	317,27
Mai	157,12	104,75	163,40	175,34	47,47	0,00	0,00	43,28	153,55	175,34	844,90
Juin	0,00	0,00	97,62	229,39	115,37	0,00	0,00	124,86	318,95	318,95	886,20
Juillet	0,00	0,00	0,00	0,00	150,20	0,00	0,00	241,15	593,08	593,08	984,43
Août	0,00	0,00	0,00	0,00	261,13	0,00	0,00	233,08	572,99	572,99	1067,20

IV.5.2. Calcul du débit spécifique

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

D'après les deux tableaux on prend le débit spécifique de l'Assolement 1 car il est le plus exigeant

$$q_s = \frac{B_{net} \cdot 10 \cdot 1000}{N_j \cdot N_i \cdot 3600 \cdot E_i} \text{ l/s/ha} \quad (IV-6)$$

Bnet : besoin net du mois de pointe en mm/mois.

Ni : nombre des heures d'irrigation=24h

Nj : nombre de jours du mois de pointe =30 jours

Ei : Efficience d'irrigation

D'où les besoins de pointe correspondent au mois de juin (Assolement 1), soient donc 1161.64mm/mois.

Il y a un risque de surdimensionnement car le débit spécifique calculé est très important : ($q_s=5.98 \text{ l/s/ha}$).

Pour y remédier, nous avons trois méthodes pour estimer le débit spécifique :

- ✓ Prendre la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures ;
- ✓ Prendre en considération le débit spécifique de la culture la plus exigeante
- ✓ Prendre en considération la moyen des débits spécifiques des cultures les plus exigeantes ;

Pour notre cas, étant donne la surface importante du périmètre, la prise en compte du débit de la culture la plus exigeante risque d'aboutir à un surdimensionnement inutile.

Pour y remédier, on prend le débit spécifique moyen des cultures les plus exigeantes :

Le débit spécifique moyen est de : 1.20 l/s/ha

Ce débit est largement inférieur à 1,5 l/s/ha donc le choix de ce débit reste valable.

Donc le débit spécifique pour le périmètre du Beni Slimane est de **1.2** l/s/ha.

IV.5.3. Evaluation du débit caractéristique

Le calcul des débits caractéristiques permet de définir le débit maximum que le système de desserte aura à fournir pour l'irrigation de chaque parcelle, déterminé en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile, voir la formule suivante :

$$Q_{car} = q_s \cdot S$$

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

S : la superficie nette à irriguer = 611.29ha

$$Q_{car} = q_s \cdot S = 1.2 \cdot 611.29 = 733,21/s.$$

IV.6. Estimation des besoins en eau totaux du secteur :

La connaissance des volumes totaux d'irrigation est indispensable, elle permet de prévoir les volumes d'eau stockés dans la retenue et d'effectuer un meilleur calendrier d'arrosage.

Étant donné, que nous avons pris en considération un assolement biennal, nous avons calculé les besoins en eau pour l'assolement le plus exigeant, en plus des besoins de l'arboriculture (hors assolement).

Tableau IV-25 : Besoin en eau d'irrigation des cultures.

Assolement 1					
Culture	Superficies (ha)	Besoins nets (m³/ha)	Efficienc	Besoins bruts (m³/ha)	Besoins totaux (m³)
Blé/ avoine	244,5	4221,4733	0,75	5628,63111	1376200,31
Mais	45,8	5986,6444	0,75	7982,19259	365584,421
Luzerne	45,8	5965,34	0,75	7953,78667	364283,429
Oignon Vert	53,8	245,53333	0,75	327,377778	17612, 9244
Pomme de terre (saison)	64,2	212,02667	0,75	282,702222	18149, 4827
Tomate	32,1	4702,4733	0,75	6269,96444	201265,859
Chou vert	32,1	1298,2267	0,75	1730,96889	55564,1013
Carotte	32,1	1031,3467	0,75	1375,12889	44141,6373
Arboriculture	61,1	20982,4	0,75	27976,53	1709366,19
Besoin total					4152168,348

On remarque que le volume total des besoins en eau de notre périmètre est de $4,15\text{hm}^3$. Ce volume peut être déduit du barrage de Beni Slimane puisque le volume régularisé est de 8Hm^3 .

IV.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exposé les besoins en eau de notre périmètre. Le choix des cultures s'est fait sur une base tenant compte de plusieurs facteurs : pédologiques et climatologiques.

Après le choix de l'assolement des cultures, l'estimation des besoins en eau de chaque culture s'est fait sur la base de l'évapotranspiration par la méthode de Penman.

Enfin, nous avons estimé les volumes d'eau à apporter par l'irrigation au cours de la période de la croissance pour assurer aux plantes un approvisionnement hydrique adéquat et continu.

Chapitre V. *Etude du système d'adduction*

V.1. **Introduction :**

La conception d'un périmètre exige en premier lieu une gestion rationnelle et efficace d'un système d'irrigation et une organisation convenable de ce système, depuis sa conception jusqu'à sa gestion en passant par son exploitation et sa maintenance.

Le système d'adduction est la première tâche à laquelle doit se préoccuper l'ingénieur, puisque tous les systèmes d'irrigation dépendent du tracé et de la conception des conduites du réseau d'adduction.

V.2. **Présentation du périmètre du haut Isser :**

Le périmètre d'irrigation se situe dans la partie amont du bassin de l'oued Isser (Haut Isser), il s'étend longitudinalement sur environ 10 km et sur une profondeur moyenne de 2,5 km. Sa limite Sud est la RN 18 sur l'axe Bouira – Berrouaghia. La ville de Sidi Slimane se situe excentrée côté Nord au milieu du périmètre, encaissée entre le piémont du djebel Tchaïf du côté Nord et celui du djebel Bourached du côté Sud.

Les côtes varient entre 620-640 mNGA au Sud – Ouest et environ 580-600 mNGA dans le reste du périmètre, à l'exception d'une petite superficie à l'extrémité Est où les côtes s'approchent aux 650 mNGA (cote maximale irrigable).

Le périmètre est divisé en 3 grands secteurs, suivant certains critères tels que :

- La recherche des limites coïncidant avec celles des parcelles, identifiées lors de l'enquête foncière a été favorisée.
- La recherche d'une meilleure exploitation du périmètre par rapport à sa position de la source d'eau ou du barrage.
- Proximité entre les parcelles : pour assurer des secteurs compacts.
- La recherche de limites physiques telles que oueds, routes, etc.

Les superficies, cote de la tête, cote maximale, cote minimale et cote moyenne de chacun des secteurs sont montrées dans le tableau suivant :

Tableau V-1 : Caractéristiques des secteurs du périmètre du Haut Isser.

SECTEUR	SUPERFICIE (ha)	COTE DE LA TÊTE DU SECTEUR (m)	COTE MAXIMALE (m)	COTE MINIMALE (m)	COTE MOYENNE (m)
1	404,42	589	604,00	557,15	585,69
2	611,29	614	650,00	588,14	615,20
3	251,87	624	640,68	586,00	627,72

Dans notre thèse, nous nous intéressons à l'aménagement hydro agricole du secteur 2, tel que détaillée dans la figure suivante :

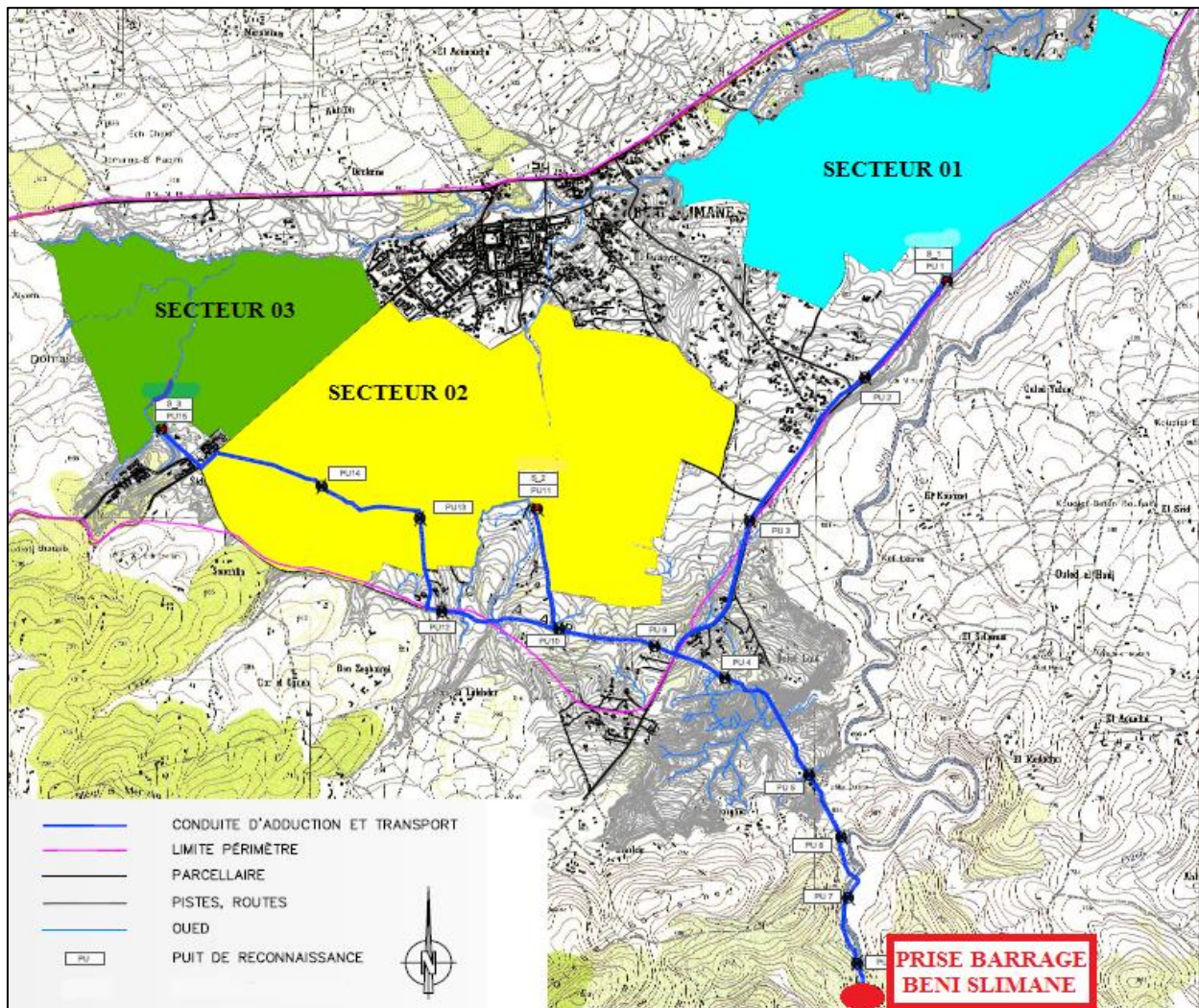


Figure V-1 : Présentation du périmètre du Haut Isser et ses secteurs d'irrigation.

V.3. Alimentation en eau du périmètre :

L'eau du système d'irrigation sera fournie par le barrage de Beni Slimane situé à environ 7 Km au Sud de la ville de Beni Slimane. Ce barrage en cours de réalisation aura une capacité utile d'exploitation de 23 hm³, une cote de crête de 715 m NGA, avec une cote minimale d'exploitation pour l'irrigation de 690 m. Cette cote a été établie pour garantir la dotation d'eau pour l'irrigation (8 hm³).

V.4. Organisation du périmètre : îlots d'irrigation

Le terme « îlot d'irrigation » décrit l'unité hydro-agricole alimentée par une seule prise d'irrigation (borne) qui représente le point limite du système de distribution ou l'administration du réseau d'irrigation intervenant dans la gestion de l'eau.

Les secteurs sont partagés entre plusieurs îlots, choisis entre parcelles adjacentes. Les limites des îlots, répondent à la réalité territoriale, en respectant les marges des parcelles et les voies de communication.

En matière de superficie et nombre de parcelles, les critères établis sont décrits ensuite :

- La taille maximale des îlots sera comprise entre 50 et 70 ha.
- L'îlot présentera un maximum de 10 parcelles (pour un même îlot).

La limitation de taille maximale des îlots répond aux critères hydrauliques et d'équipement. La limitation du nombre de parcelles par îlot répond, en outre, à critères de gestion. La plupart du périmètre est représentée par îlots de 4 ou 6 parcelles ce qui facilite la distribution des tours d'irrigation et le comptage de consommations.

V.4.1. Implantation des bornes (Plan de bornage) :

L'emplacement des bornes d'irrigation est le premier problème auquel doit s'attaquer le projecteur. En effet une forte densité améliore les conditions de travail des agriculteurs en diminuant les longueurs de canalisation mobile de surface, mais il en résulte une augmentation importante des frais d'installation du réseau fixe. Une trop faible densité accroît le travail de montage et de transport de canalisation mobiles.

On admet généralement que l'implantation des bornes répond aux critères suivants :

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

V.4.1.1. Rôle et fonction de la borne d'irrigation :

La borne d'irrigation constitue un appareil compact, plus particulièrement étudié pour les réseaux fonctionnant à la demande, et cumulant les fonctions suivantes :

- ✓ Desserte de l'eau à un ou plusieurs usagers disposant chacun d'une prise individuelle.
- ✓ Régulation de la pression avale, de manière à assurer au matériel mobile d'irrigation des conditions de fonctionnement stable, quel que soit l'état de la demande sur le reste du réseau.
- ✓ Limitation du débit prélevé, et comptage des volumes débités par chaque prise.

V.4.1.2. Tracé du réseau

Une fois qu'on a établi le plan de bornage, il est exigé de relier le plus économiquement possible les différentes bornes à l'origine du réseau. La méthode classiquement mise en œuvre comprend trois phases successives :

a. 1ere phase : tracé par proximité

Nous recherchons tout d'abord le tracé de longueur minimum ayant pour sommets les seules bornes du réseau.

b. 2ème phase : Tracé à 120°

En créant de nouveaux sommets distincts des bornes, on peut améliorer le tracé précédent en diminuant sa longueur. Les sommets ont au maximum trois arêtes incidentes et les angles des arêtes incidentes sont égaux à 120°.

c. 3ème phase : le tracé économique

Le tracé à 120° correspond au tracé de longueur minimum après création éventuelle de sommets intermédiaires distincts des bornes. Il est possible de raccourcir la longueur des conduites de

diamètre important, quitte à augmenter celles de petit diamètre.

V.5. Modalités de distribution :

V.5.1. Distribution à la demande :

Cette technique laissant le choix à l'agriculteur d'utiliser sa propre borne ou prise d'irrigation en temps opportun, ce mode est très complexe, car les appels de débits sont totalement aléatoires.

V.5.2. Distribution au tour d'arrosage :

C'est un mode de desserte spécifique et très rigide, à module fixe et uniforme sur tout le réseau, chaque irrigant pourra irriguer au cours d'un tour d'eau, pendant une durée proportionnelle à la surface irriguée. On distingue :

- a) **Tour d'arrosage à la borne :** Chacune des bornes du réseau reçoit un débit correspondant au débit fictif continu des superficies irriguées qu'elles desservent, chaque borne est équipée d'un limiteur de débit commun aux différentes prises.
- b) **Tour d'arrosage à l'antenne :** Dans le cas des petites propriétés, les modules disponibles lors de l'application des modalités précédentes, pourront être trop faibles, d'où l'option de regrouper plusieurs bornes sur une seule antenne donnée.

V.6. Calcul du débit aux bornes :

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

$$Q_b = q_s \cdot S \quad (V-1)$$

Q_b = Débit de chaque ilot (l/s)

q_s = Débit spécifique (l/s/ha)

S = Superficie de l'ilot (ha)

V.6.1. Choix du diamètre de la borne

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

Tableau V-2 : Choix du diamètre de la borne.

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

Le calcul des débits des prises et des bornes est présenté dans le tableau suivant :

Tableau V-3 : Calcul des débits des ilots et du diamètre de la borne

Ilot	Code parcelle	Superficie planimétrique (ha)	Débit (l/s)	Matériel	Corp. de régulation (mm)	Type de borne et bec de sortie
1	Borne1	3,29	3,948	FONTE	80	1 x borne d'irrigation type a
	18279a	1,21	1,452			1 x bec de sortie type DN 65
	18278a	2,09	2,508			1 x bec de sortie type DN 65
2	Borne2	0,91	1,092	FONTE	80	1 x borne d'irrigation type a
	18274a	0,91	1,092			1 x bec de sortie type DN 65
3	Borne3	1,03	1,236	FONTE	80	1 x borne d'irrigation type a
	18271a	0,42	0,504			1 x bec de sortie type DN 65
	18269a	0,62	0,744			1 x bec de sortie type DN 65
4	Borne4	0,75	0,9	FONTE	80	1 x borne d'irrigation type a
	18267a	0,37	0,444			1 x bec de sortie type DN 65
	18265a	0,38	0,456			1 x bec de sortie type DN 65
5	Borne5	3,76	4,512	FONTE	100	1 x borne d'irrigation type a
	18263a	3,76	4,512			1 x bec de sortie type DN 65
6	Borne6	2,09	2,508	FONTE	80	1 x borne d'irrigation type a
	18262a	2,09	2,508			1 x bec de sortie type DN 65
7	Borne7	0,86	1,032	FONTE	80	1 x borne d'irrigation type a
	18256a	0,86	1,032			1 x bec de sortie type DN 65
8	Borne8	0,86	1,032	FONTE	80	1 x borne d'irrigation type a
	18251a	0,20	0,24			1 x bec de sortie type DN 65
	18250a	0,67	0,804			1 x bec de sortie type DN 65
9	Borne9	5,93	7,116	FONTE	125	1 x borne d'irrigation type a
	18290a	4,52	5,424			1 x bec de sortie type DN 65
	18350a	1,41	1,692			1 x bec de sortie type DN 65
10	Borne10	2,68	3,216	FONTE	80	1 x borne d'irrigation type a
	18349a	2,68	3,216			1 x bec de sortie type DN 65
11	Borne11	1,79	2,148	FONTE	80	1 x borne d'irrigation type a
	18354a	1,79	2,148			1 x bec de sortie type DN 65
12	Borne12	5,50	6,6	FONTE	100	1 x borne d'irrigation type a
	18348a	5,50	6,6			1 x bec de sortie type DN 65
13	Borne13	5,17	6,204	FONTE	100	1 x borne d'irrigation type a
	18347a	5,17	6,204			1 x bec de sortie type DN 65
14	Borne14	5,52	6,624	FONTE	100	1 x borne d'irrigation type a
	18343a	5,52	6,624			1 x bec de sortie type DN 65
15	Borne15	3,88	4,656	FONTE	100	1 x borne d'irrigation type a
	18344a	1,78	2,136			1 x bec de sortie type DN 65

	18374a	2,10	2,52			1 x bec de sortie type DN 65
16	Borne16	5,78	6,936	FONTE	125	1 x borne d'irrigation type a
	18357a	5,78	6,936			1 x bec de sortie type DN 65
17	Borne17	3,76	4,512	FONTE	100	1 x borne d'irrigation type a
	18004a	3,76	4,512			1 x bec de sortie type DN 65
18	Borne18	21,92	26,304	FONTE	-	1 x borne d'irrigation type c
	18007a	21,92	26,304			
19	Borne19	15,79	18,948	FONTE	150	1 x borne d'irrigation type b
	18007a	15,79	18,948			1 x bec de sortie type DN 100
20	Borne20	32,01	38,412	FONTE	-	1 x borne d'irrigation type c
	18007a	32,01	38,412			
21	Borne21	12,16	14,592	FONTE	125	1 x borne d'irrigation type b
	18011a	12,16	14,592			1 x bec de sortie type DN 100
22	Borne22	5,90	7,08	FONTE	100	1 x borne d'irrigation type a
	18011b	5,90	7,08			1 x bec de sortie type DN 65
23	Borne23	6,54	7,848	FONTE	80	1 x borne d'irrigation type a
	11581a	3,87	4,644			1 x bec de sortie type DN 65
	11579a	2,68	3,216			1 x bec de sortie type DN 65
24	Borne24	28,61	34,332	FONTE	-	1 x borne d'irrigation type c
	-	28,61	34,332			
25	Borne25	50,45	60,54	FONTE	-	1 x borne d'irrigation type c
	-	50,45	60,54			
26	Borne26	10,62	12,744	FONTE	125	1 x borne d'irrigation type b
	12001a	10,62	12,744			1 x bec de sortie type DN 100
27	Borne27	22,02	26,424	FONTE	-	1 x borne d'irrigation type c
	12001a	22,02	26,424			
28	Borne28	8,98	10,776	FONTE	125	1 x borne d'irrigation type a
	12001a	8,98	10,776			1 x bec de sortie type DN 100
29	Borne29	4,00	4,8	FONTE	100	1 x borne d'irrigation type a
	12001a	4,00	4,8			1 x bec de sortie type DN 65
30	Borne30	20,11	24,132	FONTE	-	1 x borne d'irrigation type c
	12001a	20,11	24,132			
31	Borne31	9,41	11,292	FONTE	125	1 x borne d'irrigation type b
	12001a	9,41	11,292			1 x bec de sortie type DN 100
32	Borne32	8,88	10,656	FONTE	125	1 x borne d'irrigation type a
	12001a	8,88	10,656			1 x bec de sortie type DN65

33	Borne33	8,66	10,392	FONTE	125	1 x borne d'irrigation type a
	12001a	8,66	10,392			1 x bec de sortie type DN 65
34	Borne34	10,37	12,444	FONTE	125	1 x borne d'irrigation type b
	12001a	10,37	12,444			1 x bec de sortie type DN 100
35	Borne35	3,74	4,488	FONTE	100	1 x borne d'irrigation type a
	12001a	3,74	4,488			1 x bec de sortie type DN 65
36	Borne36	5,22	6,264	FONTE	100	1 x borne d'irrigation type a
	12001a	5,22	6,264			1 x bec de sortie type DN 65
37	Borne37	11,26	13,512	FONTE	125	1 x borne d'irrigation type b
	12001a	11,26	13,512			1 x bec de sortie type DN 100
38	Borne38	12,17	14,604	FONTE	125	1 x borne d'irrigation type b
	12001a	12,17	14,604			1 x bec de sortie type DN 100
39	Borne39	28,93	34,716	FONTE	-	1 x borne d'irrigation type c
	12001a	28,93	34,716			
40	Borne40	34,46	41,352	FONTE	-	1 x borne d'irrigation type c
	12001a	34,46	41,352			
41	Borne41	19,13	22,956	FONTE	150	1 x borne d'irrigation type c
	12001a	19,13	22,956			1 x bec de sortie type DN 100
42	Borne42	8,77	10,524	FONTE	125	1 x borne d'irrigation type b
	12001a	8,77	10,524			1 x bec de sortie type DN 100
43	Borne43	12,97	15,564	FONTE	125	1 x borne d'irrigation type b
	12001a	12,97	15,564			1 x bec de sortie type DN 100
44	Borne44	11,06	13,272	FONTE	125	1 x borne d'irrigation type b
	12001a	11,06	13,272			1 x bec de sortie type DN 100
45	Borne45	28,21	33,852	FONTE	-	1 x borne d'irrigation type c
	12001a	28,21	33,852			
46	Borne46	16,97	20,364	FONTE	150	1 x borne d'irrigation type b
	12001a	16,97	20,364			1 x bec de sortie type DN 100
47	Borne47	1,71	2,052	FONTE	80	1 x borne d'irrigation type a
	17016a	0,37	0,444			1 x bec de sortie type DN 65
	17017a	1,34	1,608			1 x bec de sortie type DN 65
48	Borne48	5,68	6,816	FONTE	125	1 x borne d'irrigation type a
	17008a	5,68	6,816			1 x bec de sortie type DN 65
49	Borne49	11,11	13,332	FONTE	125	1 x borne d'irrigation type b

	17019a	11,11	13,332			1 x bec de sortie type DN 100
50	Borne50	5,23	6,276	FONTE	100	1 x borne d'irrigation type a
	17020a	5,23	6,276			1 x bec de sortie type DN 65
51	Borne51	7,44	8,928	FONTE	125	1 x borne d'irrigation type a
	17025a	7,44	8,928			1 x bec de sortie type DN 65
52	Borne52	7,33	8,796	FONTE	125	1 x borne d'irrigation type a
	17019a	7,33	8,796			1 x bec de sortie type DN 100
53	Borne53	0,95	1,14	FONTE	80	1 x borne d'irrigation type a
	17031a	0,95	1,14			1 x bec de sortie type DN 65
54	Borne54	1,26	1,512	FONTE	80	1 x borne d'irrigation type a
	17035a	0,54	0,648			1 x bec de sortie type DN 65
	17037a	0,72	0,864			1 x bec de sortie type DN 65
55	Borne55	1,46	1,752	FONTE	80	1 x borne d'irrigation type a
	17042a	1,46	1,752			1 x bec de sortie type DN 65
56	Borne56	2,83	3,396	FONTE	80	1 x borne d'irrigation type a
	17046a	0,38	0,456			1 x bec de sortie type DN 65
	17049a	2,45	2,94			1 x bec de sortie type DN 65
57	Borne57	2,87	3,444	FONTE	80	1 x borne d'irrigation type a
	17050a	0,29	0,348			1 x bec de sortie type DN 65
	17052a	2,58	3,096			1 x bec de sortie type DN 65
58	Borne58	1,28	1,536	FONTE	80	1 x borne d'irrigation type a
	17084b	0,58	0,696			1 x bec de sortie type DN 65
	17085b	0,70	0,84			1 x bec de sortie type DN 65
59	Borne59	0,93	1,116	FONTE	80	1 x borne d'irrigation type a
	17097a	0,19	0,228			1 x bec de sortie type DN 65
	17091b	0,74	0,888			1 x bec de sortie type DN 65
60	Borne60	1,58	1,896	FONTE	80	1 x borne d'irrigation type a
	17086a	0,22	0,264			1 x bec de sortie type DN 65
	17087a	1,36	1,632			1 x bec de sortie type DN 65
61	Borne61	0,68	0,816	FONTE	80	1 x borne d'irrigation type a
	17078a	0,68	0,816			1 x bec de sortie type DN 65
62	Borne62	5,15	6,18	FONTE	100	1 x borne d'irrigation type a
	17066a	0,69	0,828			1 x bec de sortie type DN 65
	17064a	4,45	5,34			1 x bec de sortie type DN 65

63	Borne63	2,35	2,82	FONTE	80	1x borne d'irrigation type a
	17054b	2,35	2,82			1 x bec de sortie type DN 65

Le périmètre exige pour notre secteur 63 bornes pour permettre l'alimentation de l'ensemble des parcelles sur une surface de 611 ha.

V.7. Schéma d'aménagement hydro-agricole Variantes d'aménagement :

Lors d'aménagement d'un périmètre d'irrigation, il est indispensable dans un premier lieu d'élaborer des variantes d'aménagement en précisant le schéma hydraulique à savoir les systèmes d'adduction et de distribution, ceci en fonction de la disponibilité de la source d'eau.

Variante 1 : dans cette variante d'aménagement on propose d'irriguer avec une conduite à pression tout le périmètre directement dès le barrage de Beni Slimane par la conduite qui passe par la limite extérieure du périmètre à irriguer et dans la zone de cote haute. Cette option a l'avantage de permettre de profiter de la pression naturelle que nous donne la hauteur du barrage de Beni Slimane et éviter au maximum les pompages et aussi de passer le plus proche des parcelles du périmètre.

Variante 2 : Dans cette variante, on réalise un pompage partiel situé dans le secteur pour garantir la pression nécessaire pour certaines parcelles, qui en raison de leur disposition, peuvent avoir de problèmes de charge hydraulique insuffisante.

Cette variante a été écartée du fait de la différence de cote entre la bêche du barrage et la cote de la tête du secteur. On retient donc la variante 1.

a) Schéma d'adduction

A partir du barrage, une conduite principale va alimenter tout le périmètre. A noter que le point de départ de la conduite d'adduction sera la prise d'eau pied du barrage.

Le réseau primaire sera constitué par une canalisation de conduites de grand diamètre, de Ø 1800 mm jusqu'à Ø 500 mm. Dans ses différents tronçons, le réseau primaire sera soumis à des pressions internes pas très élevées, avec des cotes de terrains situées environ 90 - 110 m plus basses que celles du barrage de Beni Slimane, d'où s'alimente le réseau d'irrigation.

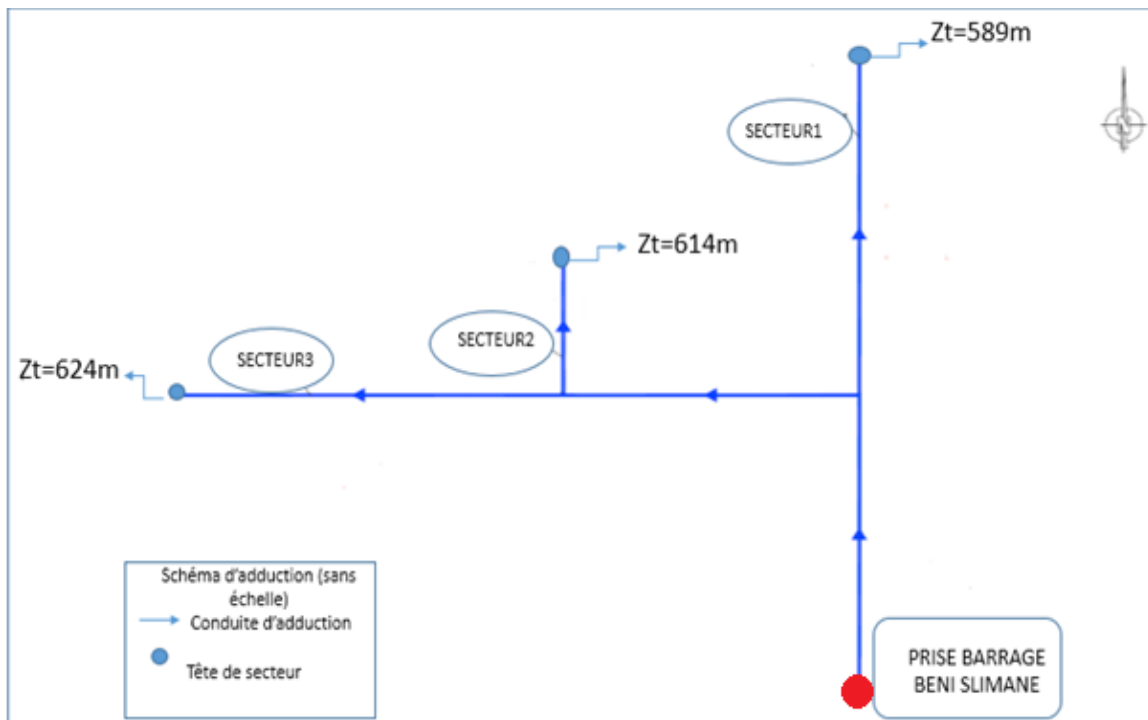


Figure V-2: Schéma du système d'adduction (irrigation par pression naturelle)

b) Schéma de distribution

Le réseau secondaire approvisionnera tous les îlots d'irrigation. Les conduites du réseau secondaire seront de diamètre moyen et devront supporter une pression plus réduite à celles du réseau primaire, sachant qu'elle sera limitée par les vannes régulatrices de pression qui seront installées dans le cas de hautes pressions.

V.8. Dimensionnement du réseau de distribution :

V.8.1. Caractéristiques des conduites du réseau de distribution gravitaire :

Après avoir calculé les débits de chaque îlot, et déterminé les critères hydrauliques de la conduite gravitaire, nous procédons à la deuxième étape de calcul celle du réseau de distribution, c'est-à-dire de l'ouvrage vers les bornes.

V.8.2. Vitesses admissibles :

La fixation d'un seuil de vitesse admissible dans les conduites, permet outre l'introduction d'un seuil raisonnable de diamètre maximum, un compromis technique:

- De faire une économie sur le coût des canalisations ;
- D'éviter les risques entraînés par des vitesses importantes (risque d'érosion) et les vitesses faibles (risque de dépôts solides).

La vitesse admissible est choisie entre 0.5 m/s, comme vitesse minimale, et 2.5 m/s comme vitesse maximale.

V.8.3. Choix du matériau des conduites :

Le choix du matériau est l'un des compromis entre critères à voir :

- La satisfaction des conditions hydrauliques (débit, pression).
- La disponibilité sur le marché local.
- L'intérêt économique.
- Du type de sol.

V.8.4. Caractéristiques des canalisations :**a) Conduites en fonte :**

Présentent plusieurs avantages :

- Bonne résistance aux forces internes ;
- Bonne résistance à la corrosion ;
- Très rigides et solides.

Leur inconvénient est :

- coût relativement important.

b) Conduite en acier :

- Les conduites en acier sont plus légères que les conduites en fonte, d'où l'économie sur le transport et la pose
- Bonne résistance aux contraintes (choc et écrasement).

Leur inconvénient est

- la corrosion.

c) Conduite en PEHD :

Ils sont les plus utilisés car ils présentent des avantages importants

- Bonne résistance à la corrosion
- Disponible sur le marché
- Une pose de canalisation facile
- Leur coût est relativement faible.

Leur inconvénient est

- le risque de rupture dans le cas d'une mauvaise soudure.

Dans notre cas, les conduites seront en fonte si leur diamètre est supérieur ou égal à 400mm et en PEHD dans le cas contraire.

V.8.5. Calcul des diamètres :

Le calcul des diamètres est réalisé sur la base des débits véhiculés par le tronçon de conduite, et les vitesses.

La formule de " LABYE " nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 1000 \quad (\text{V-2})$$

Avec : Q : débit, exprimé en m³/s ;

D: diamètre exprimé en mm.

V : vitesse qui donne le diamètre économique est de 1.2 m/s

Estimation des pertes de charge :

Pour la détermination du diamètre de la conduite gravitaire du barrage vers la bêche, nous avons utilisé la formule de perte de charge de Darcy-Weisbach, détaillée comme suit :

$$J = \frac{f \cdot V^2}{D_h \cdot 2g} \quad (\text{V-3})$$

Le facteur de proportionnalité étant le coefficient de frottement « f » Colebrook white :

$$f = \left[\frac{1}{\left[-1.8 * \log_{10} \left(\left(\frac{e/D}{3.7} \right)^{1.11} + \frac{6.9}{\text{Re}_{pipe}} \right) \right]} \right]^2 \quad (\text{V-4})$$

Avec :

ΔH_t : Perte de charge totale (m) ;

L_g : Longueur géométrique de la conduite (m) ; ($L_g=630\text{m}$)

V : vitesse d'écoulement (m/s)

D_{av} : Diamètre calculé de la conduite (m) ;

e : coefficient de rugosité tenant compte du type du matériau.

Re : Nombre de Reynolds

Dans le tableau ci-dessous on présente les valeurs du coefficient de la rugosité « e » :

Tableau V-4 : Coefficients e différents types de matériau

Matériau ou type de conduite	Rugosité absolue E (m)
fonte et PEHD	$0.2 \cdot 10^{-3}$
Plastique	$2 \cdot 10^{-3}$
Amiante ciment	$3 \cdot 10^{-3}$

Les pertes de charge singulières sont estimées de **10%** à **15%** des pertes de charge linéaires. Les calculs hydrauliques sont détaillés dans le tableau suivant :

Tableau V-5 : Résultats de calcul (vitesse, perte de charge et pressions)

N° du tronçon	s(HA)	Diam_Normalise	Vitesse V réelle(m /s)	PDC (m/m)	Longueur du tronçon L(m)	Re	ΔH_i (m)	Cote terrain aval Z (m)	cote piezometrique (m)	Pression au point P(m)
Prise d'eau- N1	611	1800	0,29	0,0161	4450,3	399150,7	0,19	652,3	714,81	62,5
N1-N2	611	1800	0,29	0,0161	939,4	399150,7	0,04	640,2	714,77	74,5
N2-N3 TS	611	1800	0,29	0,0161	935,3	399150,7	0,04	633,7	714,72	81,0
N3-B1	166,8	500	1,02	0,0200	41,1	392313,5	0,10	611,6	714,62	103,0
B1-B2	163,5	500	1,00	0,0200	254,0	384567,4	0,60	613,2	714,03	100,8
B2-B3	162,6	500	0,99	0,0200	71,0	382422,9	0,16	613,0	713,86	100,9
B3-B19	161,6	500	0,99	0,0200	40,1	379993,8	0,09	613,0	713,77	100,8
B19-B4	145,8	500	0,89	0,0201	56,0	342858,2	0,10	612,8	713,67	100,8
B4-B5	145,0	500	0,89	0,0201	54,8	341090,0	0,10	612,5	713,56	101,0
B5-B20	141,3	500	0,86	0,0201	69,9	332236,7	0,12	613,1	713,44	100,4
B20-B6	109,3	400	1,04	0,0211	85,5	321180,6	0,29	613,3	713,15	99,9
B6-B7	107,2	400	1,02	0,0212	110,1	315030,8	0,36	614,3	712,79	98,5
B7-B8	104,5	400	1,00	0,0212	121,8	307246,5	0,38	613,7	712,42	98,7
B8-B24	103,7	400	0,99	0,0212	749,1	304707,3	2,28	611,5	710,14	98,6
B24-B25	50,4	315	0,78	0,0227	531,2	188317,8	1,36	601,9	708,78	106,9
N6-B23	6,5	110	0,83	0,0303	627,9	69963,0	6,92	601,9	701,86	100,0
N6-B22	18,1	160	1,08	0,0269	16,6	132674,4	0,19	601,9	701,67	99,8
B22-B21	12,2	160	0,73	0,0273	74,5	89337,0	0,39	601,7	701,28	99,6
N7-B11	1,8	63	0,69	0,0363	218,6	33386,5	3,50	614,1	697,77	83,7
N3-B9	31,2	250	0,76	0,0241	221,0	146606,1	0,73	611,6	697,05	85,4
B9-B10	25,2	200	0,96	0,0254	77,1	148384,8	0,53	618,8	696,51	77,7

B10-B12	22,6	200	0,86	0,0255	40,4	132631,9	0,22	620,8	696,29	75,5
B12-B13	20,3	200	0,78	0,0256	83,8	119641,5	0,38	621,7	695,91	74,2
B13-B14	15,2	160	0,91	0,0271	285,0	111589,2	2,32	622,7	693,59	70,9
B14-B15	9,7	125	0,95	0,0290	128,4	90905,9	1,56	623,2	692,02	68,8
B15-B16	5,8	90	1,09	0,0318	79,5	75527,6	1,96	620,1	690,06	70,0
N3-B18	21,9	200	0,84	0,0255	175,7	128871,4	0,92	611,6	689,14	77,5
N3-B17	124,2	500	0,76	0,0202	10,9	292052,3	0,01	611,6	689,13	77,5
B17-B29	120,4	400	1,15	0,0211	66,6	354010,4	0,27	610,3	688,85	78,6
B29-B27	116,4	400	1,11	0,0211	415,8	342250,1	1,59	607,9	687,26	79,4
B27-B28	94,4	400	0,90	0,0212	43,3	277525,0	0,11	606,5	687,15	80,7
B28-N5	85,4	400	0,82	0,0213	542,9	251125,0	1,13	606,1	686,02	80,0
N5-B33	74,8	315	1,15	0,0224	31,7	279257,6	0,18	598,1	685,85	87,8
B33-B32	66,1	315	1,02	0,0225	670,1	246930,1	2,91	598,5	682,94	84,4
B32-B43	32,1	250	0,79	0,0241	35,2	150968,4	0,12	599,5	682,82	83,3
B43-B41	19,1	160	1,14	0,0268	704,1	140592,9	9,04	594,7	673,78	79,1
B32-B34	25,2	200	0,96	0,0254	10,9	147992,3	0,07	599,5	673,70	74,2
B34-B35	14,8	160	0,88	0,0271	203,8	108753,0	1,58	599,7	672,13	72,4
B35-B44	11,1	125	1,08	0,0289	285,3	104059,9	4,52	602,5	667,60	65,1
N5-B26	10,6	125	1,04	0,0289	70,9	99870,9	1,04	598,1	666,57	68,5
N3-B30	240,6	600	1,02	0,0192	142,9	471535,4	0,28	611,6	666,29	54,7
B30-B63	220,5	600	0,94	0,0192	145,5	432128,0	0,24	610,8	666,05	55,3
B63-B31	219,2	600	0,93	0,0192	281,7	429603,9	0,46	608,8	665,59	56,8
B31-B62	209,8	600	0,89	0,0193	144,8	411167,2	0,22	617,6	665,37	47,7
B62-B61	2,3	75	0,62	0,0345	262,5	35556,6	2,69	618,5	662,68	44,2
B61-B60	1,6	63	0,61	0,0365	67,4	29484,9	0,85	619,7	661,83	42,2
N1-B55	206,3	600	0,88	0,0193	53,2	404395,6	0,08	619,7	661,76	42,1
B55-B54	204,9	600	0,87	0,0193	109,9	401528,0	0,16	619,2	661,60	42,4
B54-B53	203,6	600	0,86	0,0193	103,1	399056,0	0,15	619,2	661,46	42,3

B53-N2	202,7	600	0,86	0,0193	104,5	397195,4	0,15	621,5	661,31	39,8
B38-B36	25,3	200	0,97	0,0254	43,0	148465,6	0,30	619,5	661,01	41,5
B36-B37	20,0	200	0,77	0,0256	12,0	117773,6	0,05	618,5	660,96	42,5
B37-B42	8,8	110	1,11	0,0299	631,1	93818,3	12,38	617,1	648,58	31,5
N2-B56	15,4	160	0,92	0,0271	113,1	112861,3	0,94	621,2	647,64	26,4
B56-B57	12,2	160	0,73	0,0273	98,3	89930,3	0,52	625,5	647,11	21,6
B57-B58	9,7	125	0,94	0,0290	91,2	90825,7	1,11	628,6	646,01	17,4
B58-B51	8,4	110	1,06	0,0300	72,1	89496,0	1,29	631,0	644,72	13,7
B51-B59	0,9	63	0,36	0,0379	54,9	17378,2	0,25	632,6	644,47	11,9
N2-B52	149,9	500	0,92	0,0201	34,0	352501,1	0,07	621,2	644,40	23,2
B52-B50	142,6	500	0,87	0,0201	36,6	335269,5	0,07	619,7	644,33	24,7
B50-N3	137,3	500	0,84	0,0202	364,1	322961,6	0,61	619,7	643,73	24,1
N3-B45	108,6	400	1,04	0,0211	14,4	319374,1	0,05	628,1	643,68	15,6
B45-B39	80,4	400	0,77	0,0214	220,8	236448,8	0,41	627,9	643,27	15,4
B39-B46	51,5	315	0,79	0,0227	327,7	192240,9	0,87	624,4	642,40	18,0
B46-B40	34,5	250	0,84	0,0240	18,5	162398,1	0,07	632,0	642,33	10,3
N3-B49	28,7	200	1,10	0,0253	6,9	168655,7	0,06	627,9	642,26	14,4
B49-B48	17,6	150	1,19	0,0273	144,9	137777,5	2,21	628,9	640,06	11,2
B48-B47	11,9	160	0,71	0,0273	65,6	87402,9	0,33	627,1	639,73	12,7

Interprétations :

D'après les calculs exposés dans le tableau ci-dessus on voit que la variante choisie sans station de pompage permet d'obtenir des pressions aux bornes très satisfaisantes, et sont généralement supérieures à trois bars, (pour les pressions très importantes on installe des brise charge), ce qui est très satisfaisant et permet l'implantation de plusieurs systèmes d'irrigation.

V.9. Etablissement des profils en long :

Les profils en long ont été établis à partir des levés sur site et au moyen du logiciel COVADIS. Cet outil informatique a pour objet :

- De calculer la position de la ligne du projet, c'est - à dire l'axe des conduites successives constituant le profil en long des canalisations,
- De dessiner les profils en long du terrain naturel et du projet.
- De positionner les pièces spéciales (ventouses, vidanges, vannes de sectionnement...).

V.9.1. Pièces spéciales :

V.9.1.1. Vannes de sectionnement :

Elles sont nécessaires pour l'exploitation des réseaux et permettent d'en isoler une partie pour l'intervention sans arrêter totalement l'irrigation.

Il est prévu d'installer des vannes de sectionnement au départ de toutes les branches et des sous branches importantes.

V.9.1.2. Ventouses :

Elles sont destinées à évacuer les poches d'air et sont placées aux points hauts des adductions et systématiquement entre deux vannes.

Le choix de la ventouse est fait directement en fonction du diamètre de la conduite.

Elle est portée sur le profil en long et désignée par le diamètre de l'orifice assurant l'évacuation de l'air.

La mise en place de ventouses à chaque point haut, espacées de 500 mètres au maximum, est également indispensable.

Le tableau ci-après précise le choix de la ventouse en fonction du diamètre de la conduite.

Tableau V-6 : Choix de la ventouse

DIAMETRE DE LA CONDUITE	TYPE DE VENTOUSE
$D < 500 \text{ mm}$	D 80 mm
$600 < D < 900 \text{ mm}$	D 100 mm
$900 < D < 1200 \text{ mm}$	D 150 mm
$D > 1200 \text{ mm}$	D 200 mm

V.9.1.3. Vidange :

Les vidanges sont placées en des points bas pour permettre l'évacuation gravitaire de l'eau. Pour les branches extrêmes de petit diamètre la vidange sera faite par pompage vu les faibles volumes à évacuer ou par des bornes placées à des points bas.

Le tableau ci-après précise le choix de la vidange en fonction du diamètre de la conduite.

Tableau V-7 : Choix de la vidange

Diamètre de la conduite	Type de vidange
100 < D < 500 mm	D 100 mm
600 < D < 800 mm	D 150 mm

V.10. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons abordé les variantes d'aménagement du système d'adduction et détaillé les structures et facteurs régissant la conception et la gestion d'un système d'adduction ainsi que les calculs hydraulique des canalisations.

Dans le cadre de la réalisation du projet, le périmètre est découpé en 63 îlots d'irrigation alimentés chacun par une borne d'irrigation, avec une superficie totale de 610 ha.

En deuxième phase, nous avons entamé le calcul hydraulique des canalisations du système d'adduction du périmètre d'étude, ce qui a permis d'estimer les pressions aux bornes.

Ces pressions sont généralement satisfaisantes et dans certains cas supérieures à 6.5 bars, ce qui nécessite l'installation de brise charge au niveau de ces points sensibles.

Chapitre VI. *Choix de système d'irrigation*

VI.1. Introduction :

Une gestion rationnelle des eaux et les capacités de stockage, représentent les éléments essentiels de l'économie de l'eau. En conséquence le contrôle rigoureux par des moyens techniques appropriés et adaptées aux nouvelles méthodes de l'exploitation des eaux sur la base des conditions scientifiques et le management des différentes activités de cette discipline afin de relever les futurs défis de l'eau qui constitue l'élément vital, susceptible de provoquer même des guerres en cause la faible pluviométrie dans certains pays exposés à une pénurie permanente d'eau.

Dans ce chapitre, nous étudierons ces différentes techniques puis nous choisirons celle qui correspond avec les caractéristiques de notre périmètre.

VI.2. Choix des techniques d'irrigation :

Plusieurs facteurs entrent en considération pour le choix des techniques d'irrigation et en particulier :

- ✓ La pente du terrain à irriguer;
- ✓ Le débit dont on dispose ;
- ✓ Nature du sol (perméabilité) ;
- ✓ Nature des cultures ;
- ✓ Facteurs économiques;
- ✓ Rentabilité de l'opération.

VI.3. Différentes techniques d'arrosages :

Les techniques d'arrosages peuvent être rangées en trois classes :

- L'irrigation gravitaire ou de surface.
- L'irrigation par aspersion (sous pression).
- L'irrigation par micro-irrigation (sous pression).

VI.3.1. Irrigation gravitaire :

L'irrigation gravitaire regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la distribution de l'eau à la parcelle se fait entièrement à l'air libre par simple écoulement à la surface du sol.

La répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissellement, infiltration, et capillarité).

En irrigation de surface, la distinction entre les différentes techniques est essentiellement fondée sur la méthode d'application de l'eau : ruissellement, submersion et infiltration (Tiercelin, 1998).

VI.3.1.1. 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.

VI.3.1.2. L'arrosage par infiltration (à la raie) :

C'est une méthode qui consiste à faire distribuer l'eau par des rigoles ou raies avec un débit relativement faible comparativement aux autres procédés. Dans cette méthode, une partie seulement du sol qui reçoit directement l'eau, le reste est humecté par infiltration latérale.

VI.3.1.3. L'arrosage par submersion:

Le principe consiste à donner au sol une couche d'eau plus au moins épaisse, qu'on laisse séjourner pendant le temps nécessaire pour qu'elle pénètre par infiltration à la profondeur utile permettant ainsi au sol de mettre en réserve l'eau indispensable au développement des cultures.

Avantages et les inconvénients de l'irrigation par gravité :

a) Avantage :

- Coût d'investissement relativement faible.
- Besoins en énergie nuls.

b) Inconvénients :

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

VI.3.2. L'irrigation par aspersion :

L'irrigation par aspersion est la technique d'arrosage par laquelle l'eau est fournie aux plantes sous forme de pluie artificielle, grâce à l'utilisation d'appareils d'aspersion alimentés en eau sous pression (Clément & Galland, 1979).



Figure VI-1 : Irrigation par aspersion.

Ces appareils rotatifs pulvérisent l'eau en fines gouttes et doivent assurer une répartition aussi uniforme que possible de pluie sur la surface du sol.

Avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion :

a) Avantage :

- Elle ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface d'irrigation.
- elle provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie.
- elle réalise une importante économie d'eau par comparaison avec les autres systèmes d'irrigation ; elle permet un dosage précis et une répartition régulière de la quantité d'eau distribuée.
- Elle met à la disposition des exploitants des conditions d'arrosage très souples.

b) Inconvénients

- Elle nécessite au départ, pour chaque irrigant une dépense importante de premier établissement et qu'elle exige souvent une nombreuse main d'œuvre d'explication.
- Elle favorise l'évaporation qui est d'autant plus intense que les gouttelettes sont plus fines et l'air plus sec.
- Elle favorise le développement des mauvaises herbes.

- Elle exige un choix judicieux des époques d'irrigation, toute irrigation intempestive pouvant provoquer au printemps par refroidissement du sol un retard dans la végétation.
- L'eau donnée en pluie passe le sol et provoqué la formation d'un croute superficielle.

VI.3.2.1. Différentes installations à la parcelle

En pratique, deux solutions extrêmes peuvent être envisagées :

L'installation totalement fixée, et l'installation totalement mobile.

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

- Couverture totale (quadrillage total)

Ce dispositif est le plus utilisé, au lieu d'avoir une seule rampe on couvre toute la superficie à arroser par toute la tuyauterie, celle-ci reste en place durant toute la saison d'arrosage. Dans ce cas, seuls les asperseurs doivent être déplacée et chaque rampe comporte un asperseur et forme une rampe fictive, ce qui permet de réduire le diamètre de la rampe.

- Couverture intégrale

La parcelle à arroser est entièrement couverte par des tuyaux et des arroseurs 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.

VI.3.2.2. Irrigation localisée (Goutte à goutte)

L'irrigation localisée est une expression qui caractérise un certain nombre de techniques nouvelles en particulier et principalement l'irrigation dite « goutte à goutte » qui ont en commun les caractéristiques suivantes (**Ollier & Poirée, 1981**):

- Une alimentation en eau à proximité immédiate du système racinaire des plantes cultivées
- L'utilisation souvent répétée à la limite continue de faibles débits instantanés.
- La limitation de la surface humectée du sol à ce qui semble strictement nécessaire, à l'exclusion de la portion du sol qui ne porte pas de plantes.

Aujourd'hui, grâce à la distribution sous pression, on a pu concevoir des systèmes qui peuvent être conduits facilement, qui s'automatisent aisément, et dont les pertes en eau sont négligeables.



Figure VI-2 : Irrigation en goutte à goutte

Avantages et les inconvénients de l'irrigation localisée :

a) Avantages

✓ Efficience de l'eau :

Peu de pertes par évaporation, puisqu'il n'y a pas de trajectoire aérienne des gouttes d'eau, que le feuillage n'est pas humidifié inutilement, qu'une partie de la surface du sol reste sèche, que la croissance des mauvaises herbes est très limitée (Rieul, 1992).

Il n'y a pas de ruissellement, pas de débordement sur les parcelles voisines ; les doses peuvent être mesurées avec précision, ce qui évite les pertes par percolation dans le sol. La répartition de l'eau n'est pas affectée par le vent, les irrégularités du terrain ne gênent pas.

b) Inconvénients

✓ L'obstruction des goutteurs

Des particules de sable, des dépôts lents d'argile ou de limons, des précipitations chimiques, le développement de micro-organismes sont les plus souvent rencontrés et favorisent l'obstruction des orifices des goutteurs. Il est à noter que l'entretien et l'élimination des goutteurs obstrués sont longs et onéreux. Le meilleur moyen de prévenir ces obstructions est un procédé par de filtration soignée de l'eau.

✓ Accumulation de sels

Pendant la période d'irrigation les sels sont peu refoulés à la périphérie du bulbe humide, plus spécialement près de la surface du sol. Une pluie légère risque alors de les entraîner vers les

racines, ce qui est très dommageable.

VI.4. Choix de la technique d'arrosage :

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

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

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

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

Remarque :

x: inadéquat ou déconseillé ; +: Adapté avec réserve;

+ + : Adapté ; + + + : Très Adapté

VI.5. Conclusion :

Le choix d'un système d'irrigation rationnel pratiquement utilisable et économique doit tenir compte les critères d'ordre socio-économiques et techniques.

L'implantation de systèmes d'irrigation modernes permet de diversifier les cultures et d'augmenter considérablement leurs rendements, en particulier les céréales.

En Algérie, vu les aléas climatiques et les rendements agricoles très faibles, l'intensification des cultures passe par la mise en œuvre et l'installation de réseaux d'irrigation modernes et efficaces.

Chapitre VII. *Dimensionnement à la parcelle*

VII.1. Introduction :

L'irrigation à la parcelle est relative à la mise en œuvre de l'eau d'irrigation délivrée aux prises du réseau.

On entend par parcelle d'irrigation l'unité de surface disposant d'une prise individualisée sur le réseau de distribution.

Les équipements mis en jeu ou les aménagements de terrain sont fonction de la technique d'irrigation adoptée par les irrigants : irrigation de surface, irrigation par aspersion, irrigation localisée.

Ce présent chapitre a pour but le dimensionnement d'un réseau d'aspersion, de l'enrouleur (type Canon) et d'un réseau goutte à goutte.

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

Avec l'aspersion, l'eau d'irrigation est amenée aux plantes sous forme de pluie artificielle, grâce à l'utilisation d'appareils d'aspersion alimentés en eau sous pression.

Présentons sommairement le principe de la mise en œuvre de l'irrigation à la parcelle dans le cadre d'un équipement classique.

À partir de la prise d'irrigation, l'agriculteur dispose d'une canalisation d'approche (conduite tertiaire) alimentant les portes rampes qui alimentent à leurs tours les rampes sur lesquelles sont montés les asperseurs.

Le dimensionnement des ouvrages cités, nécessite au préalable de quantifier certains paramètres nécessaires à la mise en œuvre de cette technique, tels que le choix de la culture et les caractéristiques de la parcelle choisie.

VII.2.1. Données générales

Choix de la culture : nous avons choisi l'irrigation de blé, cette céréaliculture présente des avantages agronomiques et économiques importants.

Choix des parcelles et de l'ilot : les parcelles choisies pour l'arrosage par aspersion sont dans l'ilot n°55, sous la parcelle n°01, qui présente une superficie de 1.5 ha.

La parcelle est de forme rectangulaire présente des dimensions de 130x120m, elle est alimentée par la borne N°55 qui dispose d'une pression de 4.2 bars.

Temps de travail : 20 heures par jour, et 26 jours par mois

Besoins en de pointe : 163.5mm/mois pour le mois de pointe.

Perméabilité du sol : le sol est de type argileux-limoneux avec une perméabilité estimée à :

$K = 7 \text{ mm/h}$.

Dose pratique :RFU : elle est calculée comme suit :

$$\text{RFU} = Y (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Da \cdot Z \quad (\text{VII-1})$$

Y: degré de tarissement : égal à $2/3$;

Da: densité apparente : égale à 1.35

Z: profondeur d'enracinement mm (60 cm pour le blé)

Hcc: humidité à la capacité au champ (27%)

Hpf : humidité au point de flétrissement (16%).

$$\text{RFU} = (27-16)/100 * 0.6 * 1000 * 1.35 * 2/3 = 59.4 \text{ mm}$$

VII.2.2. Dimensionnement théorique

a) Calcul du diamètre de l'ajutage

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

Le diamètre de la buse se calcule par la formule suivante :

$$P = \frac{1.5 \cdot d}{1.04} \quad (\text{VII-2})$$

$$\text{D'où : } d = \frac{7 \cdot 1,04}{1,5} = 4,85 \text{ mm}$$

D'après la fiche technique d'un arroseur de type PERROT (**Annexe 4**), le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de 4.8 mm.

b) Calcul de la portée du jet (L)

La portée du jet est la distance de l'appareil au point du rayon arrosé, permet de définir la surface circulaire arrosée par l'appareil, se calcule par l'équation suivante :

$$L = 3 \cdot d^{0,5} \cdot h^{0,25} \quad (\text{VII-3})$$

Avec : d : le diamètre de la buse (mm)

h : pression à la buse (m), dans notre cas $P = 3 \text{ bars}$, hauteur d'eau = 30m.

$$L = 3 \cdot (4,80)^{0,5} \cdot 30^{0,25} = 15,38 \text{ m}$$

Théoriquement, cette formule est valable, mais demande encore plus de précisions en fonction du diamètre choisi et recommandé par le fournisseur.

D'après le catalogue (**annexe 4**), pour le diamètre de la buse de 4,80mm à une pression minimale de 3 bars, la portée calculée est de 16,0m.

c) Écartements entre les rampes et arroseurs

En fonction de la vitesse du vent, les normes américaines recommandent l'écartement maximum suivant :

E_l entre les lignes d'arrosage : 1,25L (vent faible) à 1,02 L (vent fort).

E_a entre les arroseurs sur la rampe : 0,8 L (vent faible) à 0,5 L (vent fort).

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

Notre zone d'étude présente des vitesses maximales de vents de l'ordre de 3 m/s=10.8Km/h, donc on prend les valeurs suivantes :

$$E_l = 1,25 \cdot 16 = 20m$$

$$E_a = 0,8 \cdot 16 = 12.8m$$

Les valeurs normalisées des écartements sont comme suit :

$$E_l=18m, \quad E_a=12m.$$

La surface mouillée (m^2) = 216 m^2 .

d) Débit de l'asperseur

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

$$q = 0,95 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \sqrt{2 \cdot g \cdot h}.$$

$$q = 0,95 \cdot \frac{3,14 \cdot (4,8 \cdot 10^{-3})^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 30} = 0.00042m^3 / s \quad (\text{VII-4})$$

$$q = 1.5m^3 / h$$

Avec q débit de l'asperseur (m^3/s).

e) Vérification de la pluviométrie de la buse

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

$$P = \frac{q}{E_l \cdot E_a} \quad (\text{VII-5})$$

Q : est le débit de l'asperseur choisi, $q=4.2 \cdot 10^{-4} m^3/s = 1.5 m^3/h$

$$D'où \quad p = \frac{1,50}{18 \cdot 12} = 6.9mm / h$$

Donc le diamètre de la buse choisi assurera une pluviométrie $P \leq K=7 mm/h$.

f) Calcul du tour d'eau :

La durée du tour d'eau correspond à la durée nécessaire à l'arrosage de l'ensemble des parcelles.

$$T_{eau} = \frac{Dose_{RFU} \cdot N_J}{B_{mp}} \quad (\text{VII-6})$$

Teau = (59,4 . 26) / 163,5 = 9,44 jours.

On prend un tour d'eau de 9 jours.

Donc on irrigue 3 fois par mois.

g) La dose réelle :

Dr = Teau . la dose journaliere = 9 . 5,45 = 49,05 mm.

Dr = 49,05 mm.

h) Calcul de la dose brute :

Db = La dose réelle / 0,75 = 49,05 / 0,75 = 65,4 mm

i) Temps d'arrosage :

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

$$T = \frac{dose_réelle_brute}{pluviometrie} = 65,4 / 7 = 9,34 \text{ h}$$

T = 9,5 h.

Donc on pourra adapter deux positions par jour pour un asperseur, ce qui donne un temps de fonctionnement d'un 22 h

j) Calcul du débit d'équipement (Qeq) :

$$Qeq = \frac{S(ha).B(mm).10}{T.n.Nj} = \frac{1,5.163,5.10}{9,5.2.26} = 4,96 m^3/h$$

k) Calcul de l'unité d'arrosage (SU) :

$$\text{La surface unitaire arrosée : } SU = \frac{S}{Teau.n} = \frac{1,5}{9,5.2} = 0,083 ha$$

l) Nombre d'asperseur requis (Nasp) :

$$Nasp = \frac{SU.10000}{El.Ea} = \frac{0,083.10000}{18.12} = 4 asp$$

tel que: La dose réelle brute d'arrosage = la dose réelle/0.75

m) Calcul du volume fourni par un asperseur par mois

$$V = \text{nbr de position par jour} \cdot \text{nbr d'irrigation par mois} \cdot \text{Dose} \cdot E_a \cdot E_l \quad (\text{VII-7})$$

$$V = (2 \cdot 26 \cdot 65,4 \cdot 12 \cdot 18) / 1000 = 735 \text{ m}^3$$

Volume à épandre en 1 mois sur toute la parcelle :

$$V_t = \text{besoins mensuels} \cdot \text{surface}$$

$$V_t = 163,5 / 1000 \cdot 130 \cdot 120 = 2550,6 \text{ m}^3$$

VII.2.3. Dimensionnement hydrauliques des rampes :**a) Longueur de la rampe**

Cette étape de dimensionnement diffère d'une parcelle à une autre car elle basée sur les dimensions de la parcelle ainsi que la façon dont on projette le réseau d'aspersion.

Il est envisagé deux dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe :

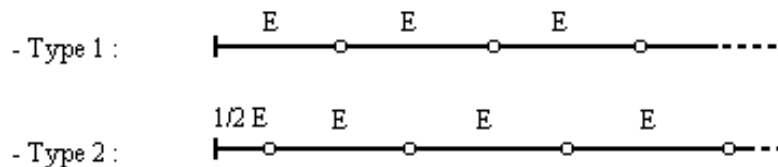


Figure VII-1 : Dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe

La longueur de la rampe est donc :

$$\text{Pour le type 1 : } L = n \cdot E$$

$$\text{Pour le type 2 : } L = (n - 0,5) \cdot E$$

d'où :

$$L = \text{largeur de terrain} / 2 - E_a / 2 = 120 / 2 - 12 / 2 = 54 \text{ m}$$

b) Nbre asperseur/rampe (N) :

$$N = \text{largeur} / E_a = L_r / E_a = 54 / 12 + 1 = 5 \text{ asperseurs}$$

c) Nombre de rampes (Nr) :

$$N_r = N_{\text{asp}} / (\text{nbr asp/ rampe}) = 1,25 \text{ rampes.}$$

On travaille avec une rampe.

d) Calcul du débit de la rampe(Qr) :

$Q_r = \text{le débit de l'asperseur} \times \text{le nombre d'asperseur/ rampe.}$ (VII-8)

Le débit de la rampe : $Q_r = 1,50 \times 5 = 7.5 \text{ m}^3/\text{h} = 0.00208 \text{ m}^3/\text{h}$

Nombre de position des rampes :

$$N_r = \frac{L_r}{E_l} = \frac{130}{18} \approx 7$$

L_r : longueur du terrain = 130 m, E_l : espacement entre les rampes (=18m).

Le nombre de poste égale à 7 postes.

Nous avons les données suivantes :

Longueur de la rampe $L = 54 \text{ m}$.

Nombre d'asperseur par rampe 5 asperseurs

Nombre de rampes =1 rampe

Débit de la rampe = $7.5 \text{ m}^3/\text{h} = 0.00208 \text{ m}^3/\text{s}$.

e) Calcul du Diamètre de la rampe

$$\text{Diamètre de la rampe : } D_R = \sqrt{\frac{4Q_R}{\pi.V}}$$

Avec V : vitesse de l'écoulement à travers la rampe

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

On suppose que $V = 1.5 \text{ m/s}$ et on calcule D_R

$$D_R = \sqrt{\frac{4 \cdot 2.08 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 1.5}} = 0,042 \text{ m} = 42 \text{ mm},$$

Les conduites en PEHD disponibles sur le marché ont les diamètres suivants:

50 ; 63 ; 75 ; 90 ; 110 ; 125 ; 160 et 200mm.

Le diamètre normalisé ($D_r = 50 \text{ mm}$).

La nouvelle vitesse sera :

$$v = \frac{4 * Q}{\pi * d^2} = \frac{4 * 2.08 * 10^{-3}}{\pi * (50 * 10^{-3})^2} = 1,06 \text{ m/s} \text{ Ce qui est conforme.}$$

f) Dimensionnement de la porte-rampe

La longueur de la porte-rampe est calculée par :

$$L_{pr} = 130 - 18/2 = 121 \text{ m}$$

On recalcule avec le porte-rampe

$$Q_{p_rampe} = Q_{asp} * n_{asp} / rampe * N_{rampe} = 1.5 * 5 * 1 \quad Q = 0.00208 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

On suppose que $V = 1.5 \text{ m/s}$ et on calcule D_R

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{2,08 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 1,5}} = 0,042 \text{ m} = 42 \text{ mm},$$

On prend le diamètre normalisé ($D_{pr} = 50 \text{ mm}$), cependant, les pertes de charges dépassent les normes de Christiansen.

On prend donc un diamètre de la porte rampe de 63mm.

La nouvelle vitesse sera :

$$v = \frac{4 * Q}{\pi * d^2} = \frac{4 * 2.08 * 10^{-3}}{\pi * (63 * 10^{-3})^2} = 0.67 \text{ m/s} \text{ Ce qui est conforme.}$$

g) Calcul des pertes de charge :

L'expression générale des pertes de charges linéaire dans les conduites est calculée généralement par une formule de type Hazen Williams :

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_H} \right)^{1.852} \frac{Q^{1.852}}{D^{4.87}} \quad (\text{VII-})$$

9)

Ou $\Delta H =$ Perte de charge unitaires (m/m)

Q : Debit de la conduite en m³/s

C_H : coefficient equivaut à 130.

Pour la rampe on a : L=54m, D= 0.050m, Q= 0.00208 m³/s

$$\Delta H_{rampe} = 1.44 \text{ m.}$$

Pour la porte rampe on a : L=121m, D=0.063m, Q=0.00208m³/s

$$\Delta H_{\text{porte-rampe}} = 1.04 \text{ m.}$$

Les pertes de charges totales pour les rampes sont de 1.44 m et 1.04m pour la porte rampe.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VII-1: Résultat de calcul pratique d'aspersion

Paramètres	Porte Rampe	Rampe
Longueur (m)	54	54
Diamètre (mm)	63	50
Débit (m ³ /h)	7.57	7.57
Vitesse (m/s)	0.67	1,06
Perte de charge totale (m)	1.44	1.04

$\Delta H_t = 1.44 + 1.04 = 2.48$ m de perte de charge, la règle de Christiansen est donc respectée.

VII.2.4. Calcul de la pression en tête du réseau

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

$$H = H_1 + H_2 + H_3$$

H : pression à la tête de la parcelle.

H1 : pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (3bar).

H2 : perte de charge totale de la rampe

H3 : la dénivelée. (0 m. terrain relativement plat)

$$H = 30 + 2.48 + 0 = 32.48 \text{ m.}$$

P = 3,3 bar, ce qui est largement suffisant vu la pression aux bornes qui est de 4.2 bars.

VII.3. Dimensionnement par canons arroseurs (enrouleurs) :

L'une des différents types d'installation par aspersion est l'enrouleur. Ce dernier utilise un canon d'arrosage qui arrose en roulant sur un sol sec tiré par une rampe semi souple.

VII.3.1. Le choix de type de canon :

Le choix de type de canon est le premier point. Les caractéristiques techniques de chaque modèle sont à prendre en considération.

- **La pression de service** : la pression de service au niveau de canon détermine le débit et permet d'augmenter la portée ; mais elle produit un jet plus sensible au vent.

Expérimentalement la pression de service est approchée par la formule suivante :

$$P_{ef} (\text{bar}) = 625 \cdot \left(\frac{Q^2 (\text{m}^3 / \text{h})}{d^4 (\text{mm})} \right) \cdot \alpha \quad (\text{VII-10})$$

α est un paramètre qui varie en fonction de la pression de service ; pour une pression $P < 5$ bars :

$\alpha = 1.09$ et $\alpha = 1.1$ pour une pression $P > 6$ bars.

Dans notre cas la pression à la borne est de 7 bars.

- **Le diamètre de la buse :** le diamètre de la buse détermine le débit du canon pour une pression donnée, et la forme de la buse joue sur la cohérence du jet pendant les premiers mètres et donc sur la portée.
 - ✓ L'angle de tir par rapport à l'horizon peut varier entre 15° à 27.5° et il joue directement sur la portée ainsi que sur la sensibilité au vent.
- **Caractéristiques des tubes (tuyaux) :** les longueurs de tubes peuvent être entre 200 m et 600 m ; les diamètres du tube polyéthylène vont de 50 mm à 125 mm.

Tableau VII-2 : Le diamètre flexible en fonction des longueurs des tubes

Diamètre flexible	Longueur mini et maximales
50 mm	De 150 à 230 m
63 mm	De 180 à 250 m
70 mm	De 180 à 300 m
82 mm	De 250 à 350 m
90 mm	De 250 à 400 m
100 mm	De 300 à 400 m

- **Les débits varient entre 10 m³/h et 100 m³/h ;**

Les vitesses d'avancement ou l'angle de secteur sont les paramètres les plus faciles à adapter en temps réel.

VII.3.2. Principe de dimensionnement :

Données générales

Choix de la culture : nous avons choisi l'irrigation de l'orge en vert.

Choix des parcelles et de l'ilot : les parcelles choisies pour l'arrosage par enrouleur sont dans l'ilot n°14, qui présente une superficie de 5.5 ha.

La parcelle est de forme rectangulaire présente des dimensions de 350 x 150, elle est alimentée par la borne N°14 qui dispose d'une pression de 7 bars.

Temps de travail : 22 heures par jour, et 26 jours par mois

Besoins en de pointe : 157mm/ mois pour le mois de pointe.

a) Calcul le débit d'équipement :

Pour le choix d'un enrouleur il faut :

- ✓ Déterminer le débit d'équipement (Q en m³/h) nécessaire sur l'exploitation :

$$Q_e = \frac{S \times B_{mp} \times 10}{T \times N \times 0.7} \quad (\text{VII-11})$$

Avec :

S : surface de la parcelle à irrigué ;

B_{mp} : les besoins de mois de pointe ;

T : nombre de jours de travail ;

N : nombre d'heures de travail.

Donc $Q_e = 21.57 \text{ m}^3/\text{h}$.

- ✓ Déterminer ensuite la catégorie d'enrouleur nécessaire :

Tableau VII-3 : Tableau synthétique des catégories d'enrouleurs

Diamètre du polyéthylène	44 et 50	55 et 63	75 et 82	90 et 100	110	120 et 125	140
Débit en m ³ /h	5 à 15	8 à 25	12 à 45	20 à 70	33 à 90	33 à 120	40 à 125

On choisit soit un diamètre de 90 ou 100 mm.

- ✓ Ajuster le débit de l'enrouleur au débit d'équipement :

Il est donné en fonction :

- des caractéristiques de la buse qui équipe le canon ;
- de la pression relevée au canon.

Chaque canon possède un type de buse dont les abaques spécifiques déterminent le débit (Q) et la portée du jet (Pm) à partir de la pression mesurée au canon.

Tableau VII-4 : Tableau d'abaque de canon à retour lent

pression en bar	4,5		5		5,5		6	
	Q(m3/h)	P(m)	Q(m3/h)	P(m)	Q(m3/h)	P(m)	Q(m3/h)	P(m)
16	18,7	36	20,8	38,5	21,8	39,5	22,8	40,5
17	22,4	39	23,6	40	24,7	41	25,9	42
18	25,3	40	26,6	41,5	28	42,5	29,3	44
19	28,7	41,5	30,3	43	31,8	44	33,2	45,5
20	32,3	43	34,1	44	35,7	45,5	37,4	46,5
21	36,5	44	38,5	45,5	40,3	47	42,2	48
22	39,9	45	43	46,5	44,2	48	46	49
23	44,3	46,5	46,5	48	49	49,5	51,2	50,5
24	48,5	48	51,2	49	53,8	51,5	56,2	52,5

b) Calcul de la pression de fonctionnement :

Après choix de diamètre de la buse et on fonction du débit,

$$P_{ef} (bar) = 625 \cdot \left(\frac{22.4^2}{17^4} \right) \cdot 1.1 = 3bars.$$

Donc d'après le fournisseur $Q_e=22.4 \text{ m}^3/\text{h}$, la pression de service doit être=4.5 bars.

Dans notre ilot le canon fonctionnant avec une pression de 4.5 bars, doit être équipé d'une buse de 17 mm pour avoir un débit de 22.4 m3/h et une portée du jet de 39 m.

L'enrouleur doit apporter sa durée d'arrosage la durée requise d'arrosage :

$$Q \cdot t.k = L.l.D \quad (\text{VII-12})$$

✓ Définir l'espacement entre arrosage:

l'enrouleur arrose en bande (l), doit être choisi en fonction: De la portée (Pm) du canon annoncée par le constructeur (abaque) ; et de l'importance du vent dans la région.

Il doit être choisi en fonction :

- de la portée du canon (Pm) annoncée par le constructeur (abaque)
- de l'importance du vent dans la région.

Dans cet ilot, $P_m = 39 \text{ m}$, l'écartement maximum (E) ne devra pas excéder :

- Région sans vent : $1,60 \times P_m$, soit $E = 62.4 \text{ m}$.
- Vent gênant parfois : $1,45 \times P_m$, soit $E = 56.55 \text{ m}$.

- Vent gênant souvent : $1,4 \times P_m$, soit $E = 54.6$ m.

La largeur ou bande irriguée est de 56.5m.

✓ **Calcul de la vitesse d'avancement (V) :**

$$V(\text{m/h}) = \frac{q(\text{m}^3/\text{h}) \cdot 1000}{E(\text{m}) \cdot Dpa(\text{mm})} \quad (\text{VII-12})$$

Q (débit) = 22.4 m³/h

E (espacement entre passage) = 56.5 m

D (dose pratique) = 69.3mm

V : vitesse d'avancement en mètre/heure

Donc $V = 5.7$ m/h

✓ **Calcul du temps d'arrosage (T):**

La longueur linéaire de la bande : 120m

$l = 120$ m $T = l/V = 120/5.7 = 21$ heures.

VII.4. Dimensionnement d'un réseau goutte à goutte :

Dans cette partie on va dimensionner le réseau d'irrigation localisée (le système goutte à goutte), qui nécessite la connaissance de données de base comme la surface de la parcelle, les besoins journaliers et le temps maximum journalier de travail [Ollier et Poirre, 1983].

Données générales

Le réseau d'irrigation sera installé sur la parcelle n°02 alimentée par la borne n°42 et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 3.1bars, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est de 1ha et présente une forme relativement rectangulaire.

Culture : Pécher ; **Besoin de pointe** : 198 mm (Mois Juin).

Organisation du réseau : Avec un écartement de 4*4m, et un espacement des goutteurs 2 m, on a donc 480 arbres, avec 30 lignes de 16 arbres pour chaque rangée et 2goutteurs pour chaque arbre.

- Surface : **01**ha.
- Longueur : **130**m.
- Largeur : **70**m.

Caractéristique du goutteur :

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

VII.4.1. Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :**Influence du taux de couverture du sol :**

En micro-irrigation, les apports d'eau étant localisés sur une portion très faible de la surface du sol située au voisinage des plantes, donc à l'ombre du feuillage, la part d'évaporation directe à partir du sol est réduite ; On applique alors à L'ETM un coefficient de réduction : K_r

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

- KELLER et KARMELI (1974) :

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

- La formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_s + 0.5(1 - C_s)$$

- La formule de Decroix (CTGREF) :

$$K_r = 0.1 + C_s$$

Pour notre cas on considère un taux de couverture égale à 60% (pour les arbres adultes) donc :

$K_r = 0.80$ selon Freeman et Garzoli

$K_r = 0.70$ selon Decroix (CTGREF)

On prendra un coefficient $K_r = 0.80$

$$B_{ji} = B_j * K_r \quad \text{(VII-13)}$$

$$B_{ji} = 6.60 * 0.8 = \mathbf{5.28 \text{ mm/j}}$$

Dose nette (Dose pratique) :

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

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

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Y \cdot Z \cdot P\% = RFU \cdot P\% \quad (\text{VII-14})$$

Tel que : H_{cc} : humidité à la capacité au champ (27%)

H_{pf} : humidité au point de flétrissement (16%)

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

Z : profondeur d'enracinement en (1500 mm)

P : Pourcentage du sol humidifié

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

P : Volume du sol humidifié

N : Nombre de point de distribution par arbre

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

S_h : Largeur de la bande humidifiée

S_r : Ecartement entre rangs d'arbre

S_a : espacement des arbres sur les rangs

$$P = 25\%$$

Donc :

$$RFU = (27-16)/1,0 \cdot 1500 \cdot 2/3 \cdot 1,35 = 148,5 \text{ mm} ; \quad RFU = 148,5 \text{ mm}.$$

$$\text{Et } D_p = RFU \cdot P\% = 148,5 \cdot 0,25 = 37,1 \text{ mm}$$

a) Fréquence des arrosages (Fr) :

$$Fr = \frac{\text{dose_nette}}{B_{jm}} = \frac{37,1}{5,28} = 7,03$$

Donc on prend une fréquence de 7 jours.

b) Dose réelle (Dr) :

$$D_r = B_{jm} \cdot Fr = 5,28 \cdot 7 = 36,96 \text{ mm}$$

c) La dose brute réelle (Db) :

$$D_{brute} = \frac{\text{dose_réelle}}{C_u \cdot \text{eff}} = \frac{36,96}{0,9 \cdot 0,9} = 45,6 \text{ mm}$$

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

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

d) Durée d'arrosage par mois :

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

Sr et Sd espacement entre rang et distributeur, n et Qg nombre et débit du goutteur.

$$\theta = \frac{45.6 * 4 * 2}{2 * 4} = 45.6 \text{ heures/mois.}$$

e) Durée d'arrosage journalier :

$$Dj = \frac{\text{durée d'arrosage}}{Fr} = \frac{45.6}{7} = 6.5 \text{ heures/jour}$$

f) Nombre de poste :

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{22}{6.5} = 3.1$$

On prend 3 postes.

g) Surface du poste :

$$Sp = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{1}{3} = 0.33 \text{ ha}$$

VII.4.2. Calculs hydrauliques:**VII.4.2.1. Conditions hydrauliques de base :**

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

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

La variation maximale de la pression

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

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

Avec : $q(g)$: débit nominal du goutteur

$H(n)$ pression nominal

$$0.1 = 0.5 \frac{\Delta H(\max.)}{10} \quad (\text{VII-15})$$

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

VII.4.2.2. Le débit :

$$Q_r = Q_g * N_r$$

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

Avec:

- Q_r : Débit de rampe.
- Q_g : Débit du goutteur
- N_g/r : Nombre des goutteurs par rampe
- N_r : Nombre des rampes
- Q_{pr} : Débit de porte rampe

La longueur de la rampe: 64 m

La longueur de la porte rampe : 120m

La longueur de la conduite d'approche : 10m

a) Le nombre d'arbres par rampe:

$$N \text{ arbres} = Lr/Er = 64/4 = 16 \text{ arbres}$$

b) Nombre des goutteurs par rampe:

$$N = N_{\text{arbres}} * n = 16 * 2 = 32 \text{ goutteurs}$$

c) Le nombre des rampes:

$$Nr = Lpr/Er = 120/4 = 30 \text{ rampes}$$

d) Débit de la rampe :

$$Qr = Ng * Qg$$

$$Qr = 32 * 4 = 128 \text{ l/h}$$

e) Débit de la porte rampe:

$$Qpr = Qr * Nr = 128 * 30 = 3840 \text{ l/h}$$

f) Nombre de porte rampe:

$$Npr = 1 \text{ (1 seul porte rampe).}$$

g) Débit de la conduite d'approche (conduite tertiaire)

$$Qcsl = Qpr * Npr = 3840 * 1 = 3840 \text{ l/h}$$

VII.4.3. Dimensionnement des canalisations du réseau:

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

- La conduite tertiaire (conduite d'approche) :

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

- Porte-rampes :

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

- **Les rampes :**

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

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

$$\varnothing r(\text{cal}) = \left[\frac{\text{P.d.c}(r) \cdot 2.75}{0.478 \cdot Q(r)^{1.75} \cdot L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \quad (\text{VII-16})$$

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

Avec :

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

D_rampe= 9.55 mm, on prend **DN =16 mm**

Vérification des pertes de charges :

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

Perte de charge selon hazen-williams

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_w} \right)^{1.852} \cdot \frac{L}{D^{4.87}} \cdot Q^{1.852} \quad (\text{VII-18})$$

Ou : L : la longueur de la conduite ;

Q : débit (l/h) ;

D : diamètre intérieur de la canalisation ;

C_w= 140 PEBD, L=64m, D= 0.016m, Q= 3.56. 10⁻⁵m³/s

ΔH_{rampe} = 0.23 m

VII.4.3.1. Calcul du Diamètre de la rampe :

Tableau VII-5 : calcul du diametre de la rampe

Culture	Surface (m ²)	Lr (m)	Ng	Qr (l/h)	hr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	ΔHcal (m)
pêcher	10000	64	32	128	1.2	9.55	16	0.23

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

VII.4.3.2. Calcul du Diamètre de la porte rampe :

On applique le même procédé que les rampes, et on trouve :

Tableau VII-6 : calcul du diamètre de la rampe

Culture	Surface m ²	Lpr(m)	N rampes	Qpr (l/h)	hpr(m)	Dcal (mm)	Dn (mm)	hcal(m)
pêcher	10000	120	30	3840	0.6	44.2	50	0.92

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

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

VII.4.3.3. Calcul des diamètres de la conduite tertiaire :

Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1 m/s tel que :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi V}}$$

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

V : vitesse d'écoulement (m/s).

Tableau VII-7 : calcul des diamètres de la conduite tertiaire

Culture	Surface m ²	L (m)	Q (m ³ /s)	V (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
Pêcher	10000	10	0,00107	1.0	36.85	50	0.5	0.077

VII.4.4. Calcul de la pression d'eau à la borne de distribution :

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

Tableau VII-8 : Récapitulatif des calculs hydrauliques

Conduites	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
Longueur(m)	64	120	10
Diamètre(m)	16	50	50
Débit (m ³ /s)	3.56. 10 ⁻⁵	0.0012	0.0012
Pertes de charge(m)	0.23	0.92	0.077

A partir du tableau VII-8 on peut déterminer la perte de charge totale entre la borne d'irrigation jusqu'à le goutteur le plus défavorable ;

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

$$P(m) = 10+0.23+0.92+0.077= \mathbf{11.20\ m.}$$

Les pertes de charges ainsi que la pression calculée est de l'ordre de 1.2 bars ce qui est suffisant pour effectuer le système goutte à goutte dans cette parcelle.

VII.5. Conclusion :

Le choix de techniques d'irrigation revêt une grande importance au sein d'un périmètre, puisqu'il régit l'intensification des cultures.

Dans ce chapitre, nous avons procédé au dimensionnement de trois systèmes d'irrigation : aspersion, le système goutte à goutte ainsi qu'au dimensionnement d'un type d'arroseur qui est l'enrouleur.

L'introduction de ces systèmes permet une revalorisation de l'agriculture par une augmentation des rendements.

Chapitre VIII. *Calcul technico-économique*

VIII.1. Introduction :

Ce chapitre a pour but de faire une évaluation du coût estimatif de notre projet d'irrigation projeté, ce calcul consiste à déterminer les quantités de tout le matériel ainsi que les différentes opérations à effectuer sur le terrain.

Pour notre projet on a les travaux suivants :

- Réseau de distribution.
- Conduite d'adduction.
- Travaux divers.

VIII.2. Différents travaux à entreprendre :

Tous les travaux exécutés sont reportés dans les différents tableaux ci- dessous :



Figure VIII-1 : Pose canalisation (Périmètre Haut Isser- Avril 2016)



Figure VIII-2 : Picage d'une conduite secondaire à une borne d'irrigation (Périmètre Haut Isser Avril 2016)

Le devis d'estimation de la pose des canalisations du réseau de distribution sont comme suit :

VIII.2.1. Factures pro forma des équipements hydrauliques :

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

Conduites	Type de conduite	Unités de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire (DA/m)	Montant (DA)
Ø 63	PEHD	m/l	122	288,17	35 156,74
Ø 75	PEHD	m/l	263	404,81	106 465,03
Ø 90	PEHD	m/l	79	188,62	14 900,98
Ø 110	PEHD	m/l	1331	721,62	960 476,22
Ø 125	PEHD	m/l	576	934,26	538 133,76
Ø 150	PEHD	m/l	145	1 200,14	174 020,3
Ø160	PEHD	m/l	1561	1 526,93	2 383 537,73
Ø 200	PEHD	m/l	450	2 397,85	1 079 032,5
Ø 250	PEHD	m/l	275	3 709,88	102 0217,00
Ø 315	PEHD	m/l	1561	5 881,51	9 181 037,11
Ø 400	PEHD	m/l	2370	9 500,90	22 517 133,00
Ø 500	Fonte	m/l	1033	14 816,89	15 305 847,37
Ø 600	Fonte	m/l	1086	22 513,76	24 449 943,36
Total(HT) 1					77 765 901,10
TVA (17%)					13 220 203,19

Total(TTC)	90 986 104,29
-------------------	----------------------

Ø 400	PEHD	m/l	2370	9500,9	11116,05
Ø 500	Fonte	m/l	1033	14816,89	17335,76
Ø 600	Fonte	m/l	1086	22513,76	26341,1
Total_1	74979.85				

Tableau VIII.2 : Cout des équipements de protection du réseau de distribution.

Conduites	Type de conduite	Unités de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire (DA/m)	Montant
Ø 50	PEHD	U	500	404,81	202 405,00
Ø 63	PEHD	U	300	721,62	216 486,00
Asperseur	-	U	8	600	4 800,00
Bouchon	-	U	4	1 536,27	6 145,08
Bouchon	-	U	1	2 391,07	2 391,07
Vannes Ø 90	-	U	1	4 500	4 500,00
Té Ø (110/75)	-	U	2	2 984.45	47 751,20
Filtre à disque métallique	-	U	1	12 400	12 400,00
Total(HT) 3					449 127,15
TVA (17%)					76 351,6155
Total(TTC)					525 478,7655

Tableau VIII-3 : Facture du matériel de surface (irrigation par aspersion)

Conduites	Type de conduite	Unités de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire TTC (DA/m)	Montant TTC
Ø 50	PEHD	U	500	404.81	1865364.48
Ø 63	PEHD	U	300	721.62	290091.24
Asperseur	-	U	8	600	172800
Bouchon	-	U		1 536.27	24580.32

Ø 75					
------	--	--	--	--	--

Tableau VIII-4 : Factures préformas des pièces du réseau d'irrigation localisée

Pièces	Unité de mesure	Quantité	Prix (DA)	Montant (DA)
Tube Ø 63 PEHD	m/l	400	6881,37	2 752 548
Tube Ø50 PEHD	m/l	500	200	100 000
Tube Ø16PEBD	m/l	1000	30,64	30 640
Filtre	un	1	14508	14 508
Vanne Ø160	un	1	15000	15 000
Goutteur réglable	un	300	6,13	1 839
Bassins d'irrigation	DA/m3	1	350	350
Fertilité	un	1	23731,2	23 731,2
Total(HT) 5				2 938 616,2
TVA (17%)				499 564,754
Total(TTC)				3 438 180,954

Somme general = $S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 = 116\ 157\ 557,90$ DA

=>**SG = 116 157 557,9 DA**

VIII.3. Frais des travaux sur réseau d'irrigation :

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

VIII.3.1. Calcul des volumes de déblais et remblais :

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

- La largeur de la tranchée varie selon la section des conduites est de :

$$l = D + 2 \times 0,3 \quad (\text{m})$$

- La hauteur est de :

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

Avec :

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

Sois L la longueur de la tranchée en mètres.

- D : diamètre de la conduite.

VIII.3.1.1. Volume du déblaiement :

Le volume des déblaiements sera alors égale à :

$$V_{\text{deb}} = L \times H \times l \text{ (m}^3\text{)}$$

VIII.3.1.2. Volume de remblais :

Le volume du remblai est égale à celui des déblais duquel on soustrait le volume de la conduite enterrée on aura donc :

$$V_{\text{remb}} = V_{\text{deb}} - V_{\text{cond}}$$

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

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

VIII.3.1.3. Volume de sable :

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

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

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

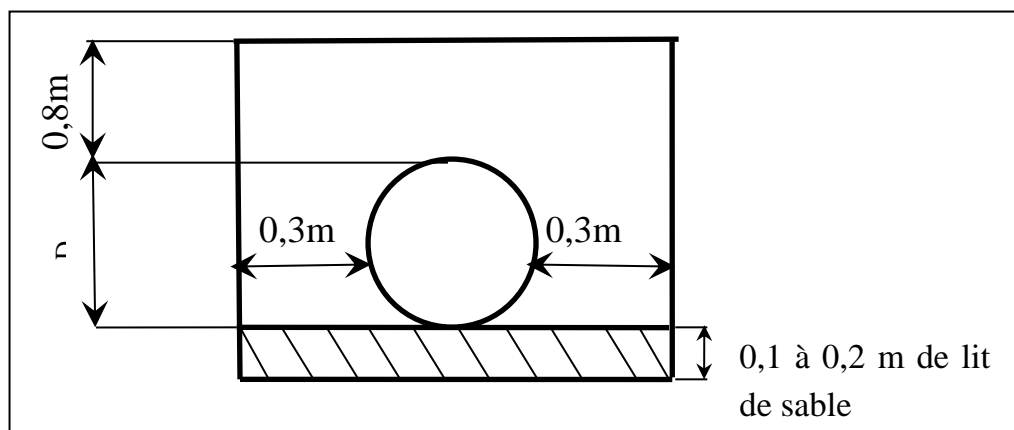


Figure VIII-3 : Disposition de la conduite dans une tranchée

Calcul des différents volumes :

Tableau VIII-5 : Calcul des différents volumes

Type de conduite	Tubes enterrés	Longueur (m)	largeur (m)	hauteur (m)	V déblai (m ³)	Vsable (m ³)	Vconduites (m ³)	Vremblai (m ³)
Secondaire	PEHDØ 200	4613	0.8	1.1	4059.44	369.04	144.9	3914.54
Secondaire	PEHDØ 250	3689	0.85	1.15	3605.99	313.56	181.08	3424.91
Secondaire	PEHDØ 315	7677	0.915	1.215	8534.71	702.44	598.3	7936.41
Secondaire	PEHDØ 400	10908	1	1.3	14180.4	1090.8	1370.7	12809.7
Secondaire	Fonte Ø 500	5830	1.1	1.4	8978.2	641.3	1144.7	7833.5
Secondaire	Fonte Ø 630	938	1.230	1.53	1765.22	115.37	292.4	1472.82
principale	Fonte Ø 800	1339	1.4	1.7	3186.82	187.46	673.05	2513.77
principale	Fonte Ø 900	904	1.5	1.8	2440.8	135.6	575.1	1865.7
principale	Fonte Ø 1000	1268	1.6	1.9	3854.72	202.8	995.38	2859.34
principale	Fonte Ø 1800	2292	1.7	2	7792.8	389.64	2178.2	5614.6
La somme					58399.1	40148 .01	8153.81	50245.29

VIII.4. Cout total des travaux publics sur réseau d'irrigation :

VIII.4.1. Déblaiement :

Le prix du mètre cube de déblayage est de 250DA.

Le déblaiement correspondant à la pose des conduites est de : 58399.1m³.

D'où :

$$F_{\text{deb}} = 58399.1 \times 250$$

$$F_{\text{deb}} = 14\ 599\ 775\ \text{DA}$$

VII.3.2 Remblais :

Le prix du mètre cube de remblai est de 200DA d'où :

$$F_{\text{remb}} = 50245.29 \times 200$$

$$F_{\text{remb}} = 100\ 49\ 058\ \text{DA}$$

VII.3.3 Sable:

Le prix du mètre cube de sable est de 800 DA d'où :

$$F_{\text{sable}} = 40148,01 \times 800$$

$$F_{\text{sable}} = 32\,118\,408 \text{ DA}$$

Alors le cout totale des travaux publics :

$$P_t = F_{\text{deb}} + F_{\text{remb}} + F_{\text{sable}}$$

$$P_t = 14\,599\,775 + 10\,049\,058 + 32\,118\,408$$

$$P_t = 56\,767\,241 \text{ DA}$$

Alors le cout total du projet en rapport à toutes les opérations financières est de l'ordre de :

$$CT = 116\,157\,557,9 + 56\,767\,241$$

$$CT = 172\,924\,799,0 \text{ DA}$$

VIII.5. Etude de la rentabilité économique du projet du Haut Isser :

Pour évaluer un projet on doit comparer les rendements financiers nets et les couts. On peut s'appuyer sur la formule suivante:

$$V = \sum_{i=1}^n Rt_i - Dt_i \quad (\text{VIII-1})$$

Ou

Rt_i : sont les rendements financiers de chaque spéculation ; $Rt_i = \sum_{i=1}^n x_i \cdot p_i$.

x_i et P_i sont les rendements (qt/ha) et les prix à la parcelle en DA/qt.

Dt : sont les couts nécessaires à chaque spéculation agricole qui englobe les frais d'irrigation et autres intrants agricoles.

Les calculs sont détaillés dans l'Annexe 5, et les besoins en eau sont comme suit :

Tableau VIII.6 : Besoins en eau de chaque culture

Assolement 1					
Culture	Superficies (ha)	Besoins nets (m³/ha)	Efficiencie	Besoins bruts (m³/ha)	Besoins totaux (m³)
Blé/ avoine	244.5	4221.5	0.75	5628.6	1 376 200.3
Mais	45.8	5986.6	0.75	7982.2	365 584.4
Luzerne	45.8	5965.3	0.75	7953.8	364 283.4
Oignon Vert	53.8	245.5	0.75	327.4	17612, 9244
Pomme de terre (saison)	64.2	212.0	0.75	282.7	18149, 4827
Tomate	32.1	4702.5	0.75	6270.0	201 265.9
Chou vert	32.1	1298.2	0.75	1731.0	55 564.1
Carotte	32.1	1031.3	0.75	1375.1	44 141.6
Arboriculture	61.1	20982.4	0.75	27976.53	1 709 366.2
Besoin total					4 152 168.3

Les calculs des rendements et les couts de production de chaque spéculacion agricole, sont détaillés comme suit :

Tableau VIII-7 : Estimations des couts et des rendements pour chaque culture

Prix de revient (DA)										
	2000	2002	2006	2008	2012	2014	Cout moy du revient (DA)	coût d'eau d'irrigation (DA)	Autres intrants (DA)	Coûts totaux (DA)
blé tendre	14387113.5	2740845	8036715	5342325	8454810	5528145	7 949 069.9	3 440 500.8	2 445 000.0	5 885 500.8
mais	618300	1112940	3029670	2164050	3503700	2246490	2 664 186.0	913 961.1	458 000.0	1 371 961.1
oignon	7209200	7004760	8758640	9942240	10652400	13353160	9 868 354.7	44 032.3	538 000.0	582 032.3
Pomme de terre (s)	23741160	20723760	28337880	27772920	33229920	31868880	28 372 976.0	45 373.7	642 000.0	687 373.7
tomate	12615300	14772420	15311700	14733900	17632530	17516970	15 529 980.0	503 164.6	321 000.0	824 164.6
carotte	12133800	11758230	14213880	14695380	17141400	15773940	14 394 282.0	110 354.1	321 000.0	431 354.1
pommier	21893352	22325940	34827000	22399260	25808640	36660000	24 163 339.2	4 273 415.5	611 000.0	4 884 415.5
pecher	26101920	19943040	18330000	3995940	12721020	14297400	16 238 424.8	4 273 415.5	611 000.0	4 884 415.5
							119 180 612.6	13 604 217.5	5 947 000.0	19 551 217.5
							Total		Bénéfices nets (DA)	99 629 395.0

D'après les calculs de rentabilité détaillés dans le tableau VIII.7, on voit nettement que le projet du périmètre du Haut Isser présente une rentabilité économique importante même à court terme.

VIII.6. Conclusion :

L'estimation du cout total du projet, englobe, en général, tous les prix des équipements hydrauliques et hydromécaniques à utiliser ou à mettre en place, le réseau de canalisations de transport, les lignes de distribution ainsi la pose des bornes d'irrigation et tous les ouvrages de protection, ajouté à cela, les frais liés à la pose des différentes canalisations, les frais de transport, la main-d'œuvre directe et indirecte et toutes les dépenses liés au projet.

En définitive, la mise en œuvre de ce projet repose sur une étude minutieuse ayant pris en compte toutes les phases d'exécution du projet avec une recherche approfondie des prix du marché des matériaux recueillis auprès des fournisseurs.

Le coût estimatif du projet est de l'ordre de **cent soixante-douze million neuf cent vingt-quatre mille sept cent quatre-vingt-dix-neuf dinars (172 924 799,0 DA)**, représentant l'ensemble des opérations financières pour sa concrétisation.

Le montant moyen pour la réalisation d'un hectare en irrigué, est évalué à **288 208 Da/ha**.

Conclusion générale

L'objectif de cette étude est l'aménagement hydro-agricole du périmètre du Haut Isser (**Secteur 2**) dans la wilaya de Médéa d'une superficie de 611 ha, dont les caractéristiques physiques, pédologiques et des conditions socio-économiques sont propices à l'irrigation.

Dans le but de transformer le système actuel agraire biennal (céréales-jachère) en un système de polyculture dans la mesure du possible et encourager les cultures intensives et les cultures fourragères afin d'augmenter le taux d'occupation du sol.

Après le choix des cultures, nous avons estimé les besoins en eau totaux, et les besoins en eau de chaque ilot qui est une phase importante dans la réalisation d'un système d'adduction et d'irrigation.

Pour le système d'adduction, nous avons projeté un réseau à partir du barrage de Beni Slimane, et une distribution vers les parcelles par une desserte gravitaire après étude d'un tracé plus économique.

Pour les systèmes d'irrigation, nous avons insisté sur la nécessité d'introduction des techniques modernes telles que l'aspersion et le goutte à goutte, car l'augmentation des rendements des spéculations agricoles ne peut se faire qu'à travers des systèmes d'irrigation efficaces, en effet, dans la région d'étude l'agriculture est fortement extensive faute d'un système d'irrigation performant.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **Gobat J.M, Agrano M, Matthey W, 2010** : Le sol vivant, base de pédologie biologie des sols. Presses universitaires et romandes, EPFL, Lausanne, Suisse.
2. **Dubost d. 1992-** aridité, agriculture et développement : le cas des oasis algériennes in sècheresse no 2. Vol. 3.
3. **FAO 1975.** Les besoins en eau des cultures. Bull Fao n° 24.
BULLTIN DE FAO N° 36, L'irrigation localisée (Calcul, mise en place exploitation, contrôle du fonctionnement).FAO 1983.p33
4. **FAO.** Agriculture et rareté de l'eau : une approche programmatique pour l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la productivité agricole. COAG/2007/7, Rome, p 15 (2017).
5. Détection des œufs d'helminthes, AbwasserWasserwirtschaftWassertechnik, 16 ; 198-201 (1966).
6. **Hillel, D. 1988.** L'eau et le sol: Principes et processus physiques. Ed Academia, 288p.
7. **Tiercelin.** 2006. Traité d'irrigation, Lavoisier tec & doc, paris .1011p.
8. **Laborde J., 2009** ELEMENTS D'HYDROLOGIE DE SURFACE. ECOLE POLYTECHNIQUE DE L'UNIVERSITE DE NICE - SOPHIA ANTIPOLIS.
9. NAIT MOHAND Abde latif 2013 : *Elaboration d'un code de calcul pour le dimensionnement des réseaux d'irrigation par aspersion en couverture mobile.* **ENSH 2013.**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

10. **Ollier ch.et Poirée m.** (1981). Irrigation : les réseaux d'irrigation, théorie, technique et économie des arrosages. Ed. Eyrolles. paris.455p.
11. **Perrier A** (1975) Étude physique de l'évapotranspiration dans les conditions naturelles. I. Evaporation et bilan d'énergie de surfaces naturelles. In Annales agronomiques. 26 (1). 1-18.
12. **René Clément et Alain Galand** : 1979, L'irrigation par aspersion et réseaux collectif de distribution sous pression, édition, Eyrolles, Paris, pp : 10-147.
13. **L.Rieul** : 1992, Guide pratique d'irrigation, édition, CEMAGRF Paris, pp : 219-223.
14. **TOUAIBIA B.** (Manuel d'Hydrologie 3ème Année et Régularisation des débits 4ème année).

ANNEXES

Annexe 1

Coefficients culturaux (Kc)

2. COEFFICIENTS CULTURAUX (Kc)

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Arrière saison	Récolte	
Bananiier tropical	0.4-0.5	0.7-0.85	1.0-1.1	0.9-1.0	0.75-0.85	0.7-0.8
subtropical	0.5-0.65	0.8-0.9	1.0-1.2	1.0-1.15	1.0-1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3-0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9-0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
sec	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7-0.8
Chou	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.9-1.0	0.8-0.95	0.7-0.8
Coton	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.9	0.65-0.7	0.8-0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6-0.8	0.7-0.9	0.6-0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Maïs doux	0.3-0.5	0.7-0.9	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
grain	0.3-0.5*	0.7-0.85*	1.05-1.2*	0.8-0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon sec	0.4-0.6	0.7-0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8-0.9
vert	0.4-0.6	0.6-0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4-0.5	0.7-0.85	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Poivron, frais	0.3-0.4	0.6-0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8-0.9	0.7-0.8
Pomme de terre	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7-0.75	0.75-0.9
Riz	1.1-1.15	1.1-1.5	1.1-1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2-0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3-0.4	0.7-0.75	1.0-1.15	0.75-0.8	0.5-0.55	0.75-0.85
Soja	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.15	0.7-0.8	0.4-0.5	0.75-0.9
Betterave sucrière	0.4-0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9-1.0	0.6-0.7	0.8-0.9
Canne à sucre	0.4-0.5	0.7-1.0	1.0-1.3	0.75-0.8	0.5-0.6	0.85-1.05
Tournesol	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.7-0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
Tabac	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.2	0.9-1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomate	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.95	0.6-0.65	0.75-0.9
Pastèque	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.05	0.8-0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Blé	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.2-0.25	0.8-0.9
Luzerne	0.3-0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Agrumes sarclés						0.65-0.75
sans sarclage						0.85-0.9
Olivier						0.4-0.6

Premier chiffre : avec forte humidité (HRmin > 70%) et vent faible (U < 5 m/sec).
 Second chiffre : avec faible humidité (HRmin < 20%) et vent fort (> 5 m/sec).

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage n° 33, Tableau 18.

ANNEXES

Annexe 2

Le cycle végétatif des cultures envisagées

CULTURES / MOIS	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MARS	AVR	MAI	JUI	JUIL	AOUT
BLE / AVOINE			←————→									
ORGE GRAIN		←————→										
ORGE EN VERT		←————→										
MAIS								←————→				
TOMATE							←————→					
P DE TERRE AR SAIS		←————→										
LUZERNE		←————→										
OIGNON / AIL		←————→										
CHOUX	←————→											
CAROTTE	←————→											
HARICOT	←————→									←————→		
COMCOMBRE									←————→			
PETIT POIS			←————→									
PECHER	←————→											
POMMIER	←————→											
OLIVIER	←————→											


Annexe 3

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 4

Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30



Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30

1 buse
angle de jet 30°
Raccord fileté 1"

Ø de la buse mm	pression à la buse bar	portée m	débit m ³ /h	espacement m		surface irriguée m ²		densité d'aspersion mm/h	
				□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.
4,0	2,5	13	0,93	12/18	18/18	216	324	4,3	2,88
	3,0	14,5	1,02	18/18	18/24	324	432	3,16	2,36
	3,5	15,3	1,11	18/18	18/24	324	432	3,42	2,57
	4,0	16	1,19	18/18	18/24	324	432	3,71	2,76
4,2	2,5	13,5	1,04	12/18	18/24	324	432	4,8	2,42
	3,0	15	1,14	18/18	18/24	216	432	3,52	2,64
	3,5	15,8	1,23	18/18	18/24	324	432	3,8	2,85
	4,0	16,5	1,32	18/24	24/24	324	576	3,06	2,3
4,5	2,5	14	1,20	18/18	18/24	432	432	3,71	2,78
	3,0	15,5	1,32	18/18	18/24	324	432	4,07	3,05
	3,5	16,3	1,42	18/18	18/24	324	432	4,38	3,29
	4,0	17	1,52	18/24	24/24	324	576	3,52	2,64
4,8	2,5	14,5	1,38	18/18	18/24	432	432	4,27	3,2
	3,0	16	1,51	18/18	18/24	324	432	4,66	3,5
	3,5	16,5	1,63	18/24	24/24	324	576	3,78	2,82
	4,0	17	1,75	18/24	24/24	432	576	4,05	3,04
5,0	2,5	14,5	1,48	18/18	18/24	432	432	4,57	3,43
	3,0	16,5	1,63	18/18	18/24	432	432	5,04	3,77
	3,5	17	1,76	18/24	24/24	324	576	4,08	3,05
	4,0	17,5	1,88	18/24	24/24	324	576	4,35	3,26
5,5	2,5	15,2	1,82	18/18	18/24	432	432	5,62	4,22
	3,0	17	1,99	18/24	24/24	432	576	4,61	3,45
	3,5	17,5	2,14	18/24	24/24	324	576	4,95	3,71
	4,0	18	2,29	18/24	24/24	432	576	5,31	3,98
6,0	2,5	16,2	2,16	18/24	24/24	432	576	5,00	3,75
	3,0	17,5	2,37	18/24	24/24	432	576	5,50	4,12
	3,5	18	2,56	18/24	24/24	432	576	5,92	4,43
	4,0	18,5	2,74	18/24	24/24	432	576	6,35	4,76
7,0	2,5	17,5	2,96	18/24	24/24	432	576	6,9	5,1
	3,0	18,0	3,22	18/24	24/24	432	576	7,5	5,6
	3,5	18,5	3,48	24/24	24/24	576	576	6,0	6,0
	4,0	19,0	3,73	24/24	24/30	576	720	6,5	6,2

Figure IV.48 : fiche technique d'un arroseur

- Débit de l'asperseur

On le calcule par la relation (IV.9)

ANNEXES

Annexe 5
Etude de la rentabilité économique du projet de Haut Isser

rendement des cultures en irrigué (qx/ha)															
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
blé tendre	30,97	10,6	5,9	17,5	15,7	25,2	17,3	17,9	11,5	18,3	18	18,4	18,2	19,3	11,9
maïs	3	9	5,4	17,1	15	13,3	14,7	17,1	10,5	13,3	14,4	15,3	17	17,9	10,9
oignon	67	85	65,1	79,9	100	70,1	81,4	90,7	92,4	92,9	96,2	98,7	99	133,2	124,1
PT (s)	184,9	183	161,4	223,1	221,6	212,1	220,7	189,9	216,3	225,2	248,7	242,9	258,8	277,8	248,2
tomate	131	141	153,4	150,6	161	162,3	159	157	153	150,6	171,1	183,2	183,1	180,8	181,9
carotte	126	135	122,1	130,6	165,2	127,7	147,6	150	152,6	166,7	163,2	148,9	178	164,7	163,8
pommier	59,72	39,26	60,9	59,8	61,2	64,9	95	34	61,1	35	69	68,2	70,4	110,2	100
pecher	71,2	61,52	54,4	51,5	52,3	60	50	17	10,9	19	51,1	46	34,7	45,8	39
production (qx)															
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
blé tendre	7572,165	2591,7	1442,55	4278,75	3838,65	6161,4	4229,85	4376,55	2811,75	4474,35	4401	4498,8	4449,9	4718,85	2909,55
maïs	137,4	412,2	247,32	783,18	687	609,14	673,26	783,18	480,9	609,14	659,52	700,74	778,6	819,82	499,22
oignon	3604,6	4573	3502,38	4298,62	5380	3771,38	4379,32	4879,66	4971,12	4998,02	5175,56	5310,06	5326,2	7166,16	6676,58
PT (s)	11870,58	11748,6	10361,88	14323,02	14226,72	13616,82	14168,94	12191,58	13886,46	14457,84	15966,54	15594,18	16614,96	17834,76	15934,44
tomate	4205,1	4526,1	4924,14	4834,26	5168,1	5209,83	5103,9	5039,7	4911,3	4834,26	5492,31	5880,72	5877,51	5803,68	5838,99
carotte	4044,6	4333,5	3919,41	4192,26	5302,92	4099,17	4737,96	4815	4898,46	5351,07	5238,72	4779,69	5713,8	5286,87	5257,98
pommier	3648,892	2398,786	3720,99	3653,78	3739,32	3965,39	5804,5	2077,4	3733,21	2138,5	4215,9	4167,02	4301,44	6733,22	6110
pecher	4350,32	3758,872	3323,84	3146,65	3195,53	3666	3055	1038,7	665,99	1160,9	3122,21	2810,6	2120,17	2798,38	2382,9

ANNEXES

production (Kg)															
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
blé tendre	757216,5	259170	144255	427875	383865	616140	422985	437655	281175	447435	440100	449880	444990	471885	290955
maïs	13740	41220	24732	78318	68700	60914	67326	78318	48090	60914	65952	70074	77860	81982	49922
oignon	360460	457300	350238	429862	538000	377138	437932	487966	497112	499802	517556	531006	532620	716616	667658
Pomme de terre	1187058	1174860	1036188	1432302	1422672	1361682	1416894	1219158	1388646	1445784	1596654	1559418	1661496	1783476	1593444
tomate	420510	452610	492414	483426	516810	520983	510390	503970	491130	483426	549231	588072	587751	580368	583899
carotte	404460	433350	391941	419226	530292	409917	473796	481500	489846	535107	523872	477969	571380	528687	525798
pommier	364889,2	239878,6	372099	365378	373932	396539	580450	207740	373321	213850	421590	416702	430144	673322	611000
pecher	435032	375887,2	332384	314665	319553	366600	305500	103870	66599	116090	312221	281060	212017	279838	238290
Prix de revient(DA)															
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
blé tendre	14387113,5	4924230	2740845	8129625	7293435	11706660	8036715	8315445	5342325	8501265	8361900	8547720	8454810	8965815	5528145
maïs	618300	1854900	1112940	3524310	3091500	2741130	3029670	3524310	2164050	2741130	2967840	3153330	3503700	3689190	2246490
oignon	7209200	9146000	7004760	8597240	10760000	7542760	8758640	9759320	9942240	9996040	10351120	10620120	10652400	14332320	13353160
PT (s)	23741160	23497200	20723760	28646040	28453440	27233640	28337880	24383160	27772920	28915680	31933080	31188360	33229920	35669520	31868880
tomate	12615300	13578300	14772420	14502780	15504300	15629490	15311700	15119100	14733900	14502780	16476930	17642160	17632530	17411040	17516970
carotte	12133800	13000500	11758230	12576780	15908760	12297510	14213880	14445000	14695380	16053210	15716160	14339070	17141400	15860610	15773940
pommier	21893352	14392716	22325940	21922680	22435920	23792340	34827000	12464400	22399260	12831000	25295400	25002120	25808640	40399320	36660000
pecher	26101920	22553232	19943040	18879900	19173180	21996000	18330000	6232200	3995940	6965400	18733260	16863600	12721020	16790280	14297400

Annexe 6

Sortie sur site 20/04/2016 en compagnie de l'entreprise AMENHYDE



Plaine du périmètre du haut Isser (w.Medea 2016)



Regard pour l'emplacement d'une vidange (w.Medea 2016)



Picage d'une conduite secondaire à une borne d'irrigation



Regard pour l'emplacement d'une borne

Annexe 7

Perte de pression en fonction du débit circulant dans les tuyaux de polyéthylène équipant la plupart des enrouleurs