

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 DE PERMETTRE D'IRRIGATION D'EL AGBA
COMMUNE DE BIR EDHAB WILAYA
DE TEBESSA**

**PRESENTE PAR :
NEDJAR ESSAGHIR**

Devant les membres du jury

Noms et Prénoms	Grade	Qualité
Mr MEDDI MOHAMED	Professeur	Président
Mr KOLIAI DJAAFAR	Ing .chef	Examinateur
Mme SAADOUNE SAMRA	M.A.B	Examinatrice
Mme MEDJDOUB SONIA	M.A.A	Examinatrice
Mr AZZIB MAKHLOUF	Professeur	Promoteur

Juin- 2016

Dédicace



{قُلْ إِنَّ صَلَاتِي وَنُسُكِي وَمَحْيَايَ وَمَمَاتِي لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ لَا شَرِيكَ لَهُ وَبِذَلِكَ أُمِرْتُ وَأَنَا أَوَّلُ الْمُسْلِمِينَ}

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

Ma mère , mon père,

Mes sœurs et mon cher frère.

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

Je le dédie également à

Mes collègues :Fares, Didine ,chouchou, Housseem ,amine ,taki ,adel ,iheb et lamine

Mes amis : abderrazak, abdelali, zineddine, abdewahab, ayoub et les autres qui sont nombreux.

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

REMERCIEMENT

*Mes Remerciements vont, tout d'abord, à Mon Promoteur
Mr : AZZIB.M , qui a accepté de diriger mon travail .Il*

S'est montré Compréhensif et collaborateur

*Aux divers problèmes que j'ai rencontré, et ceci, malgré
Ses taches d'Enseignement. Qu'il trouve, ici, l'Expression*

Sincère de ma vive gratitude.

*Je suis également reconnaissant aux membres de Jury qui,
malgré leurs occupations, ont bien voulu examiner et discuter
mon travail ; je les en Remercie vivement.*

Je Remercie tout le personnel de l'ANRH

*Je Remercie mes Enseignants et tout le personnel de l'ENSH
pour leurs contributions à ma formation d'Ingénieur d'état en
hydraulique*

*Enfin, je voudrais souligner les contributions efficaces de tous
mes Proches et Amis qui m'ont aidé et soutenu moralement, tout
au long de la préparation de cette thèse. Ce soutien moral est
d'autant plus important que la rédaction d'une thèse. Je les
remercie encore une fois.*

MERCI

ملخص:

إن مشكلة نقص المياه المخصصة للسقي مسجلة في كثير من مناطق الجزائر وخاصة منها منطقة تبسة وهذا راجع إلى نقص الموارد المخصصة لهذه المادة من جهة وعدم الاستغلال الأمثل لهذه الموارد من جهة أخرى، خاصة مع تزايد هذا الاستغلال تماشياً مع النمو الملحوظ في قطاع الفلاحة. من خلال هذا المشروع قمنا بإجراء دراسة مفصلة لشبكة توزيع المياه للأراضي الفلاحية المتواجدة بمحاذاة واد «العقبة» وذلك انطلاقاً من الحوض الجبلي «العقبة» ببلدية بئر الذهب ولاية تبسة.

Résumé:

Le manque d'eau destinée à l'irrigation est un problème très connu en ALGERIE, aussi bien dans la région de Tébesa, et cela revient à la non disponibilité des ressources en eau d'une part, et d'autre part à la mauvaise exploitation de ces ressources, surtout avec l'augmentation de cette dernière vise à l'essor agricole remarquable

A travers ce projet nous avons fait une étude détaillée pour la projection d'un réseau d'adduction et de distribution de l'eau pour le périmètre d'irrigation sur Oued "EL AGBA" et à partir de la retenue collinaire de "EL AGBA", commune de BIR EDHAB wilaya de TEBESSA.

Abstract :

Lack of water for irrigation is a well-known problem in Algeria, and Tebessa is so exception. This is due to non-availability of water resources on the one hand, and to the undesired exploitation of these resources on the other hand, especially with a high level of water demand. The aim of this research project is the projection of a water adduction and distribution network for the irrigated perimeter of the valley of EL AGBA using the water resource coming from the mobilization of water at the level of the dam of EL AGBA.

SOMMAIRE

Introduction générale	1
CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles et agricoles	
I.1 Introduction	2
I.2 Localisation et présentation de la région d'étude	2
I.2.1 limites et accessibilité.....	3
I.2.2 Relief et pente :	3
I.2.3 Géologie	4
Hydrographie :	5
I.2.4 L'Agriculture et la végétation :	6
I.3 Etude climatologique	6
I.3.1 Présentation des stations météorologique et pluviométrique	7
I.3.2 Température de l'air	7
I.3.3 Les précipitations (Pluviométrie)	8
I.3.4 Humidité relative de l'air	10
I.3.5 Le Vent :	11
I.3.5.1 Fréquence des directions des vents par saison.....	11
I.3.5.2 Fréquence des directions des vents annuels	11
I.3.5.3 Vitesse moyenne mensuelle du vent.....	12
I.3.6 Insolation	12
I.3.7 Evaporation	13
I.3.8 Les gelées	14
I.3.9 Le siroco	14
I.3.10 La Neige	15
I.3.11 La grêle.....	15
I.4 Indices agro-météorologiques	15
I.4.1 Indice d'aridité annuel de De Martonne (1926)	15
I.4.2 Indice d'aridité mensuel de De Martonne	16
I.4.3 Quotient pluviothermique d'Emberger (1955).....	17
I.4.4 le diagramme ombrothermique de Gaussen	18
I.4.5 Comparaison des indices climatiques	19

I.5 Conclusion :	20
------------------------	----

CHAPITRE II : Analyse des ressources en sols

II.1 Introduction :	21
II.2 Le levé pédologique.....	21
II.3 Classification des sols de la zone d'étude	21
II.3.1 Les sols peu évolués d'origine non climatiques d'apport alluvial modaux	22
II.3.2 Les sols calcimagnésiques carbonatés bruns calciques vertiques.....	22
II.3.2 Les sols calcimagnésiques saturés bruns calciques modaux	22
II.4 Les contraintes édaphiques à la mise en valeur	25
II.4.1 profondeur du sol	25
II.4.2 texture et structure du sol	25
II.4.3 présence d'encroûtement et croûte calcaire superficielle	26
II.4.4 Erosion	26
II.5 Etude des aptitudes culturales.....	26
II.5.1 Les cultures céréalières et fourragères	26
II.5.2 Les cultures maraichères.....	26
II.5.3 Les cultures arboricoles	26
II.5.4 Assolement-Rotation proposés	27
II.6 Capacité pour l'eau.....	29
II.6.1 La réserve utile en eau RU	29
II.6.2 La réserve facilement utilisable RFU	29
II.7 Conclusion.....	32

CHAPITRE III : Analyse des ressources en eau

III.1 Introduction.....	33
III.2 Les eaux souterraines de la nappe de MORSOTTE (BIR EDHEB).....	33
III.3 La retenue collinaire d'EL AGBA.....	34
III.3.1 Situation géographique	34
III.3.2 Caractéristiques de la digue.....	35
III.3.3 L'évacuateur des crues	36
III.3.4 Prise d'eau et vidange de fond.....	36

III.4	Qualité de l'eau de La retenue collinaire	36
III.4.1	La Salinité.....	37
III.4.2	L'alcalinité.....	38
III.4.2.1	Classification selon diagramme proposé par l'US Salinity Laboratory :	39
III.4.2.2	Classification des eaux par la méthode de Wilcox :	39
III.4.3	Carbonate de sodium résiduel (RSC) :	40
III.4.4	Toxicité et normes d'interprétation d'une analyse d'eau	41
III.4.4.1	Le diagramme de Piper pour les facies chimiques.....	41
III.4.4.2	Toxicité et normes:	42
III.5	Etude Statistique des pluies annuelles	43
III.6	Choix de l'échantillon à analyser.....	43
III.7	Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique	43
III.8	Choix des lois de probabilités	45
III.8.1	Ajustement à la loi de Gauss ou loi normal.....	45
III.8.2	Test de validité de l'ajustement à la loi de Gauss.....	47
III.8.3	Loi du log normal ou loi de Galton	47
III.8.4	Test de validité de l'ajustement à la loi de Galton	49
III.9	Détermination de l'année de calcul	49
III.10	Conclusion	50

CHAPITRE IV : Choix des techniques d'arrosage

IV.1	Introduction	51
IV.2	Les Différentes Techniques D'irrigation.....	51
IV.2.1	L'irrigation de Surface	51
IV.2.1.1	Irrigation Par Ruissellement.....	51
IV.2.1.2	Irrigation Par Submersion	52
IV.2.1.3	L'irrigation Mixte.....	53
IV.2.2	L'irrigation Par Aspersion.....	53
IV.2.3	L'irrigation Localisée.....	54
IV.3	Les avantages et les inconvénients des techniques d'arrosages.....	55
IV.3.1	Techniques D'irrigation De Surface.....	55
IV.3.2	Techniques d'irrigation sous pression.....	55
IV.3.3	L'irrigation Localisée	56

IV.3.4 L'irrigation Souterraine.....	56
IV.4.1 Choix Des Techniques D'irrigation.....	57
IV.4.2 Les Contraintes A La Mise En Valeur.....	57
IV.4.2.1 Les Contraintes Climatiques	57
IV.4.2.2 Les Contraintes Edaphiques	57
IV.5 La Micro Irrigation (Irrigation Localisée)	58
IV.5.1 Définition, Principe Et Origine	58
IV.6.1 Efficacité De Transport	61
IV.6.2 Efficacité De Distribution :	62
IV.6.3 Efficacité De L'uniformité :	62
IV.6.4 Système d'irrigation appliqué dans la zone d'étude.....	62
IV.6.5 Utilisation des éléments fertilisants:	62
IV.6.6 Effet sur l'environnement et la santé	63
IV.7 Conclusion :.....	64

CHAPITRE V : Estimation des besoins en eau d'irrigation

V.1 Introduction.....	65
V.2 Estimation de l'évapotranspiration	65
V.2.1 Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP)	65
V.2.1.1 Méthode de Thornthwaite	66
V.2.1.2 Méthode de Blaney – Criddle généralisée	67
V.2.1.3 Méthode de Turc	68
V.2.1.4 Méthode de Penman- Monteith-FAO	69
V.2.1.5 Critique et choix.....	70
V.2.2 Estimation de l'évapotranspiration maximale (ETM)	71
V.3 Estimation de la pluie efficace	72
V.4 Calcul des besoins nets en eau d'irrigation	73
V.5 Calcul des besoins bruts en eau d'irrigation.....	74
V.6 Calcul des besoins en eau de lessivage	79
V.7 Comparaison entre les besoins du périmètre et la capacité de la retenue	80
V.8 Le mode de distribution d'eau d'irrigation	81
V.8.1 Une distribution au tour d'arrosage.....	81
V.8.1.1 Tour d'arrosage à module fixe	81

V.8.1.2 Tour d'arrosage à module variable	82
V.8.2 Une distribution à la demande	82
V.9 Calcul de débits.....	83
V.9.1 Débit fictif continue (Qf)	83
V.9.2 Débit spécifique (qs)	83
V.9.3 Débit caractéristique	84
V.10 Calcul des doses de l'arrosage	85
V.10.1 Détermination de la dose l'arrosage pratique (Dp).....	85
V.10.2 Fréquence d'arrosage (N)	85
Conclusion:	88

CHAPITRE VI : Étude de réseau d'adduction et de distribution

VI.1 Introduction	89
VI.2 Le réseau d'irrigation	89
VI.2.1 Types et variantes d'adduction :	90
VI.2.2 Choix de la variante:.....	90
VII.2.3 Choix du tracé d'adduction :	90
VI.3 Réseau de distribution :	91
VI.3.1 Le plan de bornage	91
VI.3.2 Choix du tracé des bornes	92
VI.3.3 Débits aux bornes	92
VI.3.4 Choix du type et de diamètre de la borne	93
VI.4 Choix du type de tuyaux :	94
VI.5 Calcul des diamètres des canalisations	95
VI.6 Calcul de perte de charge dans les conduites	97
VI.7 Calcul de pression aux bornes et nœuds	98
Conclusion	100

CHAPITRE VII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte

VII.1 Introduction	101
VII.2 Données générales	101

VII.2.1 point de fourniture d'eau :.....	102
VII.2.2 L'unité de tête :	102
VII.2.3 la conduite principale :.....	103
VII.2.4 porte rampes :.....	103
VII.2.5 les rampes :	104
VII.2.6 les distributeurs :	104
VII.3 Dimensionnement :	105
VII.3.1. Détermination de la fréquence d'arrosage	105
VII.3.2 Calcul de la nouvelle dose réelle.....	105
VII.3.3 La détermination de la durée d'arrosage pour une dose brute.....	105
VII.3.4 Calcul de la durée d'arrosage par jour	105
VII.4 Le dimensionnement hydraulique	106
VII.4.1 La conduite principale.....	106
VII.4.2 Porte rampe	106
VII.4.3 Les rampes	106
VII.4.4 Dimensionnement de la conduite d'approche.....	107
Conclusion	110

CHAPITRE VIII : Organisation de chantier et estimation de cout

VIII.1 Introduction.....	111
VIII.2 Les actions reçus par les conduites:	111
VIII.3 Exécution des travaux:	112
VIII.3.1 Vérification, manutention des canalisations :.....	112
VIII.3.2 : Décapage de la couche de terre végétale ou goudron.....	112
VIII.3.3 Excavation des tranchées:.....	112
VIII.3.3.1 : Calcul de la largeur de tranchée :.....	113
VIII.3.3.2 : Calcul de la profondeur de tranchée :	113
VIII.3.4 : Aménagement du lit de sable :	114
VIII.3.5 : Pose de canalisation:.....	114
VIII.3.5.1 : Principe de pose des canalisations :.....	114
VIII.3.5.2 : Pose de canalisation dans un terrain ordinaire :.....	114
VIII.3.5.3 : Pose de canalisation dans un mauvais terrain :.....	115

Figure VIII.1 : Pose de conduite dans mauvais terrain.....	115
VIII.3.5.4 Pose de canalisation en galerie :	115
Figure VIII.2 : Pose de canalisation en galerie.....	116
VIII.3.5.5 Traversées des routes	116
VIII.3.5.6 Traversée d'une rivière ou oued :	117
Figure VIII.5 : la traversé d'une rivière ou oued	117
VIII.3.6 Accessoires :.....	118
VIII.3.6.1 Les robinets vannes :.....	118
VIII.3.6.2 Robinet d'arrêt :	118
VIII.3.6.3 Les vannes papillons :.....	118
VIII.3.7 L'épreuve des joints et canalisations principales :	118
VIII.3.8 Remblaiement des tranchées:	119
VIII.3.9 Volume excédentaire :	119
VIII.4 Calcul du volume de terrassements :.....	120
VIII.4.1 Décapage de la couche végétale ou la couche du goudron.....	120
VIII.4.2 Calcul du volume de déblai :	120
VIII.4.2.1 Calcul du volume de déblai pour le canal principal (Adduction):	120
VIII.4.3 Calcule du volume de lit de sable :	121
VIII.4.4 Calcul du volume de remblai :	121
VIII.4.5 Volume excédentaire :	122
VIII.5 Devis estimatif pour	123
VIII.5.1 Devis estimatif pour L'adduction	123
VIII.5.2 Devis estimatif pour la galerie :.....	123
VIII.5.3 Devis estimatif pour les accessoires :	123
VIII.5.4 Devis estimatif hors taxe du projet :	123
VIII.5.5 Devis estimatif Total avec TVA de notre projet :.....	124
Conclusion générale	126
Annexes.....	128

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles et agricoles

Figure I.1 : Localisation de la région d'étude	2
Figure I.2 : situation des périmètres d'irrigation dans le bassin MEDJERDA-MELLEQUE	3
Figure I.3 : Lithologie du bassin versant de l'oued El Agba	4
Figure I.4 : Coupes géologiques dans la plaine El Agba (traverse le périmètre)	5
Figure I.5 : situation du réseau hydrographique dans le bassin MEDJERDA-MELLEQUE.....	6
Figure I.6 : Variation de la température moyenne mensuelle à la station de Tébessa.....	7
Figure I.7 : Précipitation moyenne mensuelles	8
Figure I.8 : Carte des précipitations annuelles moyennes de l'Est algérien	8
Figure I.9 : Distribution mensuelle de l'Humidité relative de l'air	9
Figure I.10 : rose des vents saisonnière de la zone d'étude	10
Figure I.11 : Distribution fréquentielle de la durée d'insolation totale	11
Figure I.12 : Répartition mensuelle de l'évaporation	12
Figure I.13 : Abaque de l'indice d'aridité annuel de De Martonne.....	15
Figure I.1: Climagramme d'Emberger	17
Figure I.13: Diagramme de Gaussen pour la zone du projet	18
Figure I.14: Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Algérie	18

CHAPITRE II : Analyse des ressources en sols

Figure II.1: L'interface de logiciel du logiciel Soil Water Characteristics	31
---	----

CHAPITRE III : Analyse des ressources en eau

Figure III.1 : Carte d'aptitude des eaux à l'irrigation selon la classification de Richards pour la nappe de Morsotte (juillet 2002)	34
Figure III.2 : Photo satellitaire montre les ouvrages de base de la retenue collinaire EL AGBA (source : Google earth, 2016)	36
Figure III.3 : Diagramme pour déterminer la qualité évaluée d'une eau d'irrigation à partir de son coefficient d'absorption du sodium (SAR) et de sa conductivité électrique (US salinity Laboratory Staff, 1953)	40
Figure III.4 : Diagramme de Wilcox pour déterminer la qualité évaluée d'une eau pour l'irrigation.....	41
Figure III.5 : Diagramme de Piper pour classifier les facies chimiques d'une eau pour l'irrigation.....	42
Figure III.6: L'interface de logiciel du logiciel Diagramme.....	43
Figure III.4 : Ajustement graphique pour les pluies à une loi de Gauss	47
Figure III.5 : Ajustement graphique pour les pluies à une loi de Galton	48

CHAPITRE IV : Choix des techniques d'arrosage

Figure IV.1. Irrigation par planche de ruissellement (Tamzi, 2003).....	50
Figure IV.2 Irrigation à la raie (Tamzi, 2003).....	51
Figure IV.3 Irrigation par submersion (Tamzi, 2003).....	52
Figure IV.4. Partie essentielle d'une installation en aspersion classique (Tamzi, 2003).....	53
Figure IV.5 Partie essentielle d'une installation localisée (Tamzi, 2003).....	54
Figure IV.6 livraison des engrais par produit (DAC, 2008).....	60

CHAPITRE V : Estimation des besoins en eau d'irrigation

Figure I.1 : L'évapotranspiration mensuelle selon les méthodes utilisées	68
--	----

CHAPITRE VII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion

Figure VII.1 : Composantes d'un système d'aspersion	97
Figure VII.2 : Schéma de couverture intégrale présentant une rampe ou tertiaire et les différents composants	99
Figure VII.3 : dispositif d'implantation en couverture intégrale	99

CHAPITRE VIII : Organisation de chantier

Figure VIII.1 : Schéma d'une tranchée	111
Figure VIII.2 : Coupe transversale de la traversée de route.....	113
Figure VIII.3 : Coupe longitudinale de la traversée de route	113
Figure VIII.4 : la traversé d'une rivière ou oued.....	114
Figure VIII.5 : Schéma d'installation des bornes dans une conduite en béton	114
Figure VIII.6 : photo d'une borne implantée dans une conduite en béton	114

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles et agricoles

Tableau I.1 : Caractéristiques des stations météorologique et pluviométrique	6
Tableau I.2 : Températures moyennes mensuelles de la zone d'étude	6
Tableau I.3 : Les précipitations mensuelles enregistrées à la station de Meskiana	7
Tableau I.4 : Distribution mensuelle de l'humidité relative de l'air	9
Tableau I.5 : les directions des vents	10
Tableau I.6 : Fréquence moyenne interannuelle des vents par directions	10
Tableau I.7 : Vitesse moyenne mensuelle du vent	11
Tableau I.8 : Distribution fréquentielle de la durée d'insolation totale (1992-2006)	11
Tableau I.9 : Répartition mensuelle de l'évaporation	12
Tableau I.10 : Nombre de jour de gelée	13
Tableau I.11 : Nombre de jours moyen mensuel de siroco	13
Tableau I.12 : Le nombre moyen mensuel de jours avec de la neige	13
Tableau I.13 : Nombre moyen mensuel de jours de grêle	14
Tableau I.14 : Classification du climat selon Indice d'aridité de De Martonne	14
Tableau I.15: Indices d'aridité mensuels (I) à la région d'étude	16
Tableau I.16 : les valeurs moyennes mensuelles des températures et des pluies	17

CHAPITRE II : Analyse des ressources en sols

Tableau II.1 : Les différents profils représentatifs des sols dans le périmètre d'étude	21
Tableau II.4 : calendrier des principales cultures préconisées	28
Tableau II.5 : Assolement - rotation proposé.....	29
Tableau II.6 : Les pourcentages proposés aux différentes cultures	29
Tableau II.7 : Valeurs de la densité apparente, capacité de rétention	31
Tableau II.8 : Résultats des analyses données par logiciel du logiciel Soil Water Characteristics	32
Tableau II.9 : Les profondeurs d'enracinements des différentes cultures	33

CHAPITRE III : Analyse des ressources en eau

Tableau III.1 : Caractéristique techniques de la retenue collinaire	35
Tableau III.2 : caractéristiques de la digue	36
Tableau III.3 : caractéristiques de l'évacuateur des crues	37
Tableau III.4 : Caractéristiques de l'eau d'irrigation	38
Tableau III.5 : Classification de la salinité des eaux selon la conductivité électrique	39
Tableau III.6 : Classification de L'alcalinité des eaux selon le SAR	40

Tableau III.7 : Norme d'interprétation d'une analyse d'eau pour l'irrigation.....	42
Tableau III.8 : Test de Mood pour la station de Meskiana	44
Tableau III.9 : Ajustement à une loi de Gauss	46
Tableau III.10 : Ajustement à une loi de Galton	47
Tableau III.11 Test de khi-deux pour les deux lois	48
Tableau III.12 Précipitation mensuelle de l'année de calcul	48

CHAPITRE V : Estimation des besoins en eau d'irrigation

Tableau V.1 : Valeurs de l'ETP estimées par la formule de Thornthwaite	64
Tableau V.2 : Valeurs de l'ETP estimées par la méthode de Blaney-Criddle généralisée	65
Tableau V.3 : Valeurs de l'ETP estimées par la méthode de Turc	65
Tableau V.4 : Valeurs de l'ETP estimées par la Méthode de Penman- Monteith-FAO	67
Tableau V.5 Tableau V.6 : Coefficient cultural (Kc), en fonction du stade végétatif de la	68
Tableau V.6 : Les précipitations efficaces par les différentes méthodes	69
Tableau V.7 : Besoins nets en eau d'irrigation (mm/mois)	72
Tableau V.8 : Tableau récapitulatif des besoins nets en eau d'irrigation (mm/mois)	74
Tableau V.9 : Tableau récapitulatif des besoins bruts en eau d'irrigation (mm/mois)	75
Tableau V.10 : Besoins totaux annuels	77
Tableau V.11 : Débit fictif continue pour chaque mois	81
Tableau V.12: Débit fictif continu pour chaque culture durant le mois de pointe	82
Tableau V.13: Débit caractéristique de chaque parcelle d'irrigation	83
Tableau V.14: Doses et fréquences d'arrosage	84

CHAPITRE VI : Étude de réseau d'adduction et de distribution

Tableau VI.1 : Débit caractéristique de chaque îlot (bornes) d'irrigation	89
Tableau VI.2 : Choix du diamètre de la borne	89
Tableau VI.3 : Les diamètres des bornes et des prises	90
Tableau VI.4 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en PEHD	91
Tableau VI.5 : Seuil des vitesses admissibles en fonction des diamètres dans les conduites gravitaires	92
Tableau VI.6 : Diamètres des canalisations et vitesses d'écoulement	93
Tableau VI.7 : Pertes de charge dans les canalisations	94
Tableau VI.8 : La pression aux bornes et nœuds en (m.c.e)	95

CHAPITRE VII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion

Tableau VII.1 : Caractéristiques de la parcelle à irriguer	97
Tableau VII.2 : récapitulatif des résultats de dimensionnement de réseau d'irrigation	108

CHAPITRE VIII : Organisation de chantier

Tableau VIII.1 : Devis quantitatif et estimatif pour la réalisation du réseau d'adduction et de distribution	116
---	-----

LISTE DES LANCHES

Planche N° 1: Plan de situation du périmètre d' EL AGBA W. TEBESSA

Planche N° 2: Carte des sols du périmètre d' EL AGBA W.TEBESSA .

Planche N° 3: Plan d'ensemble du périmètre d'EL AGBA W.TEBESSA .

Planche N° 4: Profile en long de la conduite principal

Introduction générale

Avec le développement socio-économique d'une part, et la forte pression démographique et urbanistique d'autre part, la demande en eau ne cesse de s'accroître. En Algérie, l'agriculture consomme entre 60 et 70 % des ressources en eau. Compte tenu de ce qui précède, nous sommes obligés aujourd'hui à gérer cette ressource de manière intégrée et efficace, dans une perspective de long terme, et ainsi trouver des solutions pour répondre à la demande.

En effet plus le climat est aride, plus la ressource en eau est limitée alors que les besoins en irrigation sont importants pour la production agricole. Dans le domaine de l'irrigation la solution consiste à identifier les futurs projets en adoptant les techniques et les procédés d'arrosage qui utilisent d'une façon rationnelle et efficace les volumes d'eau réservés. Donc c'est de faire tout un Plan de gestion environnemental qui s'occupera de l'analyse des sols et des eaux superficielle et souterraines.

Notre étude consiste à faire monter un projet d'aménagement hydro agricole d'un périmètre situé à l'aval de la retenue collinaire EL AGBA.

Le périmètre d'EL AGBA se situe au nord-ouest du chef-lieu de la wilaya de TEBESSA sa superficie est de 131Ha. La topographie est quasi plane légèrement ondulée avec une pente d'exposition générale S- NO. Les principales cultures pratiquées sont les fourragères et les céréales jusqu'à l'heure actuelle.

La région d'étude présente un faciès pluviométrique insuffisant (climat semi-aride), avec un complément en irrigation peu important. Les productions de l'ensemble des cultures pratiquées actuellement sont d'une rentabilité très faible par rapport aux normes. Dans la réalité, les doses d'eau restent le facteur limitant de la productivité agricole. Certes, le complément d'eau a été dans la plupart du temps assuré par le système d'irrigation.

La réalisation de la retenue collinaire EL AGBA permet aux terres agricoles situées immédiatement à l'aval de la digue sur les rives de l'oued EL AGBA, de bénéficier des eaux présentes dans cette dernière.

Notre travail s'inscrit dans cette perspective, il s'agit de dimensionner un réseau d'adduction et de distribution permettant, l'approvisionnement du périmètre d'EL AGBA. Le réseau hydraulique est composé de conduites circulaires enterrées, où le transport de l'eau est assuré gravitairement. Nous avons détaillé cette étude en 08 chapitres qui contiennent tous les paramètres concernant le projet.

CHAPITRE I :

Analyse des conditions naturelles et agricoles

CHAPITRE I : Analyse des conditions naturelles et agricoles

I.1 Introduction

Lors de chaque étude de base d'un projet d'irrigation, il est indispensable de faire une analyse complète des différents paramètres climatiques de la zone d'étude, ainsi que les principales caractéristiques physico-chimiques des sols concernant la zone d'étude. Ces données servent comme éléments de base à l'élaboration du projet d'irrigation.

I.2 Localisation et présentation de la région d'étude

La zone d'étude est située au lieu dit « EL AGBA » à environ de 6 Km au sud du village MORSOTTE au nord du chef lieu de la Wilaya de Tébessa à l'extrême EST Algérien ; les terres à irriguer sont situées immédiatement à l'aval de la digue de la retenue collinaire EL AGBA .

La zone d'étude est comprise entre les coordonnées UTM suivantes :

$X_1 = 941938.984$ m et $X_2 = 943971.340$ m

$Y_1 = 3948154.317$ m et $Y_2 = 3950861.226$ m

Administrativement, la zone d'étude est rattachée à la commune de Bir d'Heb , Daïra de MORSOTTE.



Figure I.1 : Localisation de la région d'étude

I.2.1 limites et accessibilité

Les terres à irriguer sont situées à l'aval de la retenue collinaire El Agba, de part et d'autre de l'oued Meskiana. L'aire d'étude est traversée longitudinalement par l'oued Agba .

L'accès à l'aire d'irrigation est possible par des pistes aménagées reliant la retenue collinaire et la route qui relie la commune de Morsotte à la commune de EL Hammamet (W83) .

I.2.2 Relief et pente :

Le bassin hydrographique MEDJERDA-MELLEGUE (cf. **Figure I.2**) est subdivisé en trois (03) zones distinctes :

La zone nord (ZI) montagneuse et pluvieuse fortement boisée.

La zone médiane (ZII) semi aride et peu pluvieuse.

La zone sud (ZIII) steppique dans laquelle est intégré le projet de l'aire d'irrigation oued AID.

Le relief de la région d'étude est très accidenté, présentant des mamelons marno calcaires sur les élévations notamment entre les côtes 96 0m et 970m; ce qui signifie une pente assez forte. Par conséquent, la propagation des crues sera très importante et engendrera un apport solide très appréciable.

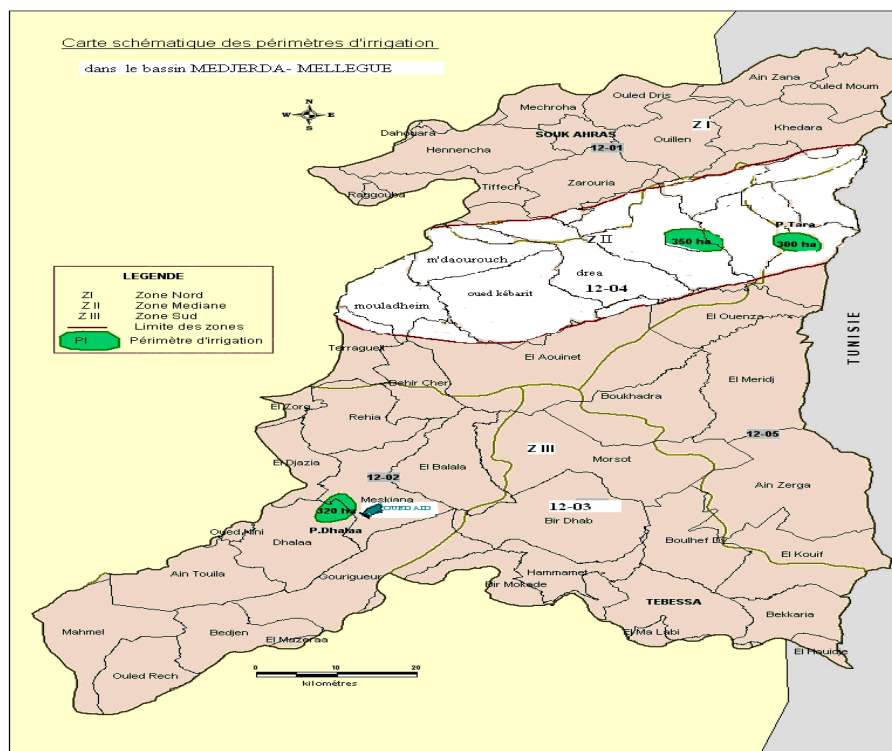


Figure I.2 : situation des périmètres d'irrigation dans le bassin MEDJERDA-MELLEGUE

I.2.3 Géologie

Le bassin de MEDJERDA-MELLEGUE se trouve dans la partie orientale des hautes plaines constantinoises, selon les travaux géologiques (J.M. VILA, 1980) sur le bassin ont montré qu'il s'agit de terrains sédimentaires autochtones. Ces formations sont constituées de :

- Terrains anciens représentés par le Trias à faciès lagunaire, apparaissant en diapirs ;
- Très importantes assises d'âge crétacé (Aptien et Maestrichtien) formées de marnes et de calcaires ;
- Des grès et des calcaires gréseux marins formant la base du Miocène
- Divers recouvrements continentaux représentant le Mio-Plio-Quaternaire

Deux grands ensembles représentent la litho-stratigraphie du bassin de MEDJERDA-MELLEGUE:

- Le premier est constitué essentiellement par les formations crétacées et tertiaires quiaffleurent dans les bordures ;
- Le second est formé, en général, par un recouvrement Mio-Plio-Quaternaire qui se dépose dans la plaine ;

Ces deux ensembles constituent une série stratigraphique complète décrite comme suit (Figure I.3):

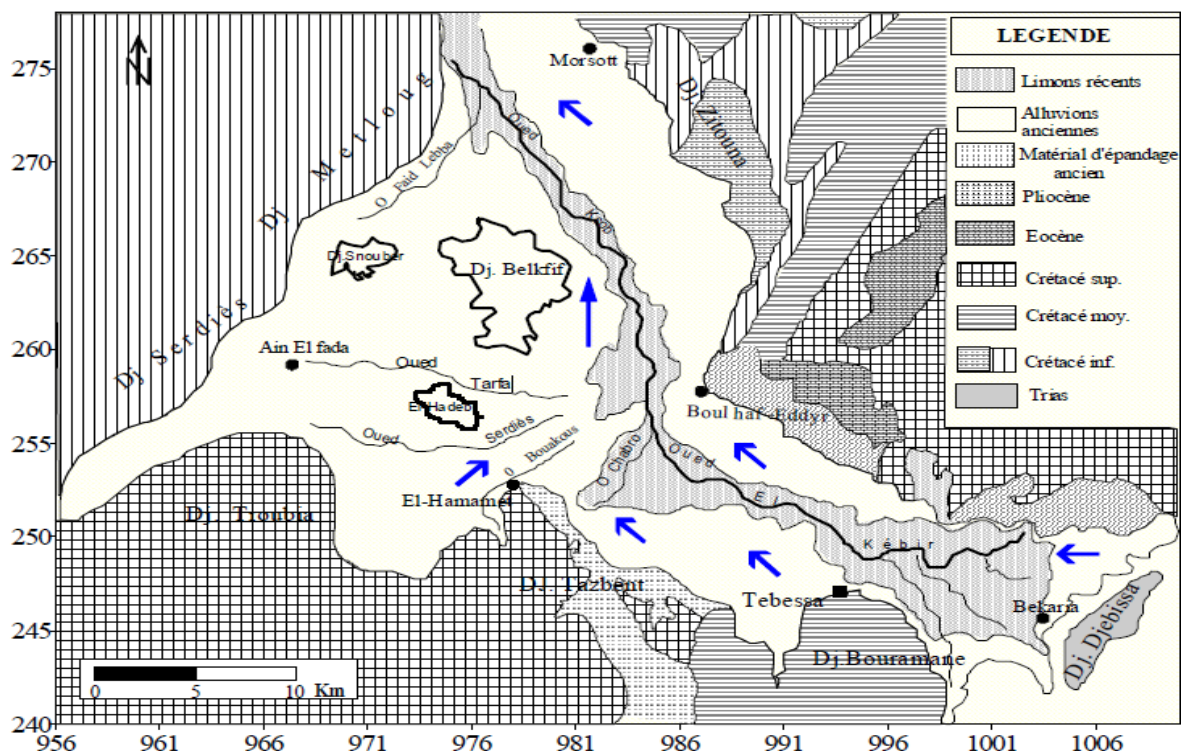


Figure I.3 - Lithologie du bassin versant de l'oued « Al Agba » (d'après : G. DUROZOY et M. BOUILLON, 1956 ; J.L. BLÈS et J.J. FLEURY, 1970 ; S. GUELLAL et J.M. VILA, 1973, 1977-a, 1977-b, 1977-c ; S. DOZET et al., 1985 ; J.M. KOWALSKI, 2002).

La région d'étude est constituée dans son ensemble de formations quaternaires et crétacées. Le crétacé est représenté par :

-Turonien basal : est formé d'une série épaisse de marnes grises, des marnes calcaires en plaquettes, des marno-calcaires, des calcaires marneux brunâtres avec une épaisseur pouvant atteindre 270 m (**Figure I.3**). Dans les marnes calcaires et les calcaires marneux, de nombreuses empreintes d'inocérames ont été déterminées. Les marnes argileuses renferment de grosses globigérines.

-Turonien moyen et supérieur: sont représentés par des marnes beiges à grises, qui alternent avec des calcaires zoogénies noduleux.

Les formations du Quaternaire recouvrent toutes les formations l'exception du Sud de la plaine (où on peut observer une formation crétacé). Les sédiments quaternaires sont variés (croûtes calcaires massives, de limons fins, de sables fins, de graviers et d'alluvions argileuses qui se déposent des deux côtés de l'Oued). (MFE.MOUDJARI Nacerddine)

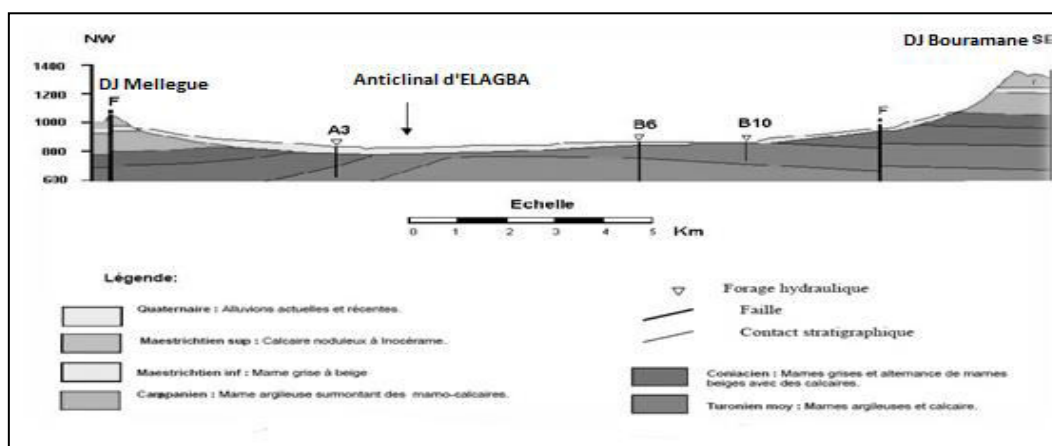


Figure I.4: Coupes géologiques dans la plaine d'EL AGBA (traverse le périmètre).

Hydrographie :

La région d'étude fait partie du grand bassin versant de Medjerda-Mellègue (12) et du sous bassin (03) (Cf. **Figure I.2**)

Le bassin MEDJERDA- MELLEGUE présente un chevelu hydrographique très ramifié dense et hiérarchisé de plus de 4000 km représenté par 47 oueds principaux dont l'écoulement est temporaire.

L'Oued Mellegue résulte de la jonction de deux affluents :

Oued Chabro et Oued Meskiana qui coulent respectivement selon les directions S-E / Nw et Sw / N-E

Oued Mellegue reçoit sur sa rive gauche les eaux d'Oued Kebarit qui rencontre sur son trajet Oued Guefara, Oued Merah El Bel et Oued Maksouba, et dans sa rive droite Oued Mellegue reçoit les eaux d'Oued El Besbas

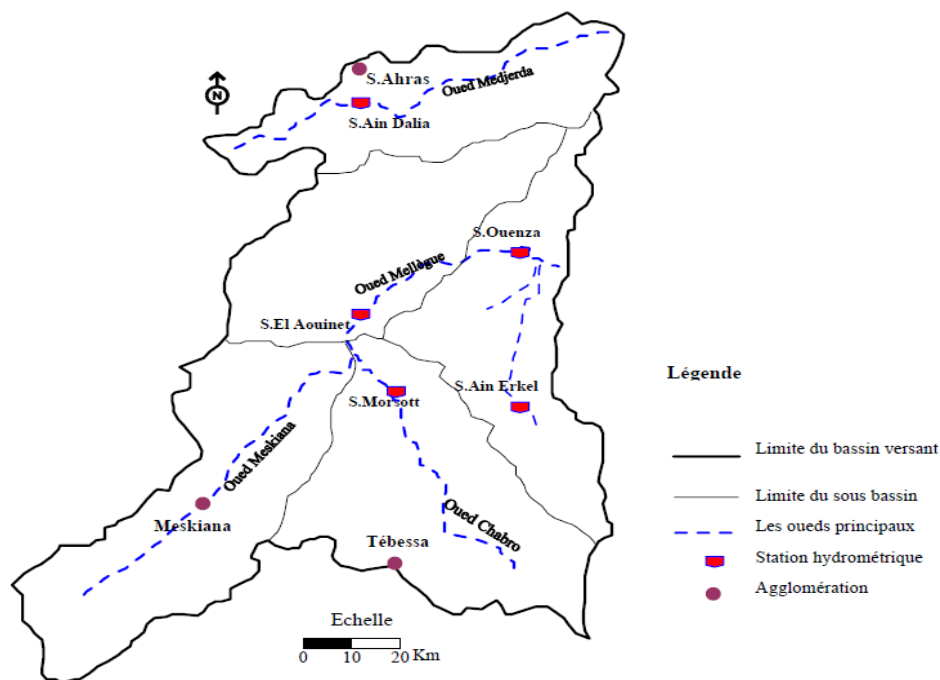


Figure I.5 : situation du réseau hydrographique dans le bassin MEDJERDA-MELLEQUE

I.2.4 L'Agriculture et la végétation :

La région d'étude appartient à un domaine sub-saharien, qui se distingue par un climat semi-aride à faibles précipitations (334mm/an) et par conséquent le développement du couvert végétal est limité généralement steppique très clairsemé à base d'armoïse blanche (chih) et d'ampélodesma (diss) et de harmatun (harmel) .

En effet, cette région appartient agro-écologiquement aux hautes plaines de oued Meskiana intérieures orientales céréalières, qui ont des microclimats généralement contraignants (hiver froid à très froid, été chaud à très chaud et sec). La pluviosité est généralement limitée et l'eau d'irrigation constitue l'élément clé du système de culture mis en place. Durant les années pluvieuses où l'eau d'irrigation est disponible, on rencontre les cultures maraîchères, les cultures fourragères et les céréales avec un assolement biennal (céréale/jachère), alors que durant les années de sécheresse, les cultures maraîchères et fourragères seront réduites et on se contente des céréales pour seulement équilibrer les revenus des agriculteurs.

I.3 Etude climatologique

Comme le climat et ses composantes tels que la température, les précipitations, le vent et l'humidité relative de l'air, contrôle de nombreux phénomènes tel que l'évapotranspiration, il devient important de l'évaluer et traiter bien ses données afin de faire une estimation correcte des besoins en eau des différents cultures.

La température et l'humidité sont les facteurs climatiques les plus importants. Elles influent directement ou indirectement sur le développement de la végétation.

I.3.1 Présentation des stations météorologique et pluviométrique

La station météorologique de Tébessa est située à l'environ de 29 Km du périmètre à irriguer. Toutefois, nous avons préféré utiliser les données de la station pluviométrique de Meskiana, car elle possède une série d'observations plus longue et contient peu de lacunes, elle est située à 19.5 Km du périmètre.

Tableau I.1 : Caractéristiques des stations météorologique et pluviométrique

Station	Dénomination	Coordonnées		Altitude
Météorologique	Tébessa	35°52' N	07°07' E	888 m
Pluviométrique	Meskiana	35°38' N	07°40' E	850 m

I.3.2 Température de l'air

La température est un élément fondamental du climat. Sa variation influe sur le degré d'évapotranspiration et par conséquent elle conditionne l'évaporation et le cycle végétatif des cultures. En plus, la température a un rôle important dans la variation des composantes du bilan hydrologique.

Pour l'estimation des températures, nous avons utilisé les relevés des moyennes mensuelles des températures d'une période de 20 ans (1990-2009) enregistrée au niveau de la station de Tébessa. Elles sont portés dans le tableau suivant :

Tableau I.2 : Températures moyennes mensuelles de la zone d'étude

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Annuel
Tmoy(C°)	22.65	16.55	11.85	7.25	6.10	7.5	10.10	14.05	18.3	23.45	26.80	26.25	15.85
Tmin (C°)	20.1	13.6	8.5	5	3.9	4.4	7.2	9.6	12.8	18.7	24.7	23	12.62
Tmax(C°)	25.2	20.5	15.2	9.5	8.3	10.6	13	18.5	23.8	28.2	28.9	29.5	19.26

Source : Station météorologique de Tébessa(1990-2009)

Les températures moyennes, minimales et maximales sont reportées graphiquement comme suit :

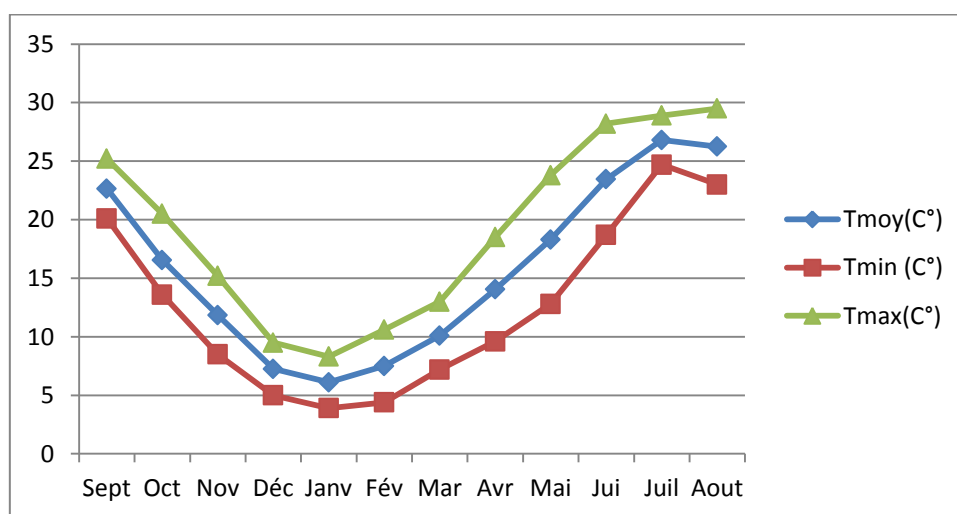


Figure I.6 : Variation de la température moyenne mensuelle à la station de Tébessa pour la période (1990-2009)

Le régime de température est caractérisé par l'été sec et chaud et l'hiver relativement doux. La température moyenne annuelle est de 15.85°C.

En été, la température moyenne mensuelle varie de 23°C à 27°C, les maxima absolus étant entre 37°C et 43°C. Juillet est le mois le plus chaud. En hiver, la température moyenne mensuelle varie de 7°C à 9°C, les maxima absolus étant entre 15°C et 27°C et minima absolus étant entre - 5°C et +1°C. Janvier est le mois le plus froid.

Pour les 6 dernières années, la température moyenne annuelle a augmenté de 1°C

I.3.3 Les précipitations (Pluviométrie)

Pour l'exploitation des données des pluies, nous nous sommes référés à la Station de Meskiana, qui dispose d'un pluviomètre et d'un pluviographe. Nous avons pris en considération un échantillon de données qui va de l'année 1980 jusqu'à 2005. Les précipitations mensuelles moyennes (mm) sont données dans le tableau suivant:

Tableau I. 3 : Les précipitations mensuelles enregistrées à la station de Meskiana (1980-2005):

Année	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
80/81	49.80	14.00	16.80	26.50	14.20	22.20	15.30	41.70	33.60	49.40	6.70	4.50	294.70
81/82	42.70	44.20	43.80	15.60	18.40	35.60	22.40	36.20	59.21	14.80	4.80	26.70	364.41
82/83	7.00	33.20	46.30	12.80	42.20	48.60	22.70	17.60	13.60	17.90	7.80	28.30	298.00
83/84	11.40	32.70	4.30	32.90	13.70	41.40	41.30	19.00	21.00	6.80	0.00	15.40	239.90
84/85	23.70	21.20	16.80	43.00	25.70	15.90	64.50	15.40	57.40	22.20	15.90	6.00	327.70
85/86	66.55	12.60	16.75	36.40	10.50	19.00	60.90	2.50	26.80	13.20	36.50	23.00	324.70
86/87	15.83	25.40	36.60	16.70	10.20	17.40	42.60	19.20	33.30	34.20	13.70	5.00	270.13
87/88	14.44	22.60	30.20	27.50	12.70	2.00	23.80	27.60	56.10	41.40	11.50	36.50	306.34
88/89	18.00	13.50	23.90	25.40	43.30	10.40	34.70	26.30	19.00	45.30	8.70	101.30	369.80
89/90	38.60	7.80	31.60	18.70	43.00	19.50	40.60	50.80	48.35	17.10	13.20	115.60	444.85
90/91	37.50	29.40	60.10	34.50	32.40	31.30	44.30	25.00	54.90	14.40	8.50	35.60	407.90
91/92	58.90	52.40	39.60	14.20	20.30	24.90	22.30	25.60	71.70	23.20	13.40	24.50	391.00
92/93	44.08	28.40	61.05	48.40	5.30	27.90	19.40	14.50	22.36	13.80	7.10	2.30	250.51
93/94	16.05	26.20	9.90	19.50	44.20	20.90	9.40	13.30	31.70	50.60	14.50	6.70	262.95
94/95	82.00	36.80	7.40	5.70	88.00	23.50	52.40	30.20	12.70	15.80	7.60	3.50	365.60
95/96	94.90	33.70	28.00	8.20	10.50	60.90	39.30	30.50	13.83	27.60	7.50	15.50	370.43
96/97	56.00	5.00	42.60	22.90	27.60	4.00	27.80	50.70	12.06	12.00	0.00	19.40	280.06
97/98	32.10	40.50	26.70	13.50	51.50	2.00	15.70	9.90	18.51	36.30	13.00	13.30	273.01
98/99	42.10	51.70	36.30	27.90	23.70	11.70	31.80	15.40	80.00	22.00	5.00	13.60	361.20
99/00	20.30	48.70	39.50	23.20	20.00	14.80	6.10	12.00	50.96	36.50	10.00	8.50	290.56
00/01	41.20	32.70	13.50	13.90	22.80	16.00	5.50	11.10	31.60	28.00	6.00	46.70	269.00
2001/2002	35.84	6.00	56.00	6.80	12.30	16.00	33.50	26.00	11.44	5.00	15.00	85.00	308.88
2002/2003	32.60	77.90	59.30	36.50	53.50	25.50	31.00	64.50	83.70	30.90	16.20	36.80	548.40
2003/2004	48.80	35.40	80.77	122.50	12.50	13.40	41.80	13.70	20.80	4.50	6.30	13.50	413.97
2004/2005	46.54	18.30	4.24	31.80	32.10	15.00	35.50	55.50	23.90	21.00	9.50	46.60	339.98
Moyenne	38.87	30.01	33.28	27.40	27.62	21.59	31.38	26.17	36.34	24.16	10.34	29.35	334.96

Source : station pluviométrique de Meskiana (1980-2005)

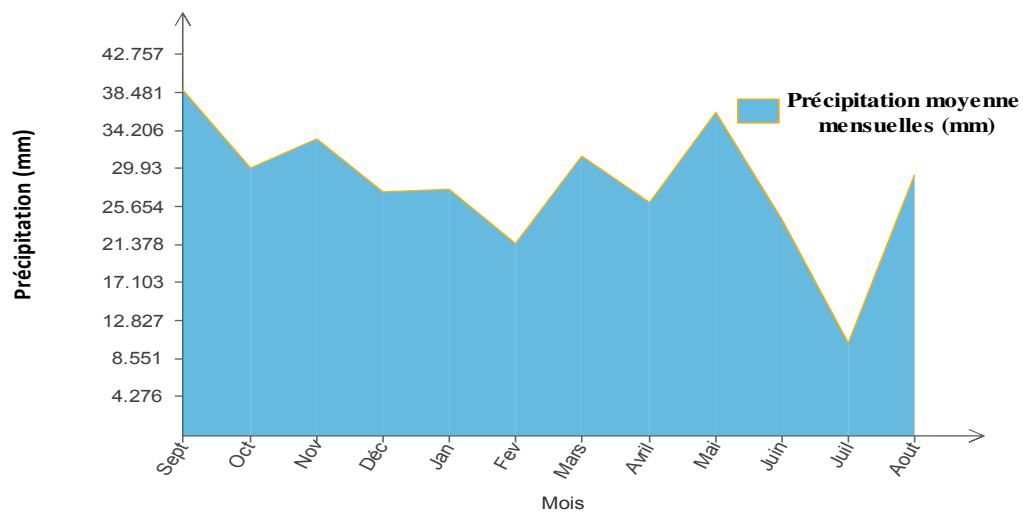


Figure I.7 : Précipitation moyenne mensuelles (1980-2005)

La pluviométrie n'est pas régulière, et varie suivant les mois et les années. D'après le tableau et le graphe on remarque la moyenne annuelle des précipitations est de 334.96 mm sur une série de 25ans (1980-2005). Ceci est vérifié en se référant à la carte des précipitations moyennes annuelles, établie par l'ANRH sur une période de 60 ans (**Figure I.6**).

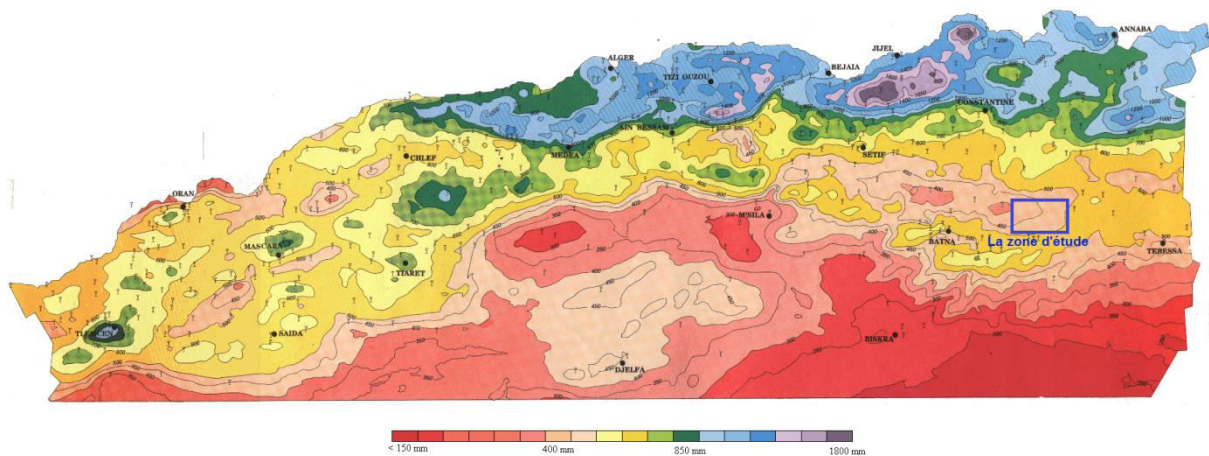


Figure I.8 : Carte des précipitations annuelles moyennes de l'Est algérien (A.N.R.H., 1993)

La précipitation maximale est enregistrée aux mois de septembre et mai. La précipitation minimale est enregistrée aux mois de février et juillet. La saison automnale est la plus pluvieuse avec 102.16 mm suivie par la saison printanière avec une moyenne de 93.89 mm.

Une forte variabilité dans la répartition des précipitations tant par mois à l'intérieur de l'année que dans le plan pluriannuel, crée des difficultés pour l'agriculture dans la région envisagée. Pour cette raison, la création d'un périmètre d'irrigation y est d'actualité.

I.3.4 Humidité relative de l'air

Parmi les paramètres climatiques nécessaires, l'humidité relative de l'air qui représente le degré de saturation de l'air en vapeur d'eau. Dans la partie continentale du pays, on note les écarts interannuels de l'humidité de l'air dépassent 30%.

Les valeurs minimales de l'humidité relative de l'air se produisent en général en juillet, alors que les maximales en janvier. En raison de leur faible variation annuelle, les valeurs moyennes mensuelles de l'humidité relative ne donnent qu'une idée générale de la distribution de ce paramètre, et ne présentent pas une grande importance pratique.

Tableau I. 4: Humidité relatives moyennes mensuelles (Données Seltzer humidité relevée à 7 h)

MOIS	J	F	M	A	M	J	JUI	A	S	O	N	D	Année
AIN BEIDA	75.3	70.8	67.5	62.3	58	48.9	41.3	47.1	57.7	63.4	72.5	77.3	61.8
Tébessa	77	75	67	59	60	53	49	54	66	71	76	77	65

Source : Station météorologique de Tébessa et Ain Beida (1990-2009)

L'humidité relative varie d'un mois à l'autre durant toute l'année :

- Pour la st d'AIN BEIDA, l'humidité moyenne annuelle est de 61.8 %.

Elle atteint le maximum (77,3 %) au mois de décembre et le minimum durant le mois d'Août (47,1 %).

- Pour la station de Tébessa, l'humidité moyenne annuelle est de 65 %.

Elle atteint le maximum aux mois de décembre et janvier (77 %) et le minimum durant le mois de juillet (49 %).

Les valeurs de l'humilité témoignent du caractère semi-aride de la région.

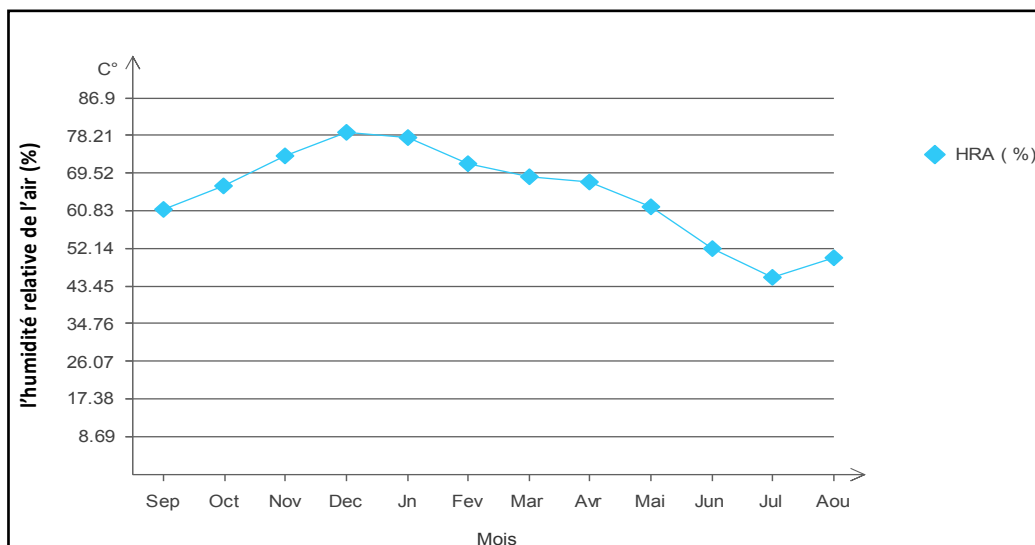


Figure I.9 : Distribution mensuelle de l'Humidité relative de l'air (%)

I.3.5 Le Vent :

Pour caractériser le régime de vent nous avons dépouillé les données de la station météorologique Tébessa.

I.3.5.1 Fréquence des directions des vents par saison

La fréquence des vents dominants par directions et par saison est donnée dans le tableau suivant :

Tableau I.5 : les directions des vents

	Hiver	Printemps	Été	Automne
Nord	3.9	5	4.6	2.5
Nord-est	4.5	12.1	13.2	4.5
Est	2.1	4.8	4.7	1.5
Sud-est	0.9	2.1	1.2	0.9
Sud	0.5	1.8	1.1	0.9
Sud-ouest	1.9	2.7	2.7	2.9
Ouest	13.5	8.0	6.9	15.6
Nord-ouest	11.2	7.1	5.5	7.9

Source : Station météorologique de Tébessa

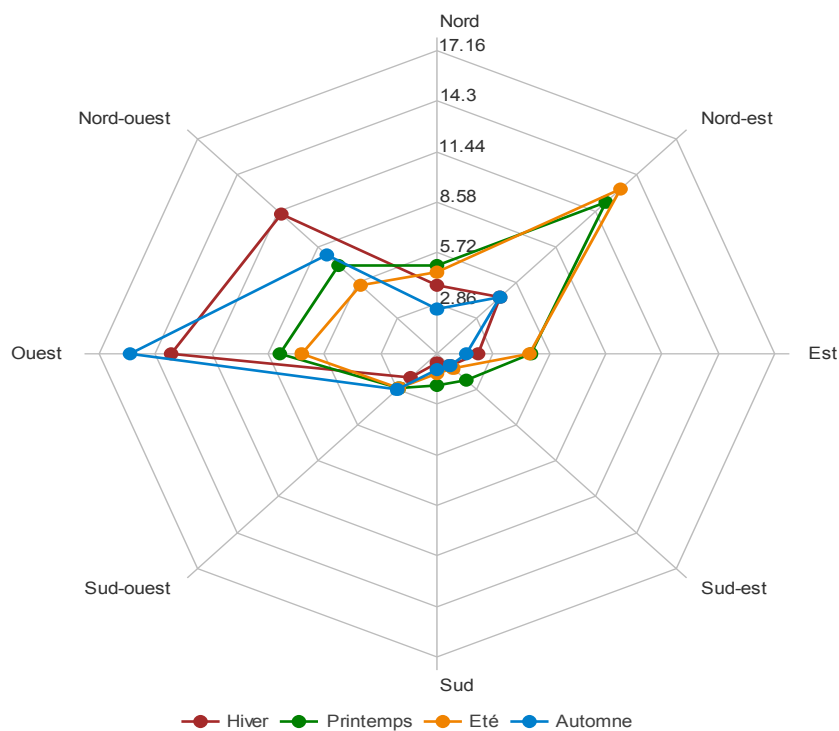


Figure I.10 : rose des vents saisonnière de la zone d'étude

I.3.5.2 Fréquence des directions des vents annuels

La fréquence annuelle des vents dominants par directions est donnée dans le tableau suivant

Tableau I.6 : Fréquence moyenne interannuelle des vents par directions

Direction	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Fréquence %	11.7	2.6	2.4	3.1	4.6	8.1	10.2	13.9

Source : Station météorologique de Tébessa (1991-2006)

Les vents dominant au niveau de la zone d'étude sont de direction Nord Ouest.

I.3.5.3 Vitesse moyenne mensuelle du vent

Elle est donnée par le tableau suivant :

Tableau I.7 : Vitesse moyenne mensuelle du vent

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jn	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Annuel
Vitesse du vent (m/s)	1.35	1.53	1.61	1.87	1.71	1.94	2.05	1.98	2.04	1.93	2.21	2.38	1.9

Source : Station météorologique de Tébessa (1992-2006)

La vitesse moyenne annuelle du vent est 1,9 m/s. La vitesse moyenne mensuelle minimale du vent est de 1,98 m/s (Août), celle moyenne mensuelle maximale atteint 2,38 m/s (Décembre).

I.3.6 Insolation

L'insolation est un paramètre climatique que l'on utilise pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle.

La durée moyenne mensuelle de l'insolation est celle calculée d'après les données de la station météorologique de Tébessa.

Tableau I.8 : Distribution fréquentielle de la durée d'insolation totale (h) (1992-2006)

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Jun	Juil	Aout	Annuel
Durée d'insolation (heures)	242.40	226.80	175.70	153.20	161.20	180.60	237.60	244.70	275.50	293.20	339.00	296.30	2826.20

Source : Station météorologique de Tébessa (1991-2006)

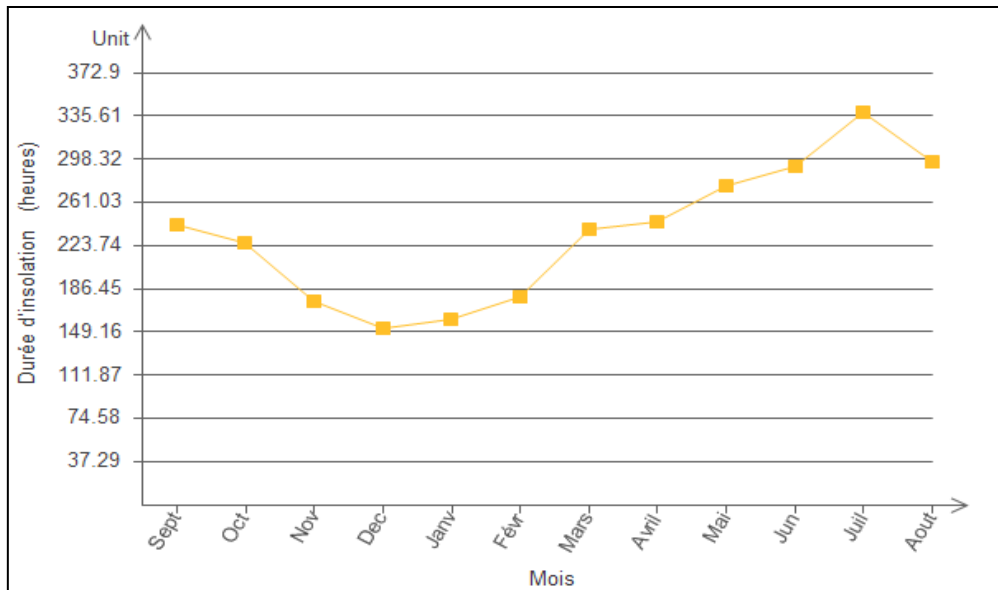


Figure I.11 : Distribution fréquentielle de la durée d'insolation totale (h) (1992-2006)

La durée de l'insolation annuelle est de 2826.20 heures, la durée d'insolation est importante durant les mois de mai à aout et moins importante du mois de janvier à décembre.

I.3.7 Evaporation

Les valeurs de l'évaporation moyenne mensuelle et annuelle des plans d'eau dans la région d'étude sont estimées à partir des données d'observation mesurées niveau de la station météorologique de Tébessa.

Tableau I.9 : Répartition mensuelle de l'évaporation

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
Evaporation (mm)	188.95	139.75	84.20	65.55	62.05	77.45	109.95	126.20	177.30	259.85	320.05	290.95	1902.25

Source : Station météorologique de Tébessa (1990-2009)

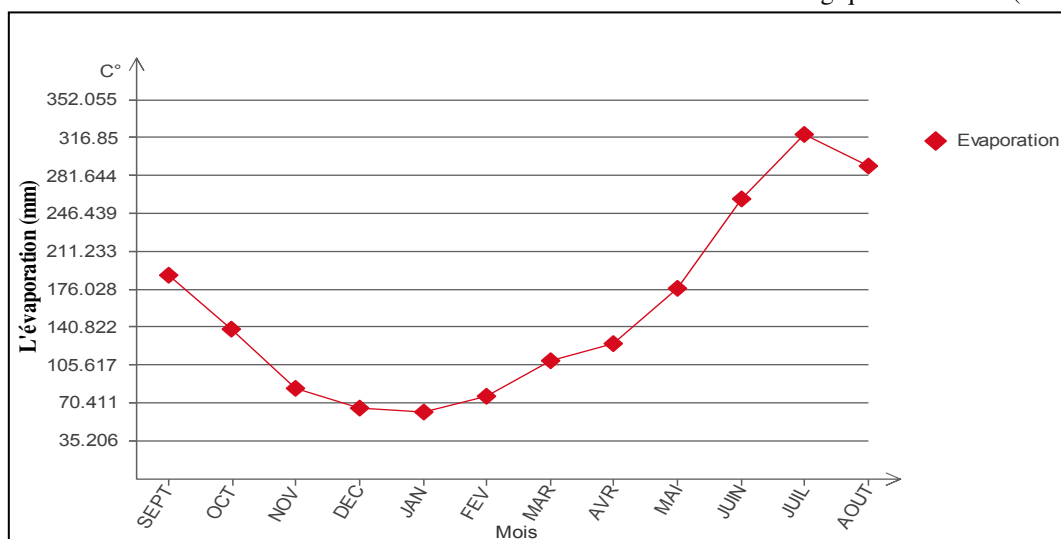


Figure I.12 : Répartition mensuelle de l'évaporation (mm)

L'examen de ce tableau montre que l'évaporation est importante durant les mois de mai à

septembre correspond à un volume évaporé de 65.03 % et faible du mois de novembre à mars où le volume évaporé est de 34.97 %.

Les valeurs moyennes minimales et maximales de la tension de vapeur d'eau se situent respectivement en mois de janvier (62.05 mm) et au mois de juillet (320.05 mm).

I.3.8 Les gelées

Les gelées sont, en général, dues à l'interaction de 2 phénomènes. Le passage d'une masse d'air froid (Température inférieure à 0° C), des pertes de chaleur excessive par rayonnement ou par évaporation.

En hiver c'est surtout le passage des masses d'air froid qui provoque les gelées noires. Au printemps et automne, les gelées dites « de rayonnement » ou gelées blanches, résultent surtout des pertes de chaleur par rayonnement et parfois par évaporation.

Le nombre moyen mensuel de jours avec les températures négatives (gèle) fourni par la station de Tébessa

Tableau I.10 : Nombre de jour de gelée

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
Nombre de jours avec gèle	0	0	2.8	7.5	12.4	8.1	4.25	0.85	0.05	0	0	0	35.95

Source : Station météorologique de Tébessa (1990-2009)

Dans la zone considérée, les gelées peuvent avoir lieu aux mois de janvier et de mars ce qui représente un risque pour les cultures agricoles surtout en période de semis.

Les gelées peuvent avoir lieu durant les mois de novembre jusqu'au mois de avril, dont le plus grand nombre est enregistré en Janvier avec 12.40 jours de gelée.

I.3.9 Le siroco

Le siroco peut être observé dans n'importe quel mois de l'année. C'est le vent sec et chaud qui assèche le sol et fait augmenter l'évapotranspiration des plantes et de ce fait il constitue un danger pour les cultures agricoles.

Le nombre de jours moyen de siroco pris d'après les données de la station météorologique de Tébessa pour la période de 1990 – 2009, est indiqué dans le tableau suivant :

Tableau I. 11 : Nombre de jours moyen mensuel de siroco

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
Nombre de jours avec siroco	0	0.1	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.75	0.35	0.55	1.95

Source : Station météorologique de Tébessa (1990-2009)

Le tableau I.11 montre une période bien déterminée de l'année, qui s'étale du mois d'Avril à Octobre avec un nombre de jours moyen annuelle de 1.95 jours.

I.3.10 La Neige

Le nombre moyen mensuel de jours avec de la neige tombante, selon les données de la station météo de Tébessa pour une période de 20 ans (1990-2009), figure au tableau suivant :

Tableau I.12 : Le nombre moyen mensuel de jours avec de la neige

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Annuel
Nombre de jours avec de la neige	0.00	0.00	0.20	1.20	1.80	1.8	0.65	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	5.95

Source : Station météorologique de Tébessa (1990-2009)

La neige peut tomber en période novembre – avril. Le plus souvent elle est observée en février et janvier. Le nombre moyen de jours avec de la neige tombante est de 5.95 jours par an.

I.3.11 La grêle

Le nombre moyen mensuel de jours où il y a de la grêle est donné dans le tableau suivant :

Tableau I.13 : Nombre moyen mensuel de jours de grêle

Mois	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Annuel
Nombre de jours de grêle	0.1	0.05	0.05	0	0	0.05	0	0.05	0.2	0.05	0.1	0.15	0.8

Source : Station météorologique de Tébessa (1990-2009)

Dans la zone étudiée le plus souvent il y a de la grêle au mois de mai. Le nombre moyen de jours où il y a de la grêle est de 0.8 jour par an.

I.4 Indices agro-météorologiques

Afin de comprendre bien et caractériser les phénomènes du climat d'une zone d'étude il faut une aide complémentaire tel que celle d'indices ou de diagrammes; permettant de comparer les climats d'une région à l'autre. Ils prennent en compte l'offre pluviométrique, la demande évaporatoire et les températures. Ceux qui sont les plus couramment utilisés sont les suivants :

I.4.1 Indice d'aridité annuel de De Martonne (1926)

Il nous permet de connaître le degré de sécheresse de la région. Il est fonction des températures et des précipitations ; il est calculé par la relation suivante :

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

I : indice d'aridité annuel

P : précipitations moyennes annuelles en mm.

T : températures moyennes annuelles en °C

Application :

P = 334.96 mm

T = 15.85 °C

Ce qui donne :

$$I_A = 12.95$$

Suivant les valeurs de (I), De Martonne a établi la classification suivante :

Tableau I.14 : Classification du climat selon Indice d'aridité de De Martonne

Valeur de (I _A)	Type de climat	Irrigation
≤ 5	Hyperaride	Indispensable
5-7.5	Désertique	
7.5-10	Steppique	
10-20	Semi-aride	Souvent indispensable
20-30	Tempère	Parfois utile
≥30	Humide	Utile

Selon la classification de Martonne ; notre climat est Semi-aride, ce qui rend l'irrigation nécessaire.

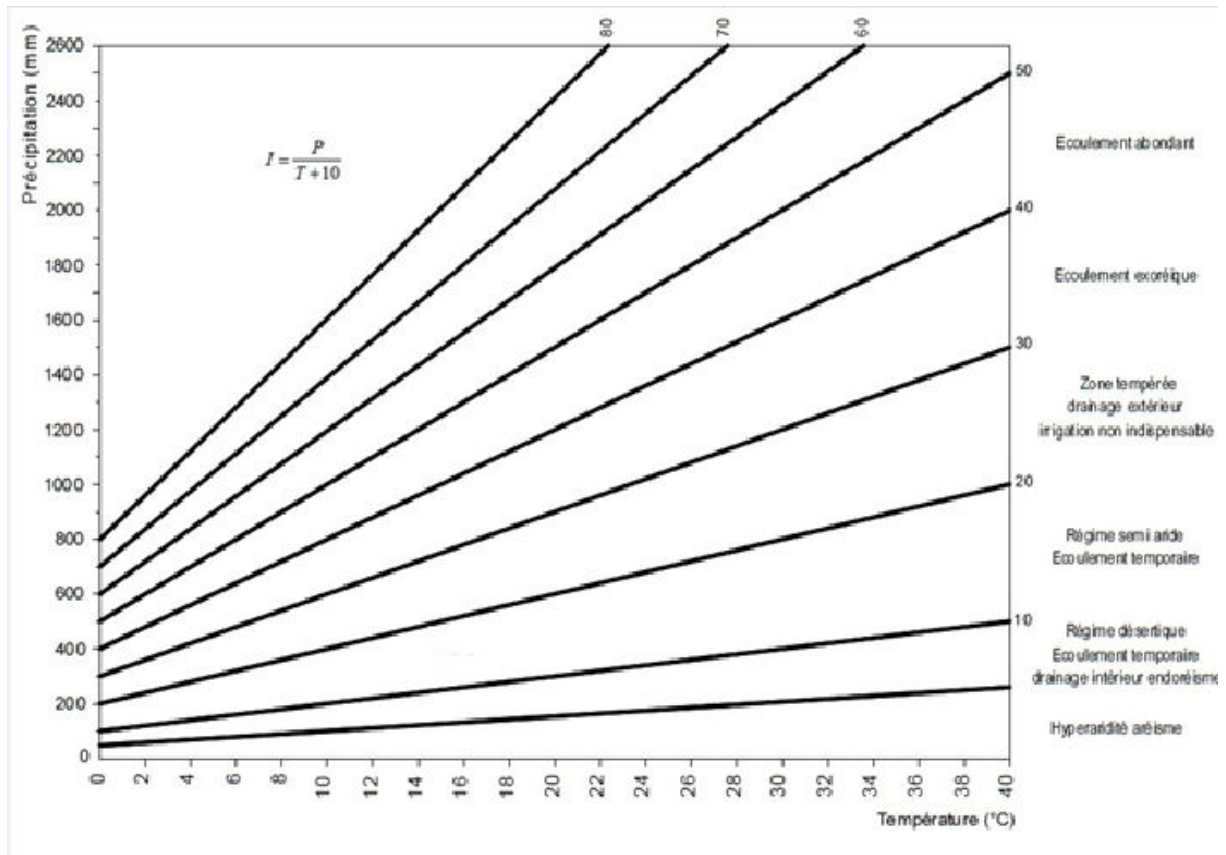


Figure I.13: Abaque de l'indice d'aridité annuel de De Martonne.

I.4.2 Indice d'aridité mensuel de De Martonne

L'indice d'aridité mensuel est défini par la relation suivante :

$$I = \frac{12P}{T+10} \quad (I.2) \text{ où}$$

I : indice d'aridité mensuel

P : Précipitations moyennes mensuelles en mm

T : Température moyenne mensuelle en C°.

L'application de la formule (I.2) a permis de dresser le tableau suivant :

Tableau I.15: Indices d'aridité mensuels (I) à la région d'étude.

Mois	I	Type de climat
Septembre	14.26	Semi-aride
Octobre	13.56	Semi-aride
Novembre	18.27	Semi-aride
Décembre	19.04	Semi-aride
Janvier	20.46	Tempère
Février	15.17	Semi-aride
Mars	18.73	Semi-aride
Avril	13.86	Semi-aride
Mai	15.74	Semi-aride
Juin	8.72	Steppique
Juillet	3.43	Hyperaride
Août	9.71	Steppique

Selon la classification précédente par **De Martonne**, les mois de septembre, octobre, novembre, décembre, février, avril et mai présentent un climat semi-aride. Le mois de janvier a un climat tempéré. Les mois de juin, et août sont caractérisés par un climat steppique, alors que le mois de juillet devient hyperaride.

I.4.3 Quotient pluviométrique d'Emberger (1955)

Pour déterminer les climats de la zone méditerranéenne, **L. Emberger** a proposé la détermination d'un quotient pluviométrique Q_2 , qui dépend des précipitations moyennes annuelles et des moyennes de températures minima et maxima, respectivement des mois le plus froid et le plus chaud. Il propose donc la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2} \quad (I.3) \text{ où}$$

P : précipitation moyenne annuelle (mm)

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (K°)

m : moyenne des minima du mois le plus froid (K°)

L'application numérique donne les résultats suivants :

P = 334.96 mm

M = 299.94 °K

m = 279.25 °K

Ce qui donne :

$$Q_2 = 57.91$$

Et on se référant au diagramme bioclimatique la valeur de Q_2 situe notre zone permet de dire que le climat type semi-aride.

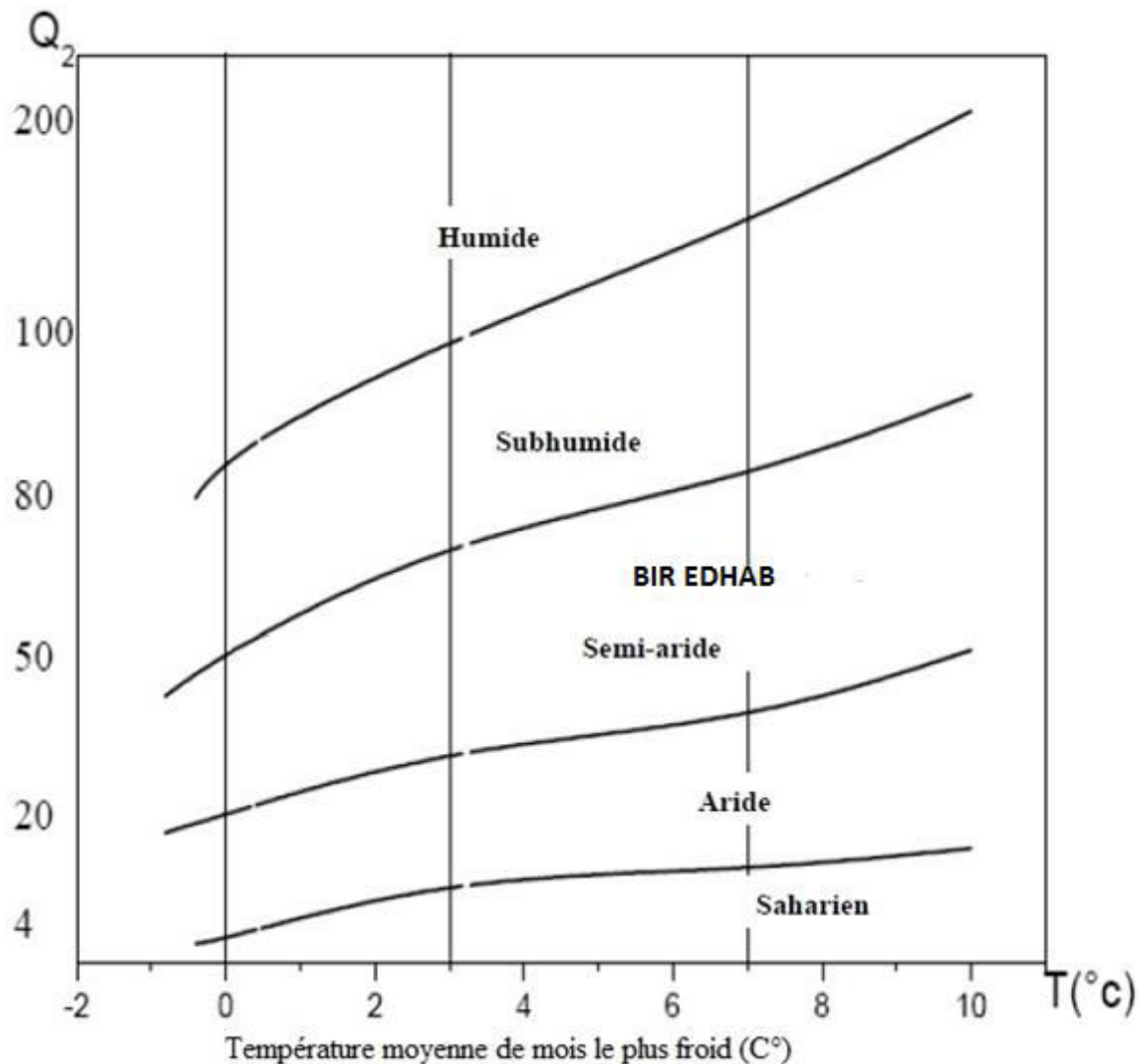


Figure I.14: Climagramme d'Emberger

I.4.4 le diagramme ombrothermique de Gaussen

Les données climatiques sont exploitables aussi par le climagramme de Gaussen ou on peut distinguer les périodes où on a besoin d'irriguer ; la méthode consiste à représenter dans le même graphique les mois en abscisses et les précipitations et les températures moyennes tout en respectant l'échelle $P=2T$.

Tableau I.16 : les valeurs moyennes mensuelles des températures et des pluies

	Mois											
	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
Pmoy(mm)	38.87	30.01	33.28	27.40	27.62	21.59	31.38	26.17	36.34	24.16	10.34	29.35
T moy(C°)	22.65	16.55	11.85	7.25	6.10	7.5	10.10	14.05	18.3	23.45	26.80	26.25

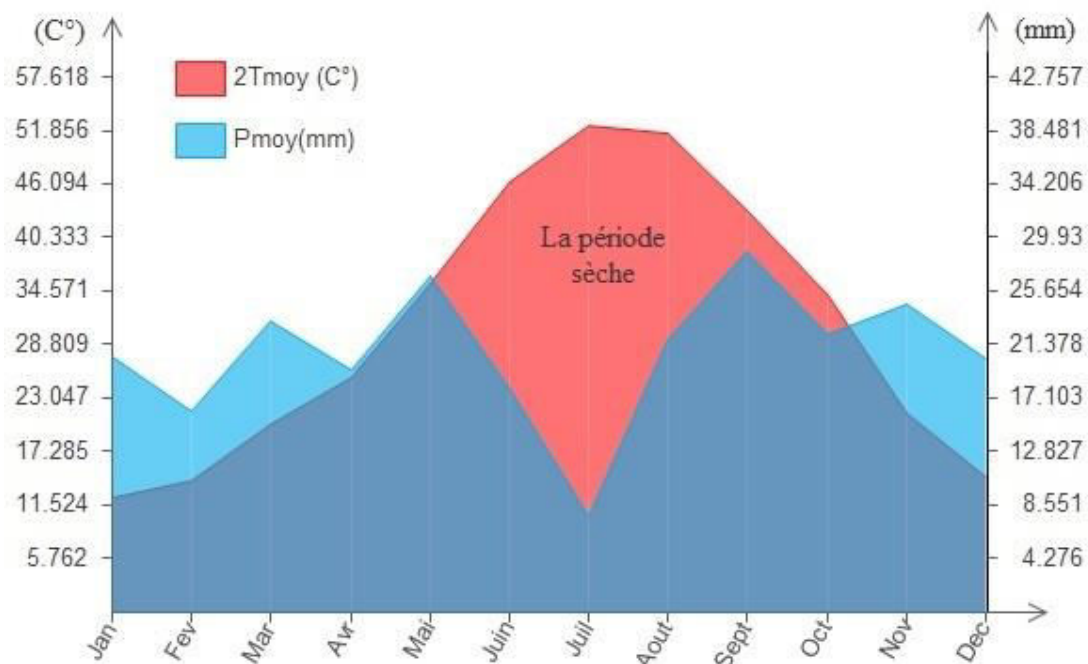


Figure I.15: Diagramme de Gaussen pour la zone du projet

Lorsque la courbe des températures dépasse celle des précipitations, il y'a sécheresse totale, cette période d'après le graphe.

Une période sèche qui dure 5 mois allant du mois de mai jusqu'au début de mois d'octobre, et une période humide qui dure 7 mois allant du mois d'octobre jusqu'au mois d'Avril.

I.4.5 Comparaison des indices climatiques

Sachant que les éléments climatiques les plus importants pour caractériser un climat sont les précipitations, les températures et l'évaporation ; les méthodes combinant ces éléments sont plus intéressantes que celles qui incluent un seul élément. Toutes ces méthodes ont qualifié le climat de la région d'étude comme étant semi-aride, ce qui est en conformité avec la carte des étages bioclimatiques, établie par l'Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire (ANAT, 2004) (**Figure I.14**).

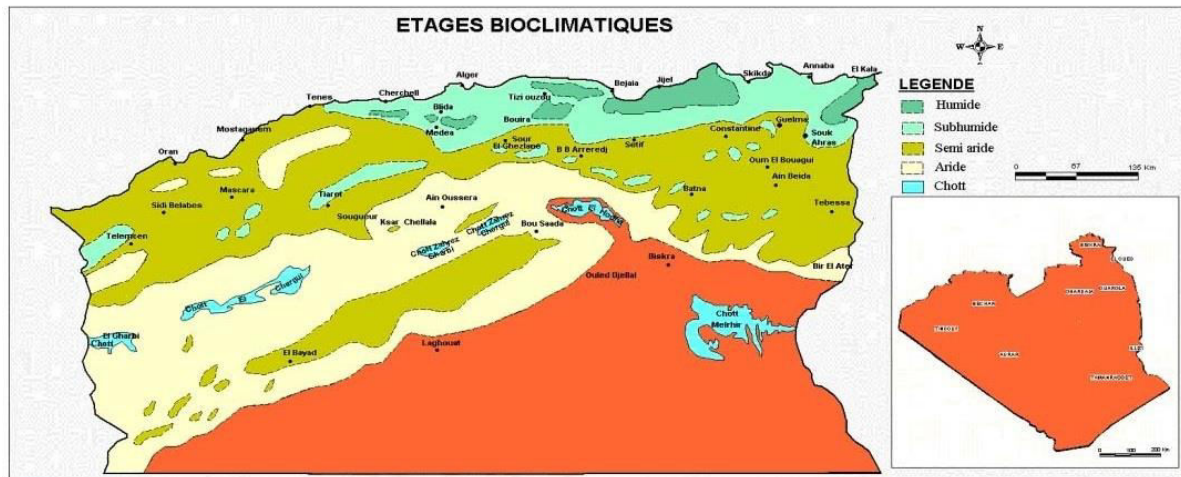


Figure I.16: Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Algérie (ANAT,2004)

I.5 Conclusion :

L'état du milieu physique montre que la région d'étude est caractérisée par un climat semi aride avec un hiver froid et sec et un été chaud et secs. Influencé par des facteurs géographiques (éloignement de la mer, altitude et orientation des reliefs).

En raison d'une évapotranspiration élevée, l'indigence pluviométrique en saison sèche se traduit par des déficits hydriques très marqués, fort peu compensés par la réserve en eau du sol.

La période sèche qui peut durer jusqu'à 6 à 8 mois rend toutes cultures en secs aléatoires.

La température moyenne annuelle qui y règne est de 15,85°C.

Les précipitations moyennes annuelles, sur une période de 25 ans (80/81 – 2004/2005), sont estimées à 335 mm.

Les facteurs climatiques limitant sont : la période sèche très longue ; les gelées fréquentes en hiver ; les vents desséchants en été...

Sans apports d'eau complémentaires sous forme d'irrigation, les rendements restent faibles. L'irrigation représente donc un facteur décisif pour l'obtention de rendements acceptables des différentes cultures.

CHAPITRE II :

Analyse des ressources en sols

CHAPITRE II : Analyse des ressources en sols

II.1 Introduction :

Parmi les études de bases concernant l'élaboration de ce projet d'irrigation; celle des ressources en sols, elle doit être bien détaillée, bien faite pour différents buts :

- ✓ Choisir les cultures adaptées ;
- ✓ Définir le système d'irrigation ;
- ✓ Evaluer les doses nécessaires ;
- ✓ Identifier les contraintes éventuelles pour l'aménagement.

II.2 Le levé pédologique

La caractérisation morphologique des sols se fait à l'aide des profils pédologiques par le biais de fouilles et des profils creusés mécaniquement (tractopelle) et par l'observation des coupes naturelles et/ou artificielles existantes. La profondeur des profils creusés ne dépasse pas généralement 1.5 m avec une largeur de 1 m.

18 profils ont été creusés, sur une superficie de 131 Ha soit une densité d'une observation de un profil pour chaque 7.27 Ha.

Chaque profil fait l'objet d'une description détaillée horizon par horizon de haut en bas. Cinq (05) profils représentatifs ont été échantillonnés pour analyses physico-chimiques. Les analyses ont porté sur :

- la granulométrie
- la Porosité et perméabilité
- la matière organique
- le Calcaire total et actif
- le phosphore assimilable
- Les bases échangeables
- La Capacité d'Echange Cationique (C.E.C)
- Le pH
- La conductivité électrique (C.E).

II.3 Classification des sols de la zone d'étude

La classification utilisée est celle en usage en Algérie par l'ANRH, basée sur les travaux de la Commission de Pédologie et de Cartographie (CPCS) de France édition 1967 avec une simulation à la classification USDA 1975.

Sur la base de L'étude pédologique, nous avons établi la carte des sols, décrire également d'implantation des profils. Au terme de ces travaux, trois (03) unités pédologiques homogènes ont été définies.

II.3.1 Les sols peu évolués d'origine non climatiques d'apport alluvial modaux

Ce type de sol est observé le long de la vallée de l'oued Hasba et la zone de oued el Agba juste à « Tabet Sehilia » et « Etarfaya » d'étude et s'étale sur une superficie de 26 ha soit 35.24 % (20 % de la zone irrigable). Ils sont représentés par les profils : 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7.

Ce sont des sols à profils calcaires peu profonds, l'horizon de surface présente une texture argileuse à argilo-limoneuse. Ils présentent un profil de couleur Brun à jaunâtre. Ils sont caractérisés par une bonne profondeur et un manque d'encroûtement dans le profil.

Leur pH est de 7.5 à 8 (basique) avec des valeurs basses pour la conductivité électrique (0.3 à 0.9 mmhos/cm). sol pauvre en NPK 26% et riche en calcaire.

II.3.2 Les sols calcimagnésiques carbonatés bruns calciques vertiques

Ils occupent la grande parcelle « Tabet Toualbia » et celle de « Tabet Edjabbana », et s'étale sur une superficie de 57.5 ha soit 44% (60.93 % de la zone irrigable). Ils sont représentés par les profils : 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 et 15.

Ce sont des sols caractérisés par la présence d'un encroûtement calcaire en profondeur, une structure polyédrique fente peu profonde. Leur texture est généralement argilo-limoneuse avec des taux de calcaire qui peuvent dépasser 25% en profondeur au contact de la croûte calcaire, taux de matière organique faible 1.1, sol pauvre en NPK.

Leur salinité est très faible et ne dépasse pas 0.8 mmhos/cm. Leur pH est basique avec des valeurs de 7.7 à 8.

II.3.2 Les sols calcimagnésiques saturés bruns calciques modaux

Ils occupent la partie nord ouest du périmètre d'étude. Ils s'étalent sur une superficie de 11.84 ha soit 9.8 % de la surface du périmètre. Ils sont représentés par les profils 15, 16, 17 et 18. Ce sont des sols à profils calcaires peu profonds, l'horizon de surface présente une texture moyenne à grossière. Ils présentent un profil de couleur très claire à tendance blanchâtre de faible profondeur : l'encroûtement calcaire est observé à moins de 30 cm de profondeur. L'aspect de surface est caillouteux.

Vu leur faible profondeur, ils n'ont pas été échantillonnés. Ce type de sol est à exclusion de l'aménagement hydro-agricole en raison de sa forte pente (supérieure à 20 %) et de sa salinité

Tableau II.1 : Les différents profils représentatifs des sols dans le périmètre d'études

Profil n°	P1		P2	
Parcelle n°	Parcelle N1 (5ha)		Parcelle N 4 (6ha)	
Classification	sols peu évolués d'origine non climatiques d'apport alluvial modaux		sols peu évolués d'origine non climatiques d'apport alluvial modaux	
Géologie	terrasse alluviale		colluvions et alluvions	
Relief	ondulé légère pente		Ondulé forte pente	
Erosion	Erodé		Erodé	
Drainage	Moyen		Bon	
Etat actuel	Terrain non travaillé		Terrain non travaillé	
Végétation : céréale envahie par la jachère Terrain caillouteux et graveleux en surface Situé à l'aval de la retenue collinaire rive gauche de l'oued el Agba			Végétation : terre non travaillée cailloux et graviers en surface	
Horizons	0 à 20 cm	20 à 40cm	0 à 20 cm	>20 cm
Effervescence	Effervescence à Hcl	vive	Effervescence à Hcl	Effervescence à Hcl
Humidité	Humide	humide	Très humide	humide
Couleur	brun noir	brun	Brun noir	Brun
compacité	peu compact	durci	compacte	durci
texture	Argileuse	graveleuse	argilo sableuse	argilo sableuse
Structure	Polyédrique fine	Poreux	polyédrique	Très poreux
transitions	Nette		Graduelle	
Act biologique	Racine	radicelles	racine	néant

Profil n°	P3		P4	
Parcelle n°	Parcelle N 4 (6ha)		Parcelle N 5 (5.5ha)	
Classification	sols peu évolués d'origine non climatiques d'apport alluvial modaux		sols peu évolués d'origine non climatiques d'apport alluvial modaux	
Géologie	terrasse alluviale		terrasse alluviale	
Relief	bourrelet de l'oued El agba		Pentu	
Erosion	Non érodé		Erodé	
Drainage	Moyen		Moyen	
Etat actuel	Terrain labouré		Terrain non labouré	
Végétation : céréale envahie par de mauvaises herbes			Végétation : jachère et mauvaises herbes et Terrain caillouteux	
Horizons	0 à 50 cm	>50cm	0 à 30 cm	30 cm à 60 cm
Effervescence	Effervescence à Hcl	Effervescence à Hcl	Effervescence à Hcl	Effervescence à Hcl
Humidité	Humide	humide	Humide	Très humide
Couleur	Brun	brun	Brun noir	Brun noir
compacité	Compact	compact	Compact	durci
texture	argilo limoneuse	Graveleux-sableuse	argilo limoneux	Limono- graveleuse
Structure	Polyédrique	polyédrique	Polyédrique	polyédrique
transitions	Graduelle	graduelle	Graduelle	
activité biologique	Racines	néant	Racines et radicelles	Sans activité

Profil n°	P5			P6		
Parcelle n°	Parcelle N 6 (16ha)			Parcelle N 6 (16 ha)		
Classification	sols peu évolués d'origine non climatiques d'apport alluvial modaux			sols peu évolués d'origine non climatiques d'apport alluvial modaux		
Géologie	terrasse alluviale			terrasse alluviale		
Relief	Ondulé			Légèrement pentue		
Erosion	Peu érodé			Erodé		
Drainage	Moyen			Moyen		
Etat actuel	Terrain labouré			Terrain labouré		
Végétation :	laboure (pas de végétations) sauf ce qui est cultivé			Végétation : semis d'avoine et de céréales		
Horizons	0 à 50 cm	50cm à 100cm		0 à 30 cm	30 cm à 60 cm	60cm à 90cm
Effervescence	Effervescence à Hcl	Effervescence à Hcl		Effervescence à Hcl	vive	vive
Humidité	Humide frais	Humide frais		Humide frais	sec	Sec
Couleur	Brun noir	Brun noir		Brun	brun	Noir
compacité	Compact	Plastique		compact	compact	compact
texture	Limoneuse	argileuse		argilo limoneux	Graveleux	Limoneuse
Structure	Polyédrique	Massive		polyédrique	polyédrique	polyédrique
Transitions	Graduelle	Graduelle		graduelle		
activité biologique	Racines	Néant		Racines et radicelles	Radicelles	Sans activité

Profil n°	P8			P7		
Parcelle n°	Parcelle N 7(19ha)			Parcelle N (19ha)		
Classification	sols calcimagnésiques carbonatés bruns calciques vertiques			sols peu évolués d'origine non climatiques d'apport alluvial modaux		
Géologie	Alluviale calcaire			terrasse alluviale		
Relief	Plat			Plat		
Erosion	Peu érodé			Non Erodé		
Drainage	Moyen			Moyen		
Etat actuel				Terrain abandonné		
Végétation :	jachère et mauvaise herbes			Végétation : jachère; Profil sur remblai noir (non représentatif) probablement ancienne habitation ; vu les restes de cendres		
Horizons	0 à 40cm	40cm à 70cm	>70cm	0 à 20 cm	20 cm à 50 cm	50cm à 90cm
Effervescence	vive	Effervesce		Effervescence à Hcl	Effervescence à Hcl	Effervescence
Humidité	sec	Frais	sec	humide	Très humide	Tres humide
Couleur	Brun noir	Brun	Blanc jaunâtre	cendre noir	Grise noir	Noir
compacité	compact	Plastique	Durci	compact	Compact	durci
texture	Argilo-limoneuse	Argilo-limoneuse	Argilo-calcaire	argilo limoneux	Graveleux	Texture grossière
Structure	Polyédrique	Polyédrique	Massive	grumeleuse	Grumeleuse	grumeleuse
transitions	Graduelle	Graduelle		graduelle		
act biologique	Racines	Radicelles	sans	Racines et radicelles	Sans activité	Sans activité

Profil n°	P9			P10		
Parcelle n°	Parcelle N 7(19ha)			Parcelle N 7 (19ha)		
Classification	sols calcimagnésiques carbonatés bruns calciques vertiques			sols calcimagnésiques carbonatés bruns calciques vertiques		
Géologie	Alluviale calcaire			terrasse alluviale		
Relief	Plat			Peu pentue		
Erosion	Non érodé			Peu Erodé		
Drainage	Bon			Bon		
Etat actuel	Terrain abandonné			Terrain abandonné		
Végétation :	jachère			Végétation : jachère; et laboure de céréales		
Horizons	0 à 30cm	40cm à 80cm	>80cm	0 à 15 cm	15cm à 60 cm	60cm à 90cm
Effervescence	Vive	Effervesce		Effervescence à Hcl	Effervescence à Hcl	Effervescence
Humidité	Frai	Frai	sec	Humide frai	Humide frai	Sec
Couleur	Brun noir	Brun	jaunâtre	brun rouge	brun noir	Brun jaunâtre
compacité	Compact	Compact	Durci	Compact	Compact	Compact
texture	Argileuse	Argilo-limoneuse	Limono-sableuse	Limoneuse	Argilo-limoneuse	argilo-limoneuse
Structure	Polyédrique	Massive	Massive	Polyédrique	polyédrique	massive
transitions	Nette	Nette		Nette	Nette	
act biologique	Racines	Sans	Sans	Racines et radicelles	Radicelles	Sans activité

Profil n°	P11			P12		
Parcelle n°	Parcelle N 11(35ha)			Parcelle N11 (35ha)		
Classification	sols calcimagnésiques carbonatés bruns calciques vertiques			sols calcimagnésiques carbonatés bruns calciques vertiques		
Géologie	Alluviale calcaire			Alluviale calcaire		
Relief	Plat			Ondulé		
Erosion	Non érodé			Erodé		
Drainage	Bon			Bon		
Etat actuel	Terrain labouré			Terrain abandonné		
Végétation :	jachère et semis d'avoine et des céréales			Végétation : jachère; et laboure de céréales		
Horizons	0 à 30cm	40cm à 80cm	>80cm	0 à 30 cm	30cm à 70 cm	>70cm
Effervescence	Vive	Effervesce		Effervescence à Hcl	Effervescence à Hcl	Effervescence
Humidité	humide	humide	sec	frai	Sec	Sec
Couleur	Brun noir	Brun	jaunâtre	brun claire	Brun rouge	Brun jaunâtre
compacité	Compact	Compact	Durci	Compact	Compact	Durci
texture	Argileuse	Argilo-limoneuse	graveleuse	Argilo-limoneuse	Argilo-limoneuse	argilo-graveleuse
Structure	Polyédrique	polyédrique	Massive	Polyédrique	Grumeleuse	massive
Transitions	Nette	Nette		Graduelle	Graduelle	
act biologique	Racines	Sans	Sans	Racines et radicelles	Sans activité	Sans activité

Profil n°	P13			P14	
Parcelle n°	Parcelle N 11(35ha)			Parcelle N11 (9ha)	
Classification	sols calcimagnésiques carbonatés bruns calciques vertiques			sols calcimagnésiques carbonatés bruns calciques vertiques	
Géologie	Alluviale calcaire			Alluviale calcaire	
Relief	Plat			Ondulé	
Erosion	Peu érodé			Erodé	
Drainage	Bon			Bon	
Etat actuel	Terrain non travaillé			Terrain abandonné	
Végétation :	jachère et mauvaises herbes			Végétation : jachère; et laboure de céréales	
Horizons	0 à 30cm	30cm à 65cm	>65cm	0 à 40 cm	40cm à 85 cm
Effervescence	Vive	Effervesce		Effervescence à Hcl	Effervescence à Hcl
Humidité	Frai humide	Frai humide	sec	frai	sec
Couleur	Brun noir	Brun rouge	jaunâtre	brun rouge	Brun rouge
compacité	Compact	Durci	compact	Compact	durci
texture	Limono-argileuse	Argileuse	argileuse	Argilo-limoneuse	Argilo-limoneuse
Structure	Grumeleuse	polyédrique	Massive	Polyédrique	Polyédrique
Transitions	Graduelle	Graduelle		Nette	Nette
act biologique	Racines	Sans	Sans	Racines et radicelles	Sans activité

Profil n°	P15			P16		
Parcelle n°	Parcelle N 11(35ha)			Parcelle N11 (35ha)		
Classification	sols calcimagnésiques saturés bruns calciques modaux			sols calcimagnésiques saturés bruns calciques modaux		
Géologie	Alluviale calcaire			Alluviale calcaire		
Relief	Plat			Ondulé		
Erosion	Non érodé			Erodé		
Drainage	Bon			Bon		
Etat actuel	Terrain labouré			Terrain abandonné		
Végétation :	jachère et semis d'avoine et des céréales			Végétation : jachère; et laboure de céréales		
Horizons	0 à 30cm	40cm à 80cm	>80cm	0 à 30 cm	30cm à 70 cm	>70cm
Effervescence	Vive	Effervesce à Hcl		Effervescence à Hcl	Effervescence à Hcl	Effervescence
Humidité	Frai humide	Frai humide	sec	frai	Sec	Sec
Couleur	Brun noir	Brun	jaunâtre	brun claire	Brun rouge	Brun jaunâtre
compacité	Compact	Compact	Durci	Compact	Compact	Durci
texture	Argileuse	Argilo-limoneuse	graveleuse	Argilo-limoneuse	Argilo-limoneuse	argilo-graveleuse
Structure	polyédrique	polyédrique	Massive	Polyédrique	Grumeleuse	massive
Transitions	Nette	Nette		Graduelle	Graduelle	
act biologique	Racines	Sans	Sans	Racines et radicelles	Sans activité	Sans activité

Profil n°	P17			P18		
Parcelle n°	Parcelle N 11(35ha)			Parcelle N12 (09ha)		
Classification	sols calcimagnésiques saturés bruns calciques modaux			sols calcimagnésiques saturés bruns calciques modaux		
Géologie	Alluviale calcaire			Alluviale calcaire		
Relief	Légèrement pentue			Ondulé		
Erosion	Non érodé			Erodé		
Drainage	moyen			Bon		
Etat actuel	Terrain labouré			Terrain abandonné		
Végétation :	jachère; et laboure de céréales			Végétation : jachère et mauvaises herbes		
horizons	0 à 35cm	35cm à 80cm	>80cm	0 à 40cm	40cm à 90 cm	>90cm
Effervescence	Vive	Effervescence à Hcl		Effervescence à Hcl	Effervescence à Hcl	Effervescence
Humidité	Frai humide	Sec	sec	Frai	Frai	Sec
couleur	Brun noir	Brun	jaunâtre	brun claire	Brun rouge	Brun jaunâtre
compacité	Compact	Grumeleus	Durci	Compact	durci	Durci
texture	Argileuse	Argilo-limoneuse	graveleuse	Argileuse	Argileuse	argilo-graveleuse
Structure	Polyédrique	polyédrique	Massive	Polyédrique	massive	massive
transitions	Nette	Nette		Graduelle	Graduelle	
act biologique	Racines	Sans	Sans	Racines et radicelles	Sans activité	Sans activité

Source : INSID, Date : 12 / 03 / 2009

II.4 Les contraintes édaphiques à la mise en valeur

A partir de l'étude pédologique on a mis en évidence certains paramètres édaphiques considérés comme contraintes agissant sur la croissance des végétaux. Il s'agit principalement de la profondeur du sol, texture, encroûtement calcaire, érosion.

II.4.1 profondeur du sol

Elle constitue un facteur limitant pour les cultures arboricoles à enracinement profond. La présence du tuf calcaire et des alluvions grossières à de faibles profondeurs (40-60 cm) limitent le développement du système racinaire des cultures industrielles et arboricoles.

II.4.2 texture et structure du sol

Les sols de l'aire d'irrigation de oued Agba sont en général de texture argileuse à structure polyédrique à massive défavorable au développement du système racinaire profond. A l'état humide, ces sols deviennent plastiques et collants et à l'état sec, ils sont très compacts, durcis défavorables à la pénétration des racines. Ils reposent sur des tufs calcaires (sols calcimagnésiques) ou des alluvions grossières (sols peu évolués).

Ces contraintes agrologiques peuvent être levées grâce à un bon travail du sol avec un système d'assolement- rotation des cultures et une fumure adéquate.

II.4.3 présence d'encroûtement et croûte calcaire superficielle

Dans les hautes plaines les formations calcaires occupent de grandes superficies improductives suite à la présence de couches calcaires impénétrables aux racines et très nocives.

II.4.4 Erosion

L'aire d'irrigation d'oued Agba est très exposée à l'érosion pluviale et éolienne. Les pluies orageuses torrentielles ruissellent et ravinent les sols et les vents violents qui soufflent en période sèche emportent la terre fine de surface. Le couvert végétal à base de céréales et mauvaises herbes ne favorise point la fixation du sol ; il n'existe pas d'arbres pour la protection contre l'érosion.

II.5 Etude des aptitudes culturales

En se basant sur la prospection pédologique, les profils pédologiques, les analyses physico-chimiques, on propose des aptitudes culturales des différentes unités pédologiques

II.5.1 Les cultures céréalières et fourragères

Actuellement ce sont les principales spéculations pratiquées. Les conditions du milieu sont relativement favorables pour les cultures céréalières et fourragères ; une seule aptitude est définie :

C13: Aptitude bonne pour toutes les cultures céréalières et fourragères, et moyenne pour la luzerne.

II.5.2 Les cultures maraichères


M16 : Aptitude bonne pour artichaut, oignon, navet, chou, épinard et laitue et moyenne pour : tomate, ail, aubergine, pastèque, melon, piment, poivron, haricot, concombre et pois.

II.5.3 Les cultures arboricoles

B41 : Aptitude bonne pour abricotier sur franc, olivier, et figuier

Il serait difficile, d'entreprendre les cultures de nouvelle variété, notamment certains arbres fruitiers ainsi que certaines cultures industrielles.

Tableau II.4 : calendrier des principales cultures préconisées

Culture	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Bersim												
Maïs												
Avoine - Orge												
Blé dur												
Sorgho												
Piment												
Petit pois, sec												
Carotte												
Oignon, vert												
Oignon, sec												
Pomme de												
Ail												
Navet												
Chou cabus												
Melon												
Laitue												
Haricot, vert												
 Période de semis-plantation jusqu'au début de période de récolte												

II.5.4 Assolement-Rotation proposés

On appelle assolement la répartition des cultures dans l'espace, par opposition à la rotation qui est la succession des cultures sur une même sole pendant un nombre d'année correspondant au type d'assolement adopté.

Pour l'établissement des différents assolements-rotation nous avons tenue compte de plusieurs facteurs :

- Le type de sol ;
- L'équilibre du sol en éléments minéraux et en matière organique ;
- La période de végétation ;
- Le procédé cultural ;
- Superficie des parcelles pour un meilleur rendement économique .

Tableau II.5 : Assolement - rotation proposé

Les parcelles	Sole I		Sole II	
1	Sorgho	Navet	Haricot vert	Ail
9	Piment	Petit pois	Navet	Piment
11C	Oignon, sec	Chou	Carotte	Chou
8	Oignon, vert	Melon	Melon	Laitue
7A	Petit pois	Laitue	Chou	Pomme de terre
6A	Pomme de terre	Laitue	Laitue	Petit pois
10	Ail	Haricot	Pomme de terre	Laitue
3	Laitue	Petit pois	Ail	Haricot
9	Chou	Pomme de terre	Petit pois	Laitue
1	Melon	Laitue	Oignon, vert	Melon
6B	Carotte	Chou	Oignon, sec	Chou
2	Oignon vert	Maïs	Piment	Petit pois
4	Haricot vert	Ail	Sorgho	Navet
12	Maïs	Bersim	Blé dur	
10	Bersim	Maïs	Orge	
6	Avoine		Avoine	
7B	Orge		Bersim	Maïs
11A	Blé dur		Mais grain	Bersim

Tableau II.9 : Les pourcentages proposés aux différentes cultures

N° de la parcelle	N° de la parcelle projeté	culture	Superficie (ha)	Pourcentage %
PN°06	6A	Pomme de terre	9	6,87
	6B	Carotte	3	2,29
	6C	Oignon, vert	4	5,34
PN°11	11A	Blé	16,5	12,60
	11B	avoine	11	8,40
	11C	Chou	8	6,11
PN°01	1	Sorgho	5	3,82
PN°02	2A	Maïs	8	6,11
	2B	Oignon, sec	3,5	2,67
PN°03	3	Petit pois	3,5	2,67
PN°04	4	Haricot vert	6	4,58
PN°05	5	Navet	5,5	4,20
PN°08	8	Melon	7	5,34
PN°09	9	Piment	8,1	6,18
PN°10	10	Ail	5	3,82
PN°12	12	Bersim	9	6,87
PN°07	7A	Laitue	5	3,9
	7B	Orge	14	10,60
Totale			131.1	100.00

II.6 Capacité pour l'eau

Afin de bien piloter et maîtriser l'irrigation d'une façon plus économique il est indispensable de déterminer la quantité d'eau contenue dans le sol à un moment précis ainsi que c'est un concept d'ordre stratégique pour d'établir un bilan hydrique pour la détermination des besoins en eau des cultures.

II.6.1 La réserve utile en eau RU

C'est La quantité d'eau du sol retenue entre la capacité de rétention et le point de flétrissement permanent constitue la quantité d'eau disponible pour les plantes, notée RU. On l'exprime en millimètre d'eau par centimètre du sol.

En l'absence de mesures de la capacité de rétention et du point de flétrissement, on peut également estimer la RU soit à partir des analyses de sol, soit à partir de données moyennes acceptées.

II.6.2 La réserve facilement utilisable RFU

Sur le plan physiologique, la plante commence à souffrir de la sécheresse, et à fermer ses organes de transpiration, les stomates, avant que ne soit atteint le point de flétrissement permanent. C'est pourquoi dans la réserve utile, on a défini une réserve facilement utilisable, notée RFU, dans laquelle la plante pompe l'eau du sol sans restriction. C'est dans cette limite que la plupart des plantes cultivées ont une activité physiologique maximale.

On admit que les deux tiers de la réserve utile en eau sont facilement utilisables par les plantes et que le mécanisme de défense de celles-ci contre la sécheresse n'intervient qu'à partir de cette limite c'est-à-dire lorsque les deux tiers sont épuisés, $RFU = 2/3 RU$, selon, (Clément et Galand, 1979) :

$$RFU = 3000 \cdot P \cdot d_a (H_{CR} - H_{PF}) \quad (II.1) \text{ où}$$

d_a : Densité apparente du sol (g.cm^{-3})

P : Profondeur d'enracinement (m)

H_{CR} : Humidité pondérale à la capacité de la rétention (%)

H_{PF} : Humidité pondérale au point de flétrissement (%)

Tableau II. 10 : Valeurs de la densité apparente, capacité de rétention et point de flétrissement

H_{CR}	H_{PF}	d_a
25 - 35 %	15 - 20 %	1.35 g.cm-3

Source : I.N.S.I.D - Tébessa-

Pour vérifier les valeurs fournies par I.N.S.I.D (Tableau IV.9), On a effectué un calcul sur la base du logiciel «Soil Water Characteristics. SAXTON et al. 2006 » dont la fiabilité universelle, qui, nous a fait ressortir les résultats de la densité apparente et la réserve utile après avoir incérer les données de la granulométrie et chimiques.

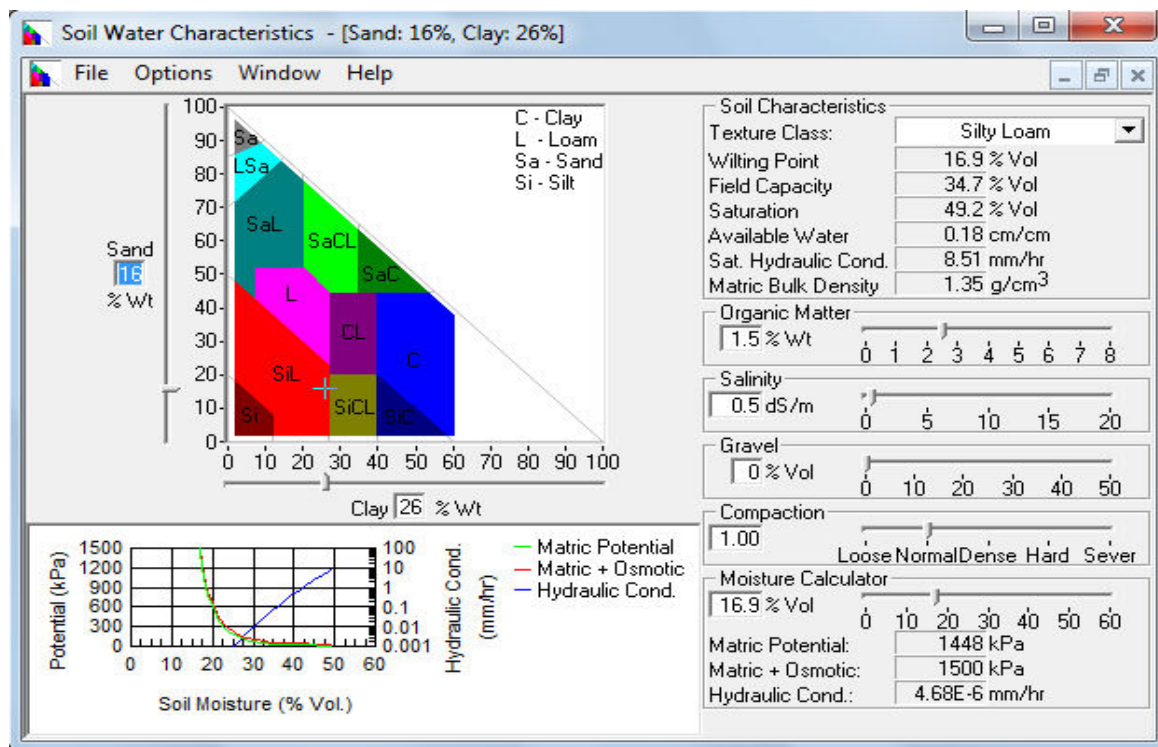


Figure II.1: L’interface de logiciel du logiciel Soil Water Characteristics.

Tableau II.11 : Résultats des analyses données par logiciel du logiciel Soil Water Characteristics

Profil	H_{CR}	H_{PF}	d_a
P1	34.7	16.9	1,32
P2	34.2	17.5	1.36
P4	35	20.7	1.39
P9	29.2	15.3	1,43
P6	34.6	20.6	1,38
Moyenne	33.54	18.2	1.376

En appliquant la formule (II.1), nous obtenons :

$$RFU = 633.23 \times P \quad (II.2)$$

Tableau II.12 : Les profondeurs d'enracinements des différentes cultures (m)

Culture	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Bersim	0.25									0.05	0.10	0.15
Maïs				0.10	0.20	0.30	0.40	0.50				
Avoine	0.06	0.08	0.10						0,03	0.04	0.05	0.06
Blé dur- Orge	0.40	0.50	0.60	0.60	0.70	0.70					0.30	0.30
Sorgho					0.20	0.40	0.50	0.60				
Piment						0.40	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	
Petit pois, sec	0.70	0.80	1.00	1.20	1.20						0.50	0.70
Carotte									0.10	0.20	0.25	0.30
Oignon, vert									0.30	0.40	0.50	0.60
Oignon, sec	0.30	0.30	0.40	0.50	0.60	0.60						
Pomme de terre			0.10	0.25	0.35	0.40						
Ail					0.10	0.20	0.30	0.35				
Navet tardif									0.10	0.20	0.25	0.30
Chou cabus									0.20	0.25	0.30	0.40
Melon				0.05	0.07	0.10	0.20					
Laitue								0.10	0.20	0.25		
Haricot, vert				0.10	0.20	0.30						

II.7 Conclusion

L'aire d'irrigation de oued AGBA (commune BIR DEHEB) recèle certaines potentialités agricoles en irrigué bien que les conditions climatiques et édaphiques ne soient pas très favorables.

Cependant une valorisation rationnelle ne pourrait se faire sans tenir compte de l'apport d'irrigation .En effet l'intensification des produits agricoles reste tributaire à l'introduction du système d'irrigation. En se basant sur les conditions climatiques prévues après irrigation et les aptitudes culturales des sols dans cette région nous essayerons de donner en conclusion quelques orientations utiles et nécessaires :

L'analyse de la qualité des sols de la zone d'étude montre que les sols inventoriés sont regroupé en deux classes principales, sol peu évolué et sol calcimagnésique. ainsi que Les contraintes édaphiques recensées sont principalement le taux de calcaire élevé et la texture fine et à une degré moindre la salure l'érosion ...

L'introduction d'un assolement maraîcher et fourrager pour l'amélioration et la fertilisation des sols ; la réduction des céréales (blé –orge) et la suppression de la jachère au profit des cultures fourragères et maraîchères.

bien sur qu'il faut aborder à des travaux d'aménagement et d' amélioration des sols tel que:

- Introduction de l'élevage laitier bovins ovins pour valoriser les fourrages produits dans l'assolement et le savoir faire des agriculteurs.
- Amélioration foncière des sols par les labours profonds et la fertilisation.
- Instauration de système de brise-vent aux limites extérieures de l'aire d'irrigation et des parcelles.

CHAPITRE III :

Analyse des ressources en eau

CHAPITRE III : Analyse des ressources en eau

III.1 Introduction

Visé aux insuffisances des précipitations lors des périodes de développement des plantes cultivées; il faut penser aux quantités d'eaux nécessaires à compenser ce déficit ainsi que la connaissance de l'origine de ses eaux, également de fournir les différents éléments de valeur concernant sa qualité pour l'irrigation.

III.2 Les eaux souterraines de la nappe de MORSOTTE (BIR EDHEB)

Vu à l'évolution de l'agriculture et l'accroissement remarquable de cette dernière; la plaine d'EL AGBA a connu une surexploitation intensive sur sa nappe souterraine. Les eaux de la nappe d'EL AGBA circulent dans la formation mio-plio-quaternaire, ce sont des sables et des alluvions. Le substratum est formé principalement de marnes grises verdâtres et d'argiles.

L'alimentation de la nappe est régie principalement par les apports latéraux, à partir des calcaires maestrichtiens bordant la vallée de l'oued ainsi que La morphologie de la surface piézométrique suit le modèle topographique. L'hydrodynamique montre un écoulement qui se fait du SW vers le NE. L'axe de drainage de la nappe est nettement visible coïncidant avec le parcours de l'oued.

En plus de la surexploitation de la nappe, il y a un facteur très important, c'est la qualité des eaux souterraines qui est en dégradation successive faite de la pollution et les mauvaises exploitations. La cartographie d'aptitude des eaux à l'irrigation selon la classification de Richards, qui englobe le maximum de puits, a fait apparaître trois classes de cette qualité. Bonne, Admissible et Médiocre.

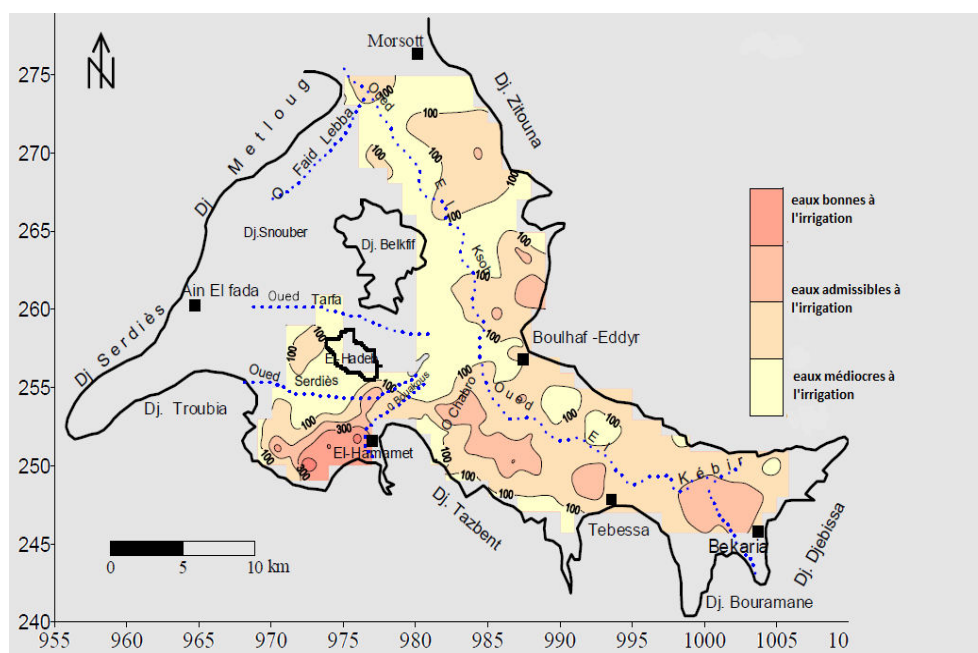


Figure III.1 : Carte d'aptitude des eaux à l'irrigation selon la classification de Richards, pour la nappe de MORSOTTE pour la période de juillet. 2002.

il en résulte que l'implantation d'une retenue collinaire était nécessaire pour satisfaire les besoins en eau d'irrigation.

III.3 La retenue collinaire d'EL AGBA

Cette retenue d'une capacité de stockage de 700000 m³ destiné à l'irrigation, et elle était dans le plan d'aménagement et la prévention contre les inondations de la ville de MORSOTTE.

III.3.1 Situation géographique

La retenue collinaire est située à 6 Km au sud du chef lieu du village de MORSOTTE, au lieu dit "DOUAR MECHTAB".

Elle mobilise les eaux de ruissellement des oueds du bassin versant "MEDJEDA MELLEGUE", sous bassin III de 12,1 km² et constitue un plan d'eau d'une superficie d'environ 115 500 m², pour un volume de 700 000 m³.

Les coordonnées LAMBERT sont les suivantes :

X=952.440 Km

Y=638.450 Km

Z=800 m NGA.

Tableau III.1 : Caractéristiques techniques de la retenue collinaire

Caractéristiques	Valeurs (unités)
Niveau crête	809.4 m
Niveau normale retenue	807.8 m
Niveau mort	799.1 m
Niveau prise	0.69 Hm ³
Volume totale	0.54 Hm ³
Volume utile	0.42 Hm ³
Volume régularisable	0.80 m ³ /s
Capacité maximum de vidange	0.15 m ³ /s
Débit minimum de prise	809.4 m

Source: DRE de Tébessa.



Figure III.2 : Photo satellitaire montre les ouvrages de base de la retenue collinaire EL AGBA (source : Google earth, 20016)

III.3.2 Caractéristiques de la digue

La digue en terre se compose des éléments suivants :

- Clet d'étanchéité.
- Fondation sur la surface décapée.
- Prisme aval pour le drainage et la stabilité des pieds.
- Massif de la digue en terre homogène d'argile imperméable.
- Revêtements sur la digue.

Le niveau de la crête a été déterminée compte-tenu d'une revanche absolue de 3m au dessus du seuil de l'évacuateur de crue du tassement de la digue et du sol de la fondation cette crête est à la cote : 888.2 m NGA.

Tableau III.2 : caractéristiques de la digue

Caractéristiques	Valeurs (unités)
Hauteur maximale	10.2 m
Revanche absolue	2 m
Cote de la crête	809.4 m NGA
Longueur de la crête	110 m
Largeur de la crête	11 m
pente du talus amont	1 :3
pente du talus aval	1 :2
Volume de la digue (Vt)	164200.75m ³

Source: DRE de Tébessa .

III.3.3 L'évacuateur des crues

La destination de cet ouvrage est de laisser les crues librement lorsque la retenue est pleine jusqu' au niveau normale, la réalisation de l'évacuateur de crue a été examiné sur la base des considérations suivantes :

- Les résultats obtenus dans l'étude hydrologique, (l'étude du laminage de crue).
- L'existence d'un site favorable pour un évacuateur sur la rive gauche.
- Le délai de garantie des ouvrages importants.
- L'effet du laminage selon les analyses des crues traversant la retenue collinaire.

Sur la base des résultats de l'étude hydrologique de la fréquence de charge des crues exercées sur l'évacuateur ,on peut caractériser la part du débit et du volume maximale de crue de 100 ans et de 1000 ans.par ailleurs, le débit et le volume maximale de crue de 100 ans indiquent les dimensions nécessaires de l'ouvrage ,les caractéristiques de l'évacuateur des crues sont comme suit :

Tableau III.3 : caractéristiques de L'évacuateur des crues

Caractéristiques	Valeurs (unités) (constitution)
Type d'évacuateur	évacuateur de crue en béton armé.
Parties constituantes	déversoir frontal, coursier, bassin d'amortissement
Largueur du seuil	16 m
Lame d'eau	1,42 m

Source: DRE de Tébessa .

III.3.4 Prise d'eau et vidange de fond

Pour la retenue collinaire sur oued EL AGBA, la fonction prise d'eau et de vidange est assurée par le même ouvrage ainsi la conduite est constitué par des tuyaux en acier, dont le diamètre est déterminé sur la base des besoins en eau maximum.

Cet ouvrage a été réalisé avant la construction de la digue afin d'assurer l'évacuation des écoulements et des pluies directes.

La prise d'eau et vidange sont place sous la digue ayant une capacité d'évacuation maximale de 0,15 m³/s.

III.4 Qualité de l'eau de La retenue collinaire

Le développement de l'agriculture dans les zones semi-arides rencontre actuellement, en dehors de la rareté des ressources hydriques, de nouveaux problèmes tels que le risque de salinisation des sols, qui peut être apprécié par la conductivité électrique et celui de l'alcalinisation des sols. Cette dernière est due aux échanges ioniques (du sodium, du calcium et du magnésium) entre l'eau et le sol irrigué. La quantité totale des sels dissouts en eau d'irrigation, ainsi que leurs natures jouent un rôle très important sur la qualité chimique de ces eaux.

Pour l'eau d'irrigation, on tiendra compte principalement de la salinité et l'alcalinité et de la toxicité de certains éléments.

Tableau III.4 : Caractéristiques de l'eau d'irrigation

Eléments	Valeurs
Ca ²⁺	2.95 méq.l ⁻¹
Mg ²⁺	26.02 méq.l ⁻¹
Na ⁺	18.28 méq.l ⁻¹
K ⁺	00.15 méq.l ⁻¹
HCO ₃	03.01 méq.l ⁻¹
Conductivité électrique CE à 25 C°	2.21 mmhos.cm ⁻¹
PH	7.8
SAR	4.89

Source: ANRH (Date de prélèvement : 11/06/2009)

III.4.1 La Salinité

La salinité est l'un des éléments les plus intéressants à évaluer pour l'eau d'irrigation; elle représente la quantité des sels dissouts en eau sous forme d'ions. L'accumulation de ces sels hydrosolubles dans le sol d'enracinement influe négativement sur la croissance des plantes. On a recensé deux séries d'effets de la salinité, les uns portent sur les végétaux, les autres sur le sol. En effet, ces sels causent des changements de la perméabilité et de l'aération du sol d'une part, et d'autre part ils provoquent des perturbations du métabolisme des plantes et du processus osmotiques de ces dernières.

Divers modes de représentation de la composition chimique de l'eau ont été utilisés. Le plus ancien est celui qui consiste à mesurer le résidu sec ou les matières dissoutes totales, exprimé en g.l⁻¹, souvent accompagné du bilan hydrique des eaux (ou analyse totale).

Mais ce mode a été remplacé par une représentation plus globale et plus pratique concernant les eaux d'irrigation, c'est la mesure de la conductivité électrique exprimée en dS.m⁻¹ ou en mmho.cm⁻¹ à 25 °C.

À partir de ce mode d'expression l'US Salinity Laboratory (1953) a établi un classement des eaux d'irrigation en cinq classes de salinité qui se présentent ainsi :

Tableau III.5 : Classification de la salinité des eaux selon la conductivité électrique

Classe	Conductivité électrique CE	Qualité des eaux
C1	0 à 0.25 mmho.cm ⁻¹	eau faiblement salée
C2	0.25 à 0.75 mmho.cm ⁻¹	eau moyennement salée
C3	0.75 à 2.25 mmho.cm ⁻¹	eau moyennement à fortement salée
C4	2.25 à 4.00 mmho.cm ⁻¹	eau fortement salée
C5	4.00 à 6.00 mmho.cm ⁻¹	eau très fortement salée

L'eau de la retenue EL AGBA prévue pour l'irrigation du périmètre étudié a une conductivité électrique moyenne CE = 2,21 mmhos/cm (**Classe C3**).

C3(0,75 à 2,25 dS•m-1) eau moyennement à fortement salée sera seulement utilisée sur des sols de bonne à moyenne perméabilité. Des lessivages réguliers sont souvent nécessaires pour prévenir une salinisation des sols. Des contrôles de salinité des sols seront effectués régulièrement et des cultures moyennement à fortement tolérantes à la salinité seront sélectionnées.

Quand on utilise des eaux salées pour irriguer, il est déconseillé de réduire les doses, dans le but de diminuer la quantité de sels apportée dans le sol. Il en résulte une concentration des substances nocives dans la zone des racines des plantes. Par contre la meilleure technique consiste à forcer la dose d'eau afin d'entraîner les sels hors de portée des racines. Un drain peut permettre leur évacuation, si le drainage naturel est insuffisant.

III.4.2 L'alcalinité

L'alcalinité de l'eau exprime le danger d'alcalinisation d'un sol, en fonction de la nature et de la quantité des cations contenus dans l'eau et dont le résultat est de conférer au sol de mauvaises propriétés physiques, en plus de la toxicité due à l'excès des ions sodium. Le sodium est l'un des éléments les plus indésirables dans l'eau d'irrigation.

Le sodium contribue aussi directement à la salinité totale de l'eau et peut être toxique pour des cultures sensibles comme les carottes, les haricots, les fraises, les framboises, les oignons, pour n'en nommer que quelques-unes.

Le danger d'alcalinisation est évalué à partir du rapport entre les concentrations de sodium, de calcium et de magnésium, rapport obtenu à partir de l'équation de Gapon (1933) proposée par l'US Salinity Laboratory (1953) sous l'appellation sodium-adsorption ratio (SAR) que l'on peut traduire par le rapport de sodium adsorbé et qui décrit la quantité de sodium en excès par rapport aux cations calcium et magnésium, qui eux peuvent être tolérés en relativement grande quantité dans l'eau d'irrigation.

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

Les cations sont exprimés en milliéquivalents par litre (még/l), en appliquant la formule (III.1)

$$SAR = \frac{18.28}{\sqrt{\frac{2.95 + 26.02}{2}}} = 4.80$$

Les recherches à partir du SAR ont abouti à la classification des eaux d'irrigation en quatre classes d'alcalinité :

Tableau III.6 : Classification de L'alcalinité des eaux selon le SAR

Classe	SAR	L'alcalinité
S1	0 à 10	eau faible en sodium
S2	10 à 18	eau moyenne en sodium
S3	18 à 26	eau riche en sodium
S4	supérieur à 26	eau très riche en sodium

L'échantillon de l'eau étudié à un rapport de SAR = 4.80 appartient à la classe S1.

III.4.2.1 Classification selon diagramme proposé par l'US Salinity Laboratory :

La classe S1 (0 < SAR < 10) eau faible en sodium, elle peut être utilisée sur presque tous les sols avec un faible danger d'accumulation de quantité nocive de sodium échangeable ; très peu de danger d'alcalinisation.

On réfère au diagramme de classification des eaux d'irrigation (ANNEXE 3.), on peut affirmer que notre eau est caractérisée par une salinité élevée avec un degré d'alcalinité faible (C3- S1).

Pour obtenir une classification des eaux d'irrigation-salinité et SAR - on peut se référer au diagramme de la figure III.3 proposé par l'US Salinity Laboratory.

Une eau de conductivité de 2,21 mmhos.cm⁻¹, avec 18,28 meq.l⁻¹ de Na⁺ et 28,97 meq.l⁻¹ de Ca²⁺ + Mg²⁺ a un SAR de 4,80 (calculé avec le nomogramme) et est classée en C3-S1, c'est-à-dire avec une moyenne à forte salinité et une faible alcalinité.

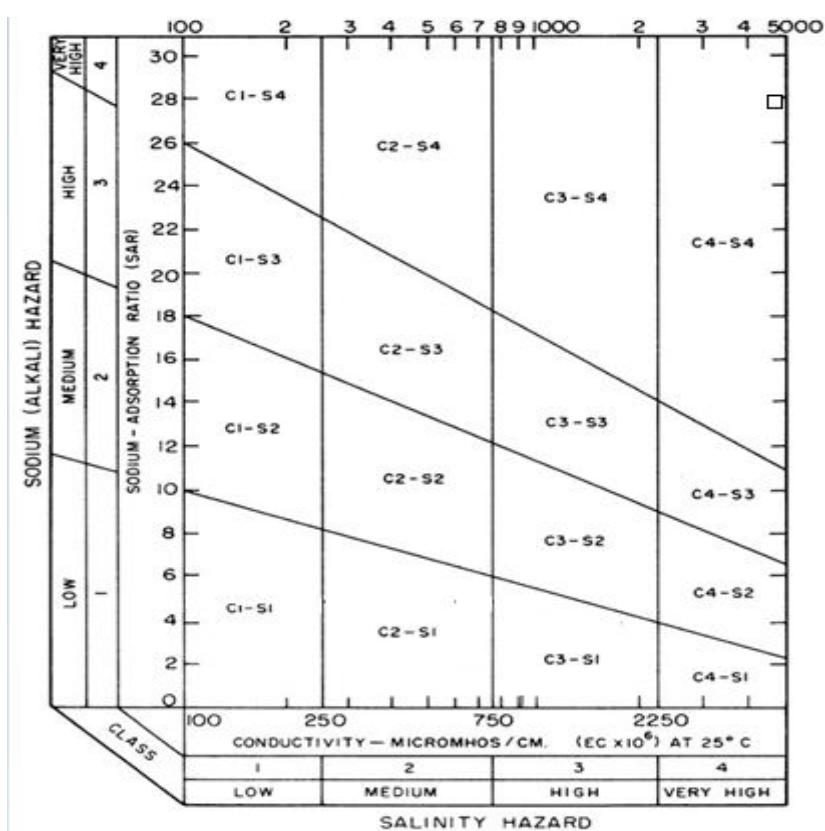


Figure III.3 : Diagramme pour déterminer la qualité évaluée d'une eau d'irrigation à partir de son coefficient d'absorption du sodium (SAR) et de sa conductivité électrique (US salinity Laboratory Staff, 1953)

III.4.2.2 Classification des eaux par la méthode de Wilcox :

Généralement, les plantes supportent mal les sols saturés en sodium. La classification de Wilcox fondée sur la conductivité électrique et la teneur en sodium dans l'eau exprimée en pourcentage. La représentation des différents échantillons sur ce diagramme permet la caractérisation des eaux pour leur aptitude à l'irrigation (Figure III.4). Le %Na+ est définie

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

en appliquant la formule (III.2), on trouve Na(%) = 38% ,alors on peut classer ces eaux selon le diagramme ci-dessous " **eaux admissibles à médiocres pour l'irrigation**"

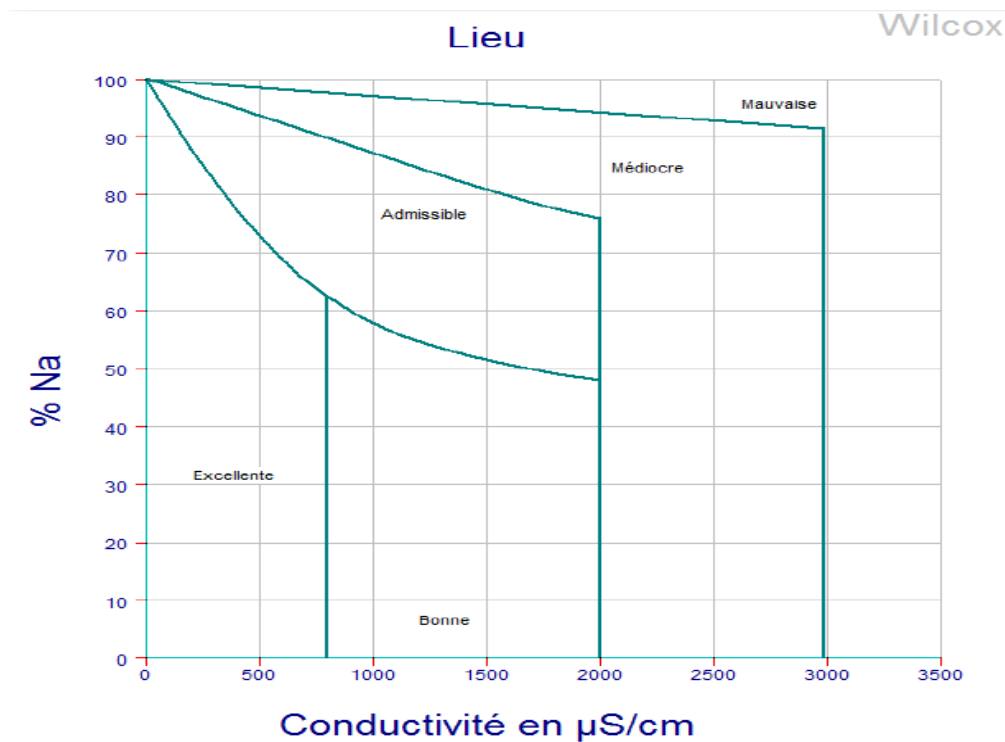


Figure III.4 : Diagramme de Wilcox pour déterminer la qualité évaluée d'une eau pour l'irrigation

III.4.3 Carbonate de sodium résiduel (RSC) :

Il est défini comme étant la différence en milliéquivalents par litre entre les ions de bicarbonates et les ions de calcium et de magnésium. Le calcium et le magnésium peuvent réagir avec le bicarbonate, et être précipités comme carbonates. La concentration relative en sodium dans le complexe échangeable augmente, provoquant la dispersion du sol. Quand la valeur du carbonate de sodium résiduel est inférieure à 1,25 meq/litre, l'eau est considérée comme étant de bonne qualité tandis que si elle excède 2,5 meq/litre, l'eau est considérée comme dangereuse.

$$RSC = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{++} + Mg^{++}) \quad (III.3)$$

Les cations sont exprimés en milliéquivalents par litre (méq/l), en appliquant la formule (III.2) $RSC = (1.85 + 3.01) - (26.02 + 2.95) < 0$ néant; alors c'est une eau appropriée à l'irrigation. si il y aura des problèmes liés aux carbonates et bicarbonates dans l'eau d'irrigation y aura t'il des remèdes envisagés tel que

- l'injection d'acide sulfurique pour dissocier les ions bicarbonates (PH=6.2) et dégagement du CO₂, Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺ en solution.

- Ajouter du gypse lorsque les sols ont peu de Ca⁺⁺ libre.

III.4.4 Toxicité et normes d'interprétation d'une analyse d'eau

quand certains constituants de l'eau sont absorbés par la culture, on remarque une diminution de la qualité de produits et une chute de rendement, pour cela on a adopté à plusieurs méthodes et approches pour évaluer la toxicité et l'aptitude de ces eaux à l'irrigation à partir des différents faciès chimiques des eaux. Parmi ces méthodes on peut citer

III.4.4.1 Le diagramme de Piper pour les faciès chimiques

Le diagramme de Piper permet de caractériser les faciès chimiques des eaux. Cette caractérisation est basée sur des calculs de proportions relatives des différentes espèces cationiques et anioniques analysées. Ce diagramme est très fréquemment utilisé et donne de très bons résultats. Le diagramme de Piper fournit le même résultat qu'une classique caractérisation de la composition chimique par l'anion principal ou le cation principal. Cependant, il a l'avantage de définir en même temps un certain nombre de famille d'eau et de mettre clairement en évidence l'évolution de la minéralisation. Ce diagramme est formé d'un 1er triangle pour les cations, d'un 2ème triangle pour les anions et d'un losange découpé en famille d'eau. Les éléments considérés sont Ca^{2+} , Mg^{2+} , ($\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$) pour les cations et HCO_3^{-} , ($\text{Cl}^{-} + \text{NO}_3^{-}$) et SO_4^{2-} pour les anions. Dans le diagramme, la concentration relative (est en *méq/l*) de chaque élément calculé permet de placer les points sur les triangles qui sont ensuite projetés sur le losange. Cette concentration est définie par la proximité des points de projection par rapport aux différents sommets ou pôles. La projection dans le parallélogramme des points placés dans les triangles des anions et des cations, classe la solution en faciès suivant les ions prédominants.

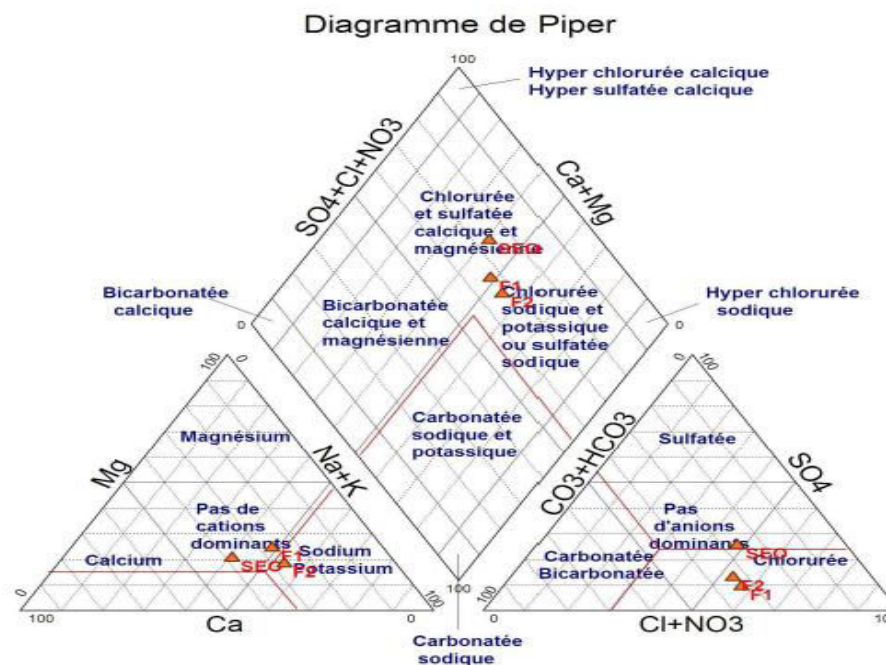


Figure III.5 : Diagramme de Piper pour classer les faciès chimiques d'une eau pour l'irrigation

La méthode hydrochimique a nécessité l'utilisation du diagramme de Piper et wilcox réalisé sous le logiciel Diagrammes, pour la classification hydrochimique des eaux. Ce diagramme est beaucoup utilisé en hydrochimie Figure III.6

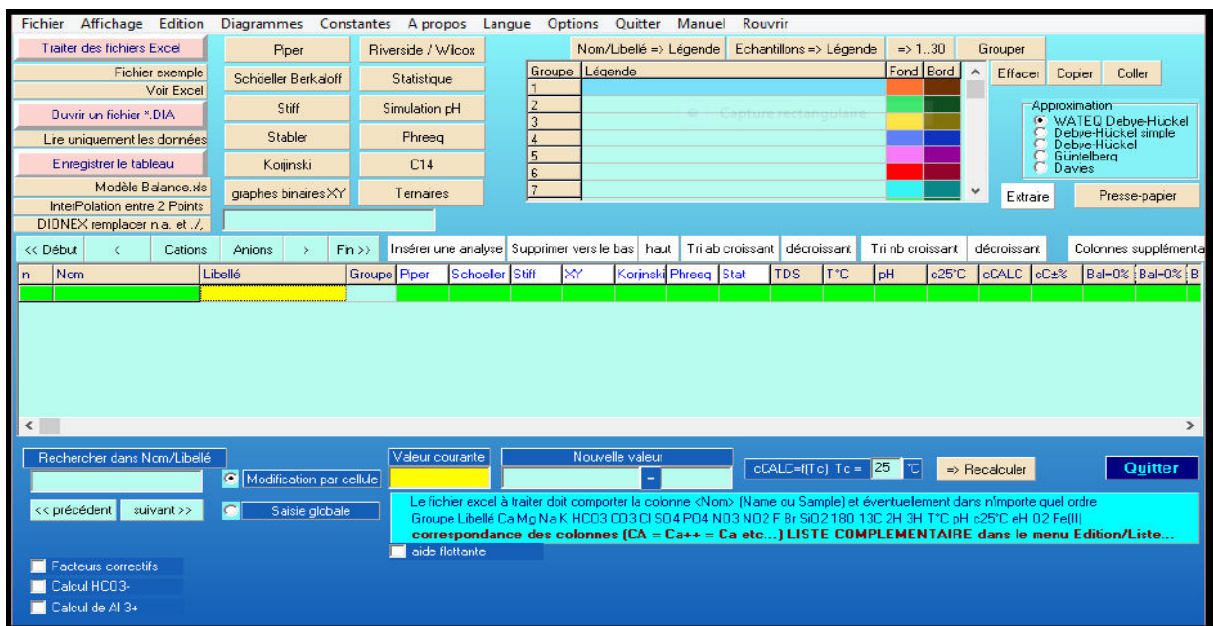


Figure III.6: L'interface de logiciel du logiciel Diagramme .

On conclue que les faciès chimique de ces eaux la caractérisé en type chloruré sodique. Selon le rapport (Cl/SO4); elles ont une salinisation de type chloruré à chloruré sulfaté d'après le diagramme de piper

III.4.4.2 Toxicité et normes:

Le tableau III.6 résume les valeurs acceptables pour différents éléments trouvés dans l'eau d'irrigation. Ce sont des valeurs souhaitables lorsque l'eau est utilisée d'une manière continue. Les seuils pourraient être plus élevés lorsque l'eau est utilisée seulement en période de sécheresse. En revanche, des échantillonnages de sol, devraient, dans ce cas, se faire plus fréquemment afin d'éviter l'accumulation d'éléments non désirables dans le sol.

Tableau III.7 : Norme d'interprétation d'une analyse d'eau pour l'irrigation

Paramètres	Concentration maximale
Aluminium (Al ³⁺)	0 à 5 mg.l ⁻¹
Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)	30 à 50 mg.l ⁻¹ (pas supérieur à 150)
Bore (B)	0,2 à 0,5 mg.l ⁻¹ (pas supérieur à 0,8)
Calcium (Ca ²⁺)	40 à 120 mg.l ⁻¹
Chlore (Cl ⁻)	0-100 mg.l ⁻¹ (pas supérieur à 140)
Cuivre (Cu ²⁺)	0,08-0,15 mg.l ⁻¹ (pas supérieur à 0,2)
Fluor (F)	0 mg.l ⁻¹ (pas supérieur à 1)
Fer (Fe ³⁺)	1 à 2 mg.l ⁻¹ (pas supérieur à 5)
Magnésium (Mg ²⁺)	6 à 25 mg.l ⁻¹
Manganèse (Mn ²⁺)	0,2 à 0,7 mg.l ⁻¹ (pas supérieur à 2)
Molybdène (Mo)	0,02 à 0,05 mg.l ⁻¹ (pas supérieur à 0,07)

PH	5 à 7
Potassium (K^+)	0,5 à 5 $mg.l^{-1}$
SAR	inférieure à 9
Sodium (Na^+)	0 à 30 $mg.l^{-1}$ (pas supérieur à 50)
Sulfate (SO_4^{2-})	24 à 240 $mg.l^{-1}$
Résidu sec	70 à 700 $mg.l^{-1}$ (pas supérieur à 875)
Zinc (Zn^{2+})	0,1 à 0,2 $mg.l^{-1}$ (pas supérieur à 2,0)
Salinité ($dS.m^{-1}$)	inférieure à 1,0-1,5

III.5 Etude Statistique des pluies annuelles

L'optimisation de la gestion des ressources en eau, quelles que soient les performances des algorithmes de calcul, n'a de sens que par référence à un état donné de l'information hydrologique : il faut donc extraire le maximum de l'information contenue dans les échantillons de mesures disponibles effectuées sur le terrain. S'appuyant sur des bases physiques simples et éprouvées, l'analyse statistique des données observées se révèle alors utile et pratique.

III.6 Choix de l'échantillon à analyser

Nous disposons d'un échantillon de pluies annuelles d'une durée d'observations de 25 ans (1980-2005). De la station de Meskiana qui a été prise comme station de référence, les caractéristiques de cette dernière sont résumées dans le Tableau I.1 (cf. chapitre 1).

III.7 Etude de l'homogénéité de la série pluviométrique

L'homogénéisation des données est une analyse statistique de l'information aidant à une prise de décision conséquente. Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au test de **Mood** la vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé ci-dessous:

- Soit un échantillon $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$; déterminons sa médiane. La médiane M est le nombre qui sépare la série (ordonnée en valeurs croissantes) en deux groupes de même effectif. C'est un paramètre de position de la série.
- Pour les valeurs inférieurs à la médiane sont codés comme "0". ceux qui sont supérieurs, sont codés comme "1". Les valeurs égales à la médiane ne sont pas utilisées dans l'analyse.
- Soit " N " la taille de l'échantillon, N_1 Le nombre totale de séries de "1" ou "0" et T_1 la taille de la plus grande série de "1" ou "0" .

- N_S suit approximativement une loi normale et T_S suit approximativement une loi binomiale.

Ceci a permis d'établir que pour un niveau de signification (le risque) $\alpha = 5\%$, les conditions du test sont les suivantes :

$$N_S > 0,5 \left(N + 1 - \mu_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{N + 1} \right) \quad (III.4) \text{ où}$$

$\mu_{1-\frac{\alpha}{2}}$ Le variable réduite gaussienne de risque $\alpha = 5\%$, $\mu_{0.975} = 1.96$;

$$T_S < 3,3 \log_{10}(N + 1) \quad (III.5)$$

Le tableau suivant détaille le résultat du Test d'homogénéité pour la station de Meskiana.

Tableau III.8 : Test de Mood pour la station de Meskiana

Année	Précipitation	"0" ou "1"
1980/1981	294.70	0
1981/1982	364.41	1
1982/1983	298.00	0
1983/1984	239.90	0
1984/1985	327.70	1
1985/1986	324.70	-
1986/1987	270.13	0
1987/1988	306.34	0
1988/1989	369.80	1
1989/1990	444.85	1
1990/1991	407.90	1
1991/1992	391.00	1
1992/1993	250.51	0
1993/1994	262.95	0
1994/1995	365.60	1
1995/1996	370.43	1
1996/1997	280.06	0
1997/1998	273.01	0
1998/1999	361.20	1
1999/2000	290.56	0
2000/2001	269.00	0
2001/2002	308.88	0
2002/2003	548.40	1
2003/2004	413.97	1
2004/2005	339.98	1
La Médiane	324.7	
N=25	Ns=12	Ts= 4

$$0,5 (25 + 1 - 1.96\sqrt{25 + 1}) = 8 < N_S$$

$$3,3 \log_{10}(25 + 1) = 4.67 > T_S$$

La condition de **Mood** est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle de la station de **MESKIANA** est homogène.

III.8 Choix des lois de probabilités

Les précipitations sont mesurées ponctuellement mais c'est un phénomène organisé dans l'espace et qui présente une certaine cohérence et homogénéité, compte tenu de l'effet du relief, alors que ce n'est pas le cas de débits à l'exutoire de bassins versants.

Il existe en hydrologie un arsenal fort important de loi de probabilité. Deux fonctions de répartition fournissent une excellente approximation de la distribution empirique des pluies qui garantit le meilleur ajustement possible:

- Loi de Gauss (loi Normale).
- Loi de Galton (loi log –Normale)..

III.8.1 Ajustement à la loi de Gauss ou loi normal

Le procédé de calcul consiste à :

- Classer les valeurs de l'échantillon par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Calculer la fréquence expérimentale par la formule de Hazen.
- Variable réduite de gauss : $U = \frac{X - \bar{X}}{\delta}$ (III.6)
- Calcul des caractéristiques empirique de loi (\bar{X} ; δ ; C_v ; $C_{S=0}$).
- Le coefficient de variation : $C_v = \frac{\delta}{\bar{X}}$ (III.7)

L'équation de la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien :

$$X_{P\%} = \bar{X} + \delta * U_{P\%} \dots \dots \dots (III.8)$$

Avec :

- $X_{P\%}$: précipitation de probabilité P% ;
- $U_{P\%}$: variable réduite de Gauss ;
- \bar{X} : Moyenne arithmétique ;
- δ : Écart type.

Pour les calculs, on a utilisé le logiciel **Hyfran**. Les résultats de calculs obtenus figurent dans le **Tableau III.9** et la **Figure III.7**.

Tableau III.9 : Ajustement à une loi de Gauss (loi-Normale)

q = F(X) (probabilité au dépassement)				
T = 1/ (1-q)				
T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de
10	0.9000	426	19.3	388 - 464
5	0.8000	395	16.6	362 - 427
3	0.6667	365	14.9	336 - 395
2	0.5000	335	14.2	307 - 363
1.25	0.2000	275	16.6	243 - 308

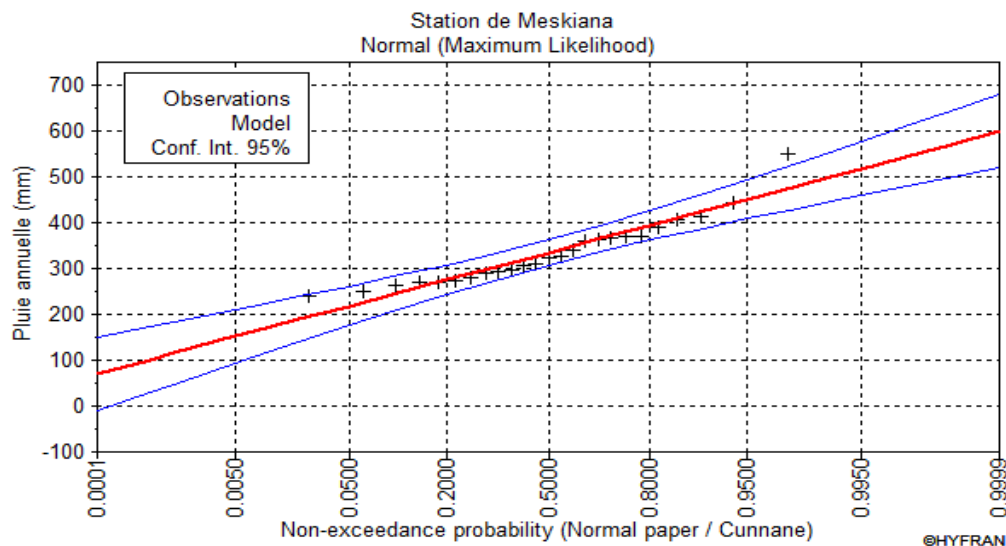


Figure III.7 : Ajustement à la loi de Gauss

III.8.2 Test de validité de l'ajustement à la loi de Gauss

– Test de Khi carrée

- On calcule $\chi^2_{\text{calculé}}$.
- On calcule le nombre de degré de liberté.
- On détermine $\chi^2_{\text{théorique}}$ sur la table de Pearson I

Avec :
$$\chi^2_{\text{théorique}} = g(\gamma, \alpha) \dots\dots\dots(III.9)$$

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

D'après le calcul (par le logiciel HYFRAN), on obtenu les résultats suivants :

$\chi^2_{\text{calculé}} = 0.238; \gamma = 4$

Nombre de classes = 7

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

$\chi^2_{\text{théorique}} = 5.52$

$\chi^2_{\text{calculé}} = 0.238 < \chi^2_{\text{théorique}} = 5.52 \rightarrow$ Alors, l'ajustement est adéquate.

III.8.3 Loi du log normal ou loi de Galton

Cette méthode est comme suit : Les données statistiques des pluies sont rapportées à une autre échelle à savoir l'échelle du log normale.

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

$$\text{Ln}(X_{p\%}) = \overline{\text{Ln}(X)} + \delta_{\text{Ln}} * U_{p\%} \dots\dots\dots(III.9) \text{ Avec:}$$

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

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

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

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

$$\delta_{\text{Ln}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(X)}]^2} \quad \text{Si } n < 30 \dots\dots\dots(III.10)$$

$$\delta_{\text{Ln}} = \sqrt{\frac{1}{1-n} \sum_{i=1}^{i=n} [\text{Ln}(X_i) - \overline{\text{Ln}(X)}]^2} \quad \text{Si } n > \text{ ou } = 30 \dots\dots(III.11)$$

$U_{p\%}$: variable réduite de Gauss.

Pour les calculs, on à utilise le logiciel Hyfran. Les résultats de calcul obtenus figurent dans le **Tableau III.10** et la **Figure III.8**.

Tableau III.10 : Ajustement à une loi de Galton

$q = F(X)$ (probabilité au dépassement)				
$T = 1/(1-q)$				
T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de
10	0.9000	424	23.0	379 - 469
5	0.8000	388	18.1	353 - 424
3	0.6667	358	14.9	329 - 387
2	0.5000	328	13.1	303 - 354
1.25	0.2000	278	12.9	252 - 303

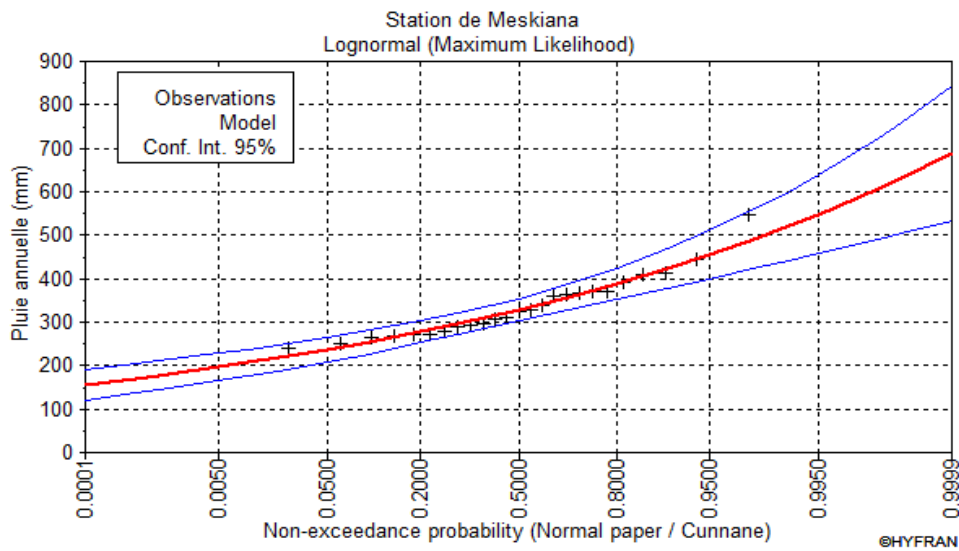


Figure III.8: Ajustement à la loi de Galton

III.8.4 Test de validité de l'ajustement à la loi de Galton

➤ Test de Khi carrée

- On calcule $\chi^2_{\text{calculé}}$.
- On calcule le nombre de degré de liberté γ :
- On détermine $\chi^2_{\text{théorique}}$ sur la table de Pearson III

Avec : $\chi^2_{\text{théorique}} = g(\gamma, \alpha) \dots \dots \dots (III.12)$

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

D'après le logiciel HYFRAN on a obtenu les résultats suivants :

$$\chi^2_{\text{calculé}} = 0.9037 \gamma = 4$$

Nombre de classes : 7

$$\chi^2_{\text{théorique}} = 1.04$$

$\chi^2_{\text{calculé}} = 0.9037 < \chi^2_{\text{théorique}} = 1.04 \rightarrow$ Alors l'ajustement est adéquate.

On remarque que $\chi^2_{\text{calculé}}$ par la loi Log-normal est plus petit que $\chi^2_{\text{calculé}}$ par la loi normale. Donc, la loi log-normale donne des bons résultats.

III.9 Détermination de l'année de calcul

Les deux lois de Gauss et log normal sont très proche mais la série s'ajuste mieux à la loi de log normal, alors nous la retenons pour l'estimation de la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région.

L'estimation de l'année sèche de fréquence 80%; on utilise la formule suivante :

$$P_{80\%}^{sec} = P_{moy.i} \times \frac{P_{80\%}}{P_{50\%}} \quad (III.13)$$

Avec :

$P_{80\%}^{sec}$: Précipitation mensuelle de l'année de calcul ;

$P_{moy.i}$: La précipitation moyenne mensuelle ;

$P_{80\%}$: La précipitation théorique annuelle de fréquence 80%;

$P_{50\%}$: La précipitation théorique annuelle de fréquence 50% ;

On déduit les valeurs de $P_{80\%}$ et $P_{50\%}$ selon l'équation de Galton (III.10) :

$$P_{80\%} = 278 \text{ mm}$$

$$P_{50\%} = 328 \text{ mm}$$

Donc :

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

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
$P_{moy.t}$	38.87	30.01	33.28	27.40	27.62	21.59	31.38	26.17	36.34	24.16	10.34	29.35
$P_{80\%}^{sec}$	32.94	25.44	28.21	23.22	23.41	18.30	26.60	22.18	30.80	20.48	8.76	24.88

III.10 Conclusion

Vise aux insuffisances des ressources en eau souterraines nous avons défini les eaux de la retenue collinaire EL AGBA, comme la seule ressources en eau disponibles dans la région d'étude, dont l'eau est utilisable en termes de qualité et de quantité.

Les eaux contiennent toujours des sels dissous qui leur confèrent les caractéristiques du milieu dont elles sont issues. Ces sels peuvent également provenir de phénomènes exogènes qui vont causer des modifications de la chimie du milieu agricoles et entraîne des chutes en rendement. Les résultats de l'analyse chimique ont montré que l'eau d'irrigation est moyennement à fortement salée, et faible en sodium, ($CE = 2,21 \text{ mmhos.cm}^{-1}$; $SAR = 4,80$).

Des eaux d'irrigation avec des salinités entre 1,5 et 3,00 d.Sm⁻¹ avec un SAR au-dessus de 4 doivent être utilisées avec prudence. Des échantillons de sol doivent être prélevés annuellement afin d'éviter d'éventuels problèmes de salinité des sols.

Quant à l'ajustement des séries des pluies moyennes annuelles, il faut signaler que le test de Khi carré a montré un ajustement meilleur avec la loi log-normale. Ce qui nous a conduits à prendre en considération cette loi pour l'estimation des pluies servant au dimensionnement d'un réseau d'irrigation.

CHAPITRE IV :

Choix des techniques d'arrosage

IV.1 Introduction

Quelle que soit l'origine de l'eau et son mode de transport (canaux ou conduites), le problème le plus délicat est le choix de la méthode pour de répartition de cette eau sur le sol de façon que les plantes en tirent le maximum de profit.

IV.2 Les Différentes Techniques D'irrigation

Les techniques d'irrigations peuvent être rangées en trois (03) classes, soit :

IV.2.1 L'irrigation de Surface

L'irrigation de surface regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la répartition 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 ou technique mixte.

IV.2.1.1 Irrigation Par Ruissellement

a) Les planches de ruissellement

On divise la surface à irriguer en bandes rectangulaires prise dans le sens de la plus grande pente. En général, la longueur des planches varie de 5 à 30 m. et leur largeur de 50 à 800 m. L'irrigation par planches convient le mieux aux pentes inférieures à 0,5 %. Cependant, les pentes longitudinales maximales des planches peuvent atteindre 4 % à 5 %. Les sols convenant le mieux à cette technique sont les sols moyennement filtrants.

L'irrigation par planches s'applique aux cultures telles que les prairies, les céréales et les vergers. La préparation des planches est minutieuse et coûteuse et exige une main-d'œuvre qualifiée et des équipements de terrassement performants.

Les pertes par percolation profonde et en culture est importante, et font remonter dangereusement le niveau des nappes phréatiques.

Les efficacités observées, s'échelonnent dans une gamme très large allant de 45 % à 85 %.

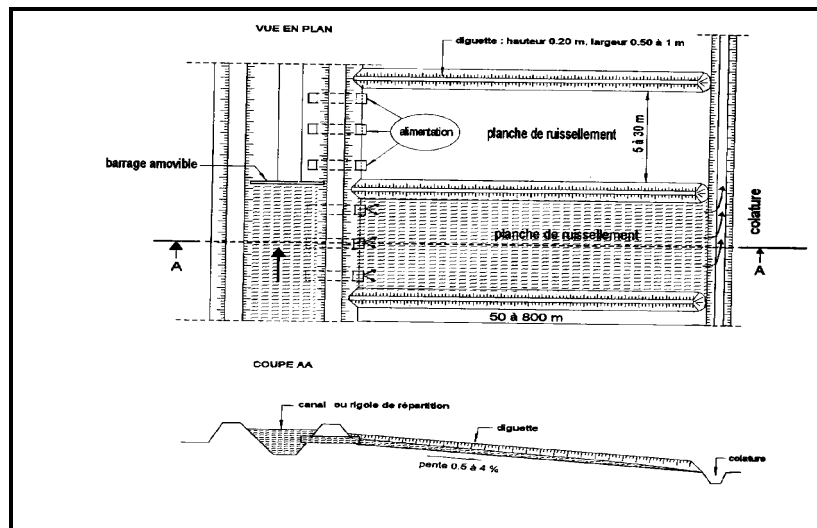


Figure IV.1. Irrigation par planche de ruissellement (Tamzi, 2003)

b) L'arrosage à la raie

Consiste à amener l'eau à la plante, par une série plus au moins dense (espacement d'environ 0,75 à 1 m.) de petits fossés à ciel ouvert à pente faible mais régulière.

Les raies sont tracées suivant la ligne de plus grande pente du terrain pour des pentes $< 02 \%$. Pour des pentes $> 02 \%$ les raies sont orientées obliquement par rapport à la ligne de plus grande pente. La forme des sections des raies peut être triangulaire, trapézoïdale ou parabolique avec :

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

L'arrosage à la raie se pratique sur les terrains d'environ 0,5 à 4 % de pente et convient à toutes les cultures de céréales et de plantes sarclées (Maïs, Coton, Pomme de terre etc.). L'arrosage à la raie pose de sérieux problèmes d'application de l'eau lorsque la longueur des raies devient importante (supérieure à 250 m.).

Il exige une main d'œuvre abondante et qualifiée pour la conduite des arrosages.

L'efficacité des arrosages telle qu'elle est constatée peut se situer entre 40 % et 70 %.

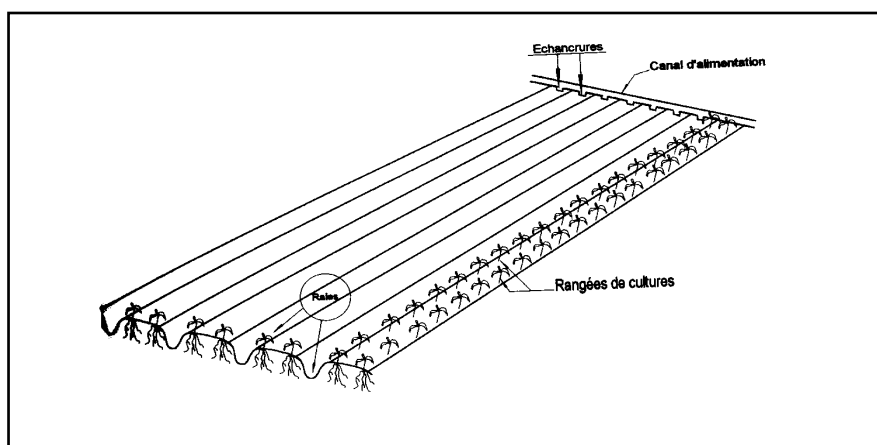


Figure IV.2 Irrigation à la raie (Tamzi, 2003)

IV.2.1.2 Irrigation Par Submersion

Dans la pratique de la submersion, l'eau est apportée et répandue aussi vite que possible sur l'ensemble de la parcelle à irriguer avant la phase d'infiltration proprement dite. La pratique de la submersion, nécessite l'aménagement du terrain en bassins de submersion, avec des petites digues de 30 à 40 cm. de hauteur et une revanche minimum de 10 cm.

L'irrigation par submersion est une technique d'arrosage appliquée de préférence en terrain presque plat (moins de 0,1 % de pente).

L'uniformité de l'arrosage est directement liée à trois (03) facteurs :

- 1). Faible perméabilité (terrain très peu ou moyennement perméable)
- 2). Qualité du nivellement.
- 3). Fort débit d'apport.

La nécessité du nivellement implique généralement des travaux de terrassement importants et coûteux.

Ce système d'irrigation s'emploie dans les riziicultures, les pâturages, les vergers, les prairies, les céréales en ligne, mais en raison du coût du nivellement des parcelles, il est généralement réservé à des terrains plats.

L'efficacité de la technique d'irrigation en submersion se situe entre 45 et 70%

L'application d'une couche d'eau sur la surface de sol à irriguer provoque leur tassement et le rend moins perméable et par conséquent gêne l'aération du sol.

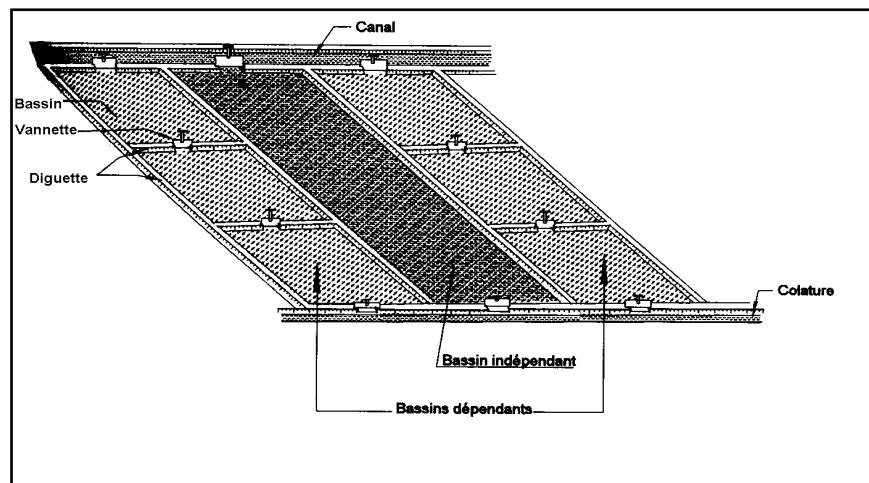


Figure IV.3 Irrigation par submersion (Tamzi, 2003)

IV.2.1.3 L'irrigation Mixte

Il s'agit d'un ruissellement suivi d'une submersion. Les dispositions générales de ce mode d'irrigation sont identiques à celles que nous avons vu, mais lorsque l'eau atteint le niveau voulu dans le bassin, on continue à les alimenter en prenant soin d'évacuer les surplus.

A cet effet, les compartiments sont munis d'un déversoir arasé au niveau fixé pour le plan maximal. L'eau en excès est évacuée dans les colatures ou dans un bassin contigu.

L'avantage de ce système est que l'eau est plus aérée apporte plus de matières nutritives et présente une température plus régulière ce qui peut être intéressant pour les cultures.

IV.2.2 L'irrigation Par Aspersion

En irrigation par aspersion, l'eau parvient aux cultures d'une façon qui imite la chute naturelle de la pluie, grâce à l'utilisation de divers appareils de projection, alimentés sous pression.

Pour cette technique d'irrigation aucun nivellement de la surface n'est nécessaire. Cependant, la pente générale du sol ne doit pas en principe dépasser 10% pour les machines à irriguer.

Tous les types de sols peuvent convenir : on peut obtenir la même efficacité d'arrosage sur les sols les plus sableux que sur les sols les plus argileux, grâce à la large gamme des intensités pluviométriques (I) offertes par les différents matériels ($I < 4$ mm /h pour sols peu perméables, jusqu'à $I < 50$ mm /h pour sols perméables).

Cette technique d'irrigation présente une excellente efficacité située entre 75- 85 %, essentiellement en fonction de la maîtrise technique des irrigants.

L'irrigation par aspersion est utilisée pour l'arrosage des cultures les plus diverses : fourragères, maraîchères, céréales, vergers, vigne, etc....

Les techniques d'arrosage appliquées en irrigation par aspersion dépendent du matériel utilisé. Elles se divisent en deux grandes catégories :

- L'aspersion simple (rampes perforées, asperseurs, canons)
- Les machines à irriguer (rampes frontales, pivots, enrouleurs, etc.)

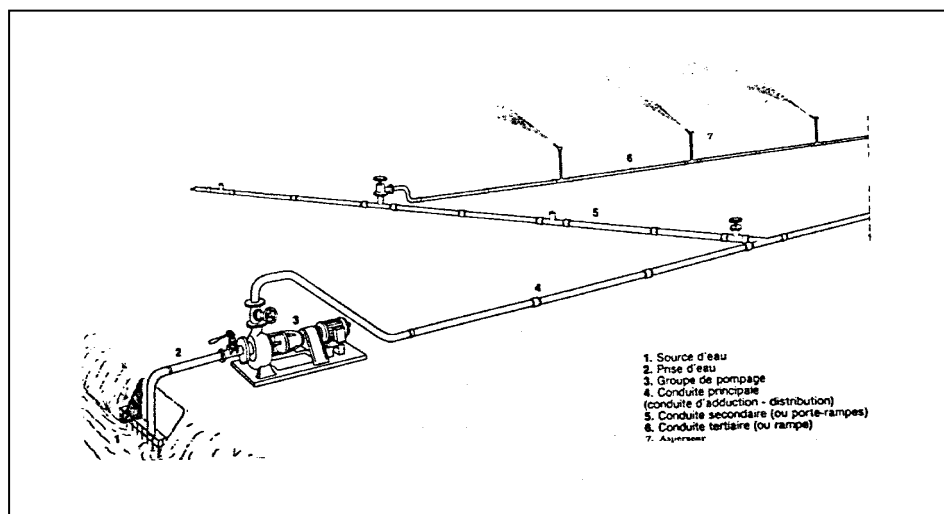


Figure IV.4. Partie essentielle d'une installation en aspersion classique (Tamzi, 2003)

IV.2.3 L'irrigation Localisée

L'irrigation localisée ou micro-irrigation, est une méthode qui regroupe plusieurs systèmes de distribution de l'eau à la parcelle. Elle se caractérise par :

- la mise en place sur la parcelle d'un réseau de canalisation,
- une discontinuité des points d'apport permettant de n'irriguer que les zones utiles à la plante,
- des débits faibles généralement inférieurs à 100 l/h,

Une distribution fréquente pour maintenir un certain volume d'eau à un niveau voisin de la capacité au champ.

Selon le type de distribution utilisé, l'eau se localise par points (goûteurs, gaines), par lignes (tubes poreux) ou par surface plus au moins grandes (muni diffuseurs, micro-asperseurs).

L'efficacité de l'irrigation localisée est excellente. Elle est située entre 70% à 95%.

L'irrigation localisée est surtout pratiquée en cultures maraîchères ou fruitières.

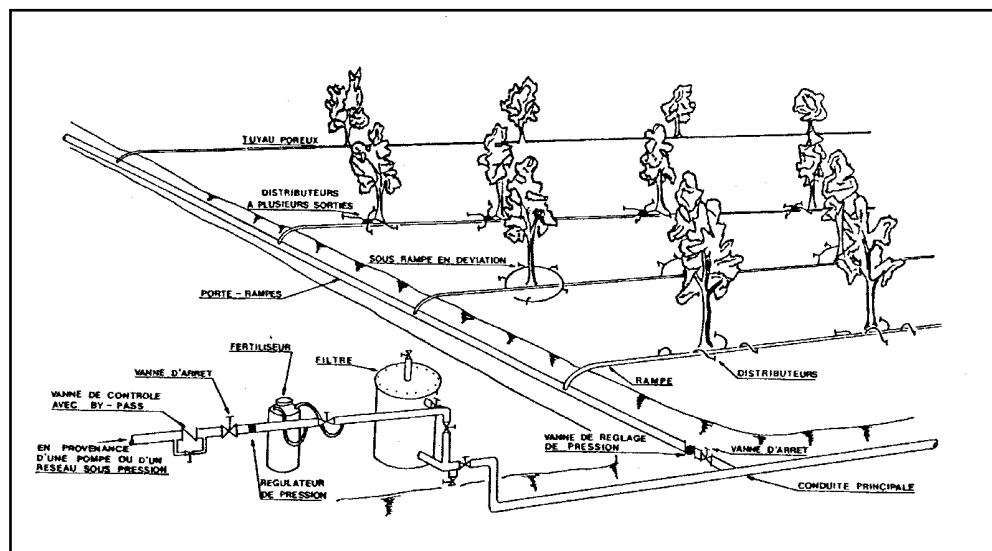


Figure IV.5 Partie essentielle d'une installation localisée (Tamzi, 2003)

IV.3 Les avantages et les inconvénients des techniques d'arrosages

IV.3.1 Techniques D'irrigation De Surface

Avantage :

- Coût d'investissement relativement faible,
- Besoins en énergie faibles ou nuls,
- Insensibilité au vent,
- Bonne adaptation aux eaux usées,
- Les végétaux ne sont pas mouillés ce qui est favorable sur le plan phytosanitaire,
- Possibilité d'utilisation d'eau salées (en pratiquant le lessivage du Sol)

Inconvénients :

- Besoins importants en main d'œuvre,
- Inadaptation aux sols très filtrants,
- Planage nécessaire des parcelles qui donne une surface consommée par les canaux et rigoles,
- Pertes d'eau importante c'est-à-dire efficacité d'arrosage faible.

IV.3.2 Techniques d'irrigation sous pression**Avantage :**

- Absence de nivellement préalable,
- Bonne adaptation à tous les types de sol,
- Possibilité de mélanger facilement des engrais et pesticides à l'eau d'irrigation
- Possibilité de contrôle précis des doses appliquées et
- Possibilité d'automatisation

Inconvénients :

- Coût d'investissement élevé,
- Dépense énergétique élevée,
- Difficultés d'utilisation et efficacité réduite en régions ventées,
- Mouillage des feuilles favorisant les maladies cryptogamiques
- Chez certaines espèces végétales,
- Ne convient pas aux eaux salées sur beaucoup de cultures (risque de brûlure du feuillage ou de dépôts inesthétiques sur les fruits).

IV.3.3 L'irrigation Localisée**Avantage :**

- Excellent rendement des cultures
- Excellente efficacité d'arrosage à la parcelle,
- Très faible besoin de main d'œuvre.
- Insensibilité au vent.
- Ne mouille pas le feuillage ce qui est favorable du point de vue phytosanitaire.

Inconvénients :

- Nécessite une maintenance rigoureuse, en raison des risques liés à d'éventuelle interruption des arrosages,
- Nécessite la filtration de l'eau d'irrigation,
- Coût globalement élevé qui fait réserver cette technique aux cultures à forte valeur ajoutée.
- Fonctionne avec du matériel délicat à durée de vie relativement faible.

IV.3.4 L'irrigation Souterraine

Avantage :

- Absence de matériel en surface, d'où aucune gêne pour l'exploitation,
- Très faible coût d'investissement et de fonctionnement sur des parcelles préalablement équipées en drainage souterrain,
- Ne mouille pas le feuillage, ni le sol ce qui est favorable du point de vue phytosanitaire et aux façons culturales.

Inconvénients :

- Technique utilisable seulement dans certaines conditions pédologiques sur des parcelles justiciables d'un drainage souterrain,
- Maîtrise incomplète et aléatoire de l'alimentation hydrique des cultures qui fait réserver cette technique aux productions à faible valeur ajoutée.

IV.4.1 Choix Des Techniques D'irrigation

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

- Topographie (pente du terrain à irriguer, relief, géométrie de la parcelle)
- Ressource en eau (quantité, qualité, débit dont on dispose)
- Nature du sol (perméabilité)
- Nature des cultures
- Facteurs économiques
- Rentabilité de l'opération
- Facteurs sociologiques et culturels

On ne doit pas considérer chacun de ces critères de manière isolée. Au contraire, il faut en avoir une vision globale afin de mieux évaluer les potentialités d'irrigation d'un site ou d'une région donnée. Pour mieux aider à conduire le choix, il est proposé au préalable, un examen des avantages et des inconvénients de chacun des grands types de techniques d'irrigation.

Par ailleurs, quelques constats remarquables à prendre en considération permettent de définir de façon plus avertie des solutions adaptées aux différentes situations que l'on rencontre dans le monde :

- Dès que l'on peut économiser l'eau, les deux techniques à promouvoir sont l'aspersion par les grandes machines à irriguer ou l'irrigation localisée, mieux adaptée aux cultures fruitières et maraîchères ainsi qu'aux petites ou moyennes exploitations.
- Quand les quantités d'eau à apporter à la plante sont faibles et que l'énergie n'est pas très chère, les machines à enrouleur sont adaptées, les coûts d'investissement étant faibles.
- Au contraire, les techniques d'irrigation de surface peuvent alors être recommandées dans le cas où la main d'œuvre est bon marché. Elles le sont encore plus lorsque le réseau lui-même est gravitaire, par exemple à l'aval d'un barrage ou d'une prise en rivière.

- Les grandes machines à irriguer, rampe pivotante ou rampe frontale, ne sont pas adaptés aux petites exploitations, obligées de cultiver les mêmes spéculations aux mêmes périodes.

IV.4.2 Les Contraintes A La Mise En Valeur

IV.4.2.1 Les Contraintes Climatiques

Le climat en tant que contraintes à la mise en valeur en irrigué, agit par trois principales composantes : les températures, les gelées et les vents. Le déficit pluviométrique enregistré dans la zone est compensé par l'irrigation. Reste à craindre les violents orages fréquents en automne et en hiver.

IV.4.2.2 Les Contraintes Edaphiques

L'étude des sols a fait ressortir certaines caractéristiques qui représentent des contraintes pour la mise en valeur en irrigué, il s'agit principalement du calcaire (total et actif), de la texture et la salure.

Le taux de calcaire

Qu'il soit actif ou total, le taux en cet élément dans les sols quand il est élevé constitue une contrainte sérieuse pour les cultures arboricoles et réduit la gamme des cultures maraîchères, il entraîne également une insolubilisation de certains éléments nutritifs (phosphore et fer) et favorise une augmentation du PH.

La texture

Les sols du périmètre présentent en général une texture fine, cette finesse favorise l'exclusion de nombreuses espèces arboricoles et de limiter la gamme des cultures maraîchères et industrielles.

La salure

La majorité des sols sont affectés par une faible salure, la conductivité électrique (CE) croît avec la profondeur du sol sans dépasser les valeurs limites.

Cette salure combinée à une texture fine favorise la limitation de certaines cultures maraîchères et arboricoles envisagées.

IV.5 La Micro Irrigation (Irrigation Localisée)

IV.5.1 Définition, Principe Et Origine

La micro irrigation (ou 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 :

- Une alimentation en eau à proximité immédiate du système racinaire des plantes cultivées,
- L'utilisation souvent répétée et, à la limite, continu 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.

C'est d'ailleurs la faiblesse des débits et des doses qui a conduit les Anglo-Saxon à désigner cette technique sous le vocable micro irrigation.

Des systèmes anciens d'inspiraient déjà plus ou moins de cette conception ceux dits à la raie en cuvettes mais ils nécessitaient beaucoup de main d'œuvre et conduisaient à un certain gaspillage de l'eau.

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.

IV.5.2 Dispositions Générales

Bien que des dispositions un peu différentes puissent être envisagées, la disposition de principe de l'arrosage localisé est la suivante.

Une conduite principale (alimente sous faible pression), alimente plusieurs lignes secondaires (rampes) qui sont ou disposés au fond de rigoles très peu profondes tracées parallèlement aux rangées de plantation ou posées simplement sur le sol, en même suspendues au palissage.

Ces rampes sont perforées ou poreuses ou bien comportent des orifices dont l'espacement adopté dépend de la plantation .Ces orifices comportent un ajutage calibré avec brise-jet que nous désignerons sous le nom de goutteurs et dont il existe différentes conception.

IV.5.3 Avantages Et Inconvénients

Les succès des arrosages localisés et spécialement le goutte à goutte est dû à un certain nombre d'avantages qui apparaissent nettement, à condition que l'installation soit bien conduite. Enumérons les divers avantages :

Efficiencie 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 et n'entraîne donc pas une consommation parasite.

Avantages agronomiques

- L'humidité du sol au voisinage des racines reste constamment élevée sans empêcher une bonne aération du sol.

- La fertilisation par des engrais incorporés à l'eau des goutteurs, cause de difficultés et de dépenses. Parmi les inévitables inconvénients potentiels qu'il faut chercher à éliminer a priori, nous en retiendrons trois principaux :
- L'obstruction des goutteurs des particules de sable des dépôts lents d'argile ou de limon des précipitations chimiques, le développement de micro-organisme sont les causes les plus souvent rencontrées d'obstructions des orifices des goutteurs .Or cela provoque une mauvaise répartition de l'eau, très nuisible aux cultures s'il n'u est porté remède.or le repérage et l'élimination des goutteurs obstrués sont longs et onéreux. Le meilleur moyen est de prévenir ces obstructions par une filtration de l'eau.

- Accumulation de sels

Les eaux d'irrigation contiennent toujours plus ou moins de sels dissous. Les plantes prennent l'eau et la majorité des sels restent dans le sol.

Pendant la période d'irrigation, les sels sont peu à 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.

Certes, on peut lutter contre l'accumulation de sels en apportant un excès d'eau par rapport à la consommation de la plante, on lessive ainsi une grande partie des sels et on les déplace en dessous de la zone racinaire .Mais le procédé le plus efficace, surtout dans les régions où la pluviométrie naturelle est trop faible ($P < 200$ mm).

Avantages cultureux

- Les activités culturelles ne sont pas gênées par les arrosages. Ces activités sont d'ailleurs très réduites, peu de mauvaises herbes, peu de tassement en profondeur et pas de ruissellement en surface donc pas d'érosion.
- Cette technique est compatible avec les cultures faites sous paille ou paillage plastique les rampes se trouvent sous la couverture.

Avantages économiques :

Le prix de revient est très influencé par l'espacement des lignes :

- S'il s'agit de cultures à grands espacements, le prix de revient est nettement moins élevé que celui d'autres réseaux fixes, comme l'aspersion, à niveau d'automatisme égal.
- Lorsque la distance entre les lignes descend en dessous de 3 m, le coût s'élève beaucoup et une étude s'impose.

En ce qui concerne le coût d'exploitation, il est peu élevé à noter la faible pression nécessaire.

La méthode se prête en effet à une grande automatisation éliminant une grande partie des frais de main-d'œuvre. Cependant pour une exploitation économique et aisée, il faut éliminer les obstructions des petits orifices.

IV.5.4 Difficulté A Déterminer Le Volume Minimal Du Sol Humidifier

Le développement racinaire se limitant à la zone humidifiée, la croissance optimale de la culture globale exige l'humidification d'un volume minimum de sol.

Il apparaît que les dimensions de ce volume sont liées à différentes variables et, plus spécialement, au débit des goutteurs, à leur distance et à la nature du sol.

Comme il est très difficile, une fois le projet réalisé, d'en modifier les données, il importe de déterminer ces données avec soin pour avoir le début une répartition qualitative et quantitative de l'eau satisfaisante.

En fin, on peut noter le risque d'une quatrième difficulté si la région est soumise à des vents forts, il y a érosion éolienne dans la partie sèche des interlignes et la poussière soulevée peut venir recouvrir les cultures et les endommager.

IV.6 Efficience de l'irrigation

Les besoins bruts du périmètre, dépendent de l'efficacité de l'irrigation, c'est à dire des pertes d'eau qui se produisent à partir du point du captage, jusqu'à la satisfaction des besoins du rapport plante/sol. L'efficacité d'un réseau d'irrigation est définie par le rapport entre le besoin d'eau strictement nécessaire à la culture et le volume d'eau à introduire dans ce réseau.

La différence entre les deux volumes indique les pertes, qui évidemment devront être les plus limitées, afin d'éviter le gaspillage plus particulièrement, si les ressources en eau s'avéraient rares.

La formule communément employée pour l'estimation de l'efficacité d'un réseau d'irrigation, est donnée par l'expression (IV.1) :

$$E_i = E_t * E_a \quad (\text{IV.1})$$

Avec :

E_i : Efficacité d'irrigation en %.

E_t : Efficacité de transport en %.

E_a : Efficacité d'application de l'eau (Agronomique) en %.

Certains auteurs font une distinction ultérieure, tel que la formule (IV.2) :

$$E_a = E_d * E_u$$

Dans la quelle :

E_d : Efficacité de type de distribution en %.

E_u : Efficacité de l'uniformité de la distribution en %.

La thématique développée ci-après se base sur la formule (IV.3) :

$$E_i = E_t * E_d * E_u \quad (\text{IV.3})$$

IV.6.1 Efficacité De Transport

On entend par transport, le trajet parcouru par l'eau du point de prélèvement (barrages, réservoirs, puits, etc...), au point de livraison à la parcelle (borne ou prise), qui peuvent être de nature diverses et avoir une incidence plus au moins forte en fonction des caractéristiques de l'adduction.

IV.6.2 Efficacité De Distribution :

L'efficacité de la distribution de l'eau à la parcelle, varie très sensiblement en fonction des modalités de la desserte adoptée, qui peuvent se grouper en cinq grandes catégories :

- Irrigation par submersion.
- Irrigation par ruissellement.
- Irrigation par aspersion.
- Irrigation localisée.
- Irrigation souterraine.

IV.6.3 Efficacité De L'uniformité :

Elle est indépendamment liée à la méthode de distribution adoptée. C'est la livraison égale, par une quantité d'eau optimale en tout point de la superficie irriguée, ce qui se produit très rarement. Pour assurer une bonne répartition, il faudra apporter un volume supérieur, dont l'excédent par rapport à la quantité nécessaire, se traduit par une perte.

L'évaluation exacte des pertes (efficacité d'un réseau d'irrigation) est très difficile et même presque impossible, suite des multiples variables qui interviennent dans ces conditions.

En se basant sur le mode d'irrigation et les cultures envisagées, il est possible d'avoir en moyenne, les degrés d'efficacité suivants :

- Céréales, Luzernes, Vesce-avoines et Pommes de terre $\approx 0,75$

- Cultures Maraîchers $\approx 0,80$
- Agrumes, Arbres fruitiers et Vignes $\approx 0,85$
- Plasticultures $\approx 0,85$ (temzi, 2003)

IV.6.4 Système d'irrigation appliqué dans la zone d'étude

Dans cette zone on appuis sur l'aspersion pour l'irrigation des céréales et le système goutte à goutte pour certain cultures maraîchers (chou, pomme de terre,), et l'irrigation gravitaire dans certaines zones pour tous les cultures.

IV.6.5 Utilisation des éléments fertilisant:

Pour accomplir le processus de leur vie végétative, les plantes ont besoin d'eau, de près de vingt éléments nutritifs qu'elles trouvent sous forme minérale dans le sol, de dioxyde de carbone (CO₂) apporté par l'air, et d'énergie solaire nécessaire à la synthèse chlorophyllienne. Dans la zone d'étude il y a des périmètres cultivés intensivement, se qui conduit à la fatigue de la terre et à la pauvreté à la matière organique pour avoir un meilleure rendement

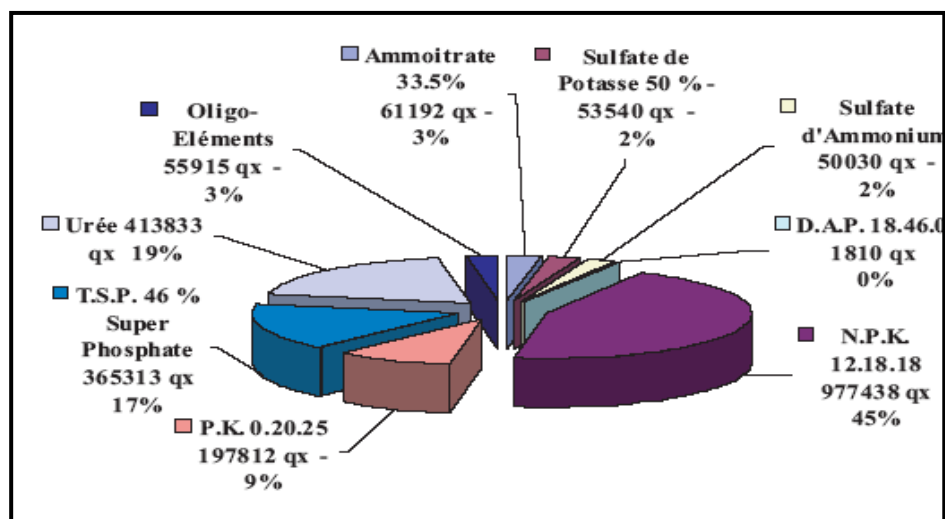


Figure IV.6 livraison des engrais par produit (DAC, 2008)

Les quantités d'engrais chimiques consommées dans la zone, ont été converties en quantités d'azote de la manière suivante :

- L'Urée 46% : engrais contenant 46% d'azote.
- Le N.P.K (12-18-1) : engrais contenant 12% d'azote, 18% de phosphore et 1% de Potassium
- L'Ammonitrate 33,5% : engrais contenant 33,5 % d'azote ;
- Le sulfate d'ammonium 21% : engrais contenant 21% d'azote.

IV.6.6 Effet sur l'environnement et la santé

Impacts environnementaux des phosphates et Pollution de l'eau par les nitrates.

L'utilisation des engrais entraîne deux types de conséquences qui peuvent comporter des risques sanitaires (atteinte à la santé de l'homme) ou des risques environnementaux (dégâts sur les écosystèmes).

Le risque sanitaire le plus connu est celui relatif à la consommation d'eau riche en nitrate, résultant de la fertilisation azotée, par le nourrisson.

Le risque environnemental le plus cité est celui de la pollution de l'eau potable ou de l'eutrophisation des eaux, lorsque les engrais, organiques ou minéraux, répandus en trop grande quantité par rapport aux besoins des plantes et à la capacité de rétention des sols, qui dépend notamment de sa texture, sont entraînés vers la nappe phréatique par infiltration, ou vers les cours d'eau par ruissellement.

Un risque environnemental moins cité, et pourtant très important lui aussi, est la contribution au réchauffement climatique, due aux fortes émissions, après épandage, d'oxydes d'azote, notamment le protoxyde d'azote (N₂O), qui est un puissant gaz à effet de serre, à fort potentiel de réchauffement global mais à durée de résidence modéré (de l'ordre de 100 ans).

Plus généralement, les conséquences de l'utilisation des engrais, qui peuvent comporter des risques et qui sont soumises à la critique, sont les suivantes :

- Effets sur la qualité des sols, leur fertilité, leur structure, l'humus et l'activité biologique ;
- Effets sur l'érosion ;
- Effets d'eutrophisation des eaux douces et marines liés au cycle de l'azote et de pollution diffuse induite par la toxicité des nitrates dans l'eau potable ou pour certaines espèces, et par leur caractère eutrophisant et favorisant la turbidité de l'eau ;
- Effets liés à la dégradation des engrais inutilisés, qui émettent des gaz à effet de serre, oxydes d'azote (protoxyde d'azote N₂O et N₂O₄), dans l'atmosphère⁸ ;
- Effets d'eutrophisation des eaux douces et marines liés au cycle du phosphore (eutrophisation voire Dystrophisation) ;
- Effets liés aux autres éléments nutritifs : potassium, soufre, magnésium, calcium, oligo-éléments ;
- Effets liés à la présence de métaux lourds : cadmium, arsenic, fluor, présents dans les engrais minéraux et dans les lisiers de porc ;
- Effets liés à la présence d'éléments radioactifs (significativement présents dans les phosphates),
- Effets sur les parasites des cultures ;
- Effets sur la qualité des produits ;
- Pollution émise par l'industrie de production des engrais chimiques et certains engrais organiques ;
- Utilisation d'énergie non renouvelable pour leur transport et épandage ;
- Épuisement des ressources minérales ;
- Effets indirects sur l'environnement, dont par la mécanisation pour l'agriculture intensive, et les épandages.

IV.7 Conclusion :

En se basant sur ce qui précède, et en fonction des caractéristiques climatiques, agro-pédologiques et Sociales de La zone d'étude, on peut choisir la technique d'irrigation par aspersion pour les céréales et le goutte à goutte pour certains cultures maraîchers qui présentent beaucoup d'avantage par rapport à les autres techniques d'irrigation.

Le système d'irrigation choisit dépend de la texture des sols et le type de culture.

On a estimé l'efficience à 85% et cette estimation basé sur les pertes dues aux défauts de l'installation

En se basant sur ce qui précède, nous constatons que l'ensemble des activités Socio-économiques, concourent à des degrés différents, à la pollution de la nappe aquifère par les nitrates. La pollution de la nappe est essentiellement due à L'agriculture plus prononcée avec une utilisation fortement avérée en fertilisants, mais aussi aux rejets urbains.

CHAPITRE V :

Estimation des besoins en eau d'irrigation

CHAPITRE V : Estimation des besoins en eau d'irrigation

V.1 Introduction

Les cultures se développent, puisent du sol l'eau et les éléments nutritifs, mais la quantité d'eau donnée à la culture n'est pas entièrement absorbée par la culture. Une partie percole et se perd en profondeur. L'eau qui rentre dans la constitution de 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.

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 ou pédologiques de la région.

Dans ce chapitre, nous allons analyser tous ces paramètres de la manière la mieux adaptée à la zone d'étude, afin de mieux estimer les besoins nets en eau d'irrigation.

V.2 Estimation de l'évapotranspiration

On désignera donc par évapotranspiration la somme de deux volumes d'eau qui sont :

- Utilisés par les plantes (eau de constitution, eau de végétation). Le phénomène biologique; par lequel les plantes absorbent une quantité d'eau du sol qui est restituée partiellement sous forme de vapeur par la surface des feuilles; s'appelle transpiration.
- Evaporés par la surface du sol, par la transformation de l'état de l'eau en vapeur (phénomène d'évaporation).

L'évapotranspiration est naturellement conditionnée par les phénomènes physiques (soleil, vent,...etc.), et les phénomènes biologiques.

V.2.1 Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

On la définit comme étant la quantité d'eau transpirée par unité de temps par une végétation courte et verdoyante, recouvrant complètement le sol, de hauteur uniforme et qui ne manque jamais d'eau; alors elle correspond à double hypothèse du maintien du taux d'humidité du sol à une valeur très voisine de sa capacité de rétention et d'un développement végétatif optimum.

Donc ETP est l'évaporation maximale, et ne dépend que des conditions météorologiques observées.

Pour cela, il existe plusieurs méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration de référence, les plus utilisées, sont :

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

En ce qui concerne les méthodes empiriques, il existe des formules de calcul dont les principales sont:

- Thornthwaite (1944).
- Blaney – Criddle généralisée (1950).
- Turc (1962).
- Penman- Monteith-FAO (1998).

L'utilisation de ces modèles nécessite la connaissance de certaines données climatiques telles que, les températures maximales et minimales de l'air, les humidités relatives maximale et minimale, la radiation solaire globale et la vitesse du vent.

V.2.1.1 Méthode de Thornthwaite

L'agronome américain G.W. Thornthwaite proposa en 1944 une expression pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle en tenant compte seulement de la température mensuelle. Le développement de cette expression donne la formule suivante :

$$ETP = 16. \left(\frac{10. T}{I} \right)^a . K \quad (V. 1)$$

ETP : L'évapotranspiration potentielle mensuelle (mm).

T : La moyenne interannuelle des températures du mois (°C).

I : L'indice thermique annuel $I = \sum_{m=1}^{12} i(m)$.

i : L'indice thermique mensuel $i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1.514}$.

a : Exposant en fonction de l'indice thermique annuel $a = 0.016. I + 0.5$ (Serra L. 1954).

K : Un coefficient de correction liée à la latitude et du mois considérés (Annexe V.1).

Les résultats de l'application de cette formule sur la plaine de " BIR EDHAB " sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau V.1 : Valeurs de l'ETP estimées par la formule de Thornthwaite.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Total
T(C°)	22,65	16,55	11,85	7,25	6,1	7,5	10,1	14,05	18,3	23,45	26,8	26,25	
i	9,85	6,12	3,69	1,76	1,35	1,85	2,90	4,78	7,13	10,38	12,70	12,31	74,82
a	1.70												
K	1.03	0.97	0.86	0.84	0.87	0.85	1.03	1.1	1.21	1.22	1.24	1.16	
ETP	107,98	59,71	30,03	12,74	9,84	13,65	27,42	51,28	88,33	135,66	172,96	156,21	865,8

V.2.1.2 Méthode de Blaney – Criddle généralisée

C'est une méthode simple, basée sur la température de l'air, Elle ne fait intervenir directement qu'un seul facteur météorologique: la température.

Cette formule ne convient que pour les pays arides et semi-arides. L'évapotranspiration de référence en mm/jour ou période considérée est donnée par :

$$ETP = P \times (0,457 \times T + 8,13) \times K \quad (V.2)$$

ETP : L'évapotranspiration potentielle mensuelle (mm).

T : La moyenne interannuelle des températures du mois (°C).

P: Pourcentage d'éclairement mensuel, fonction de la latitude (**Annexe V.2**).

K : Coefficient en fonction de la culture et de la zone climatique.

Parce qu'il est difficile à calculer l'ETP par cette méthode pour chaque type de culture, Nous calculons la moyenne pondérée de coefficient cultural K.

Dans une zone semi aride, K = 0.75 pour les cultures maraîchères (44% de la superficie de la zone d'étude) et K = 0.85 pour les cultures céréalières et fourragères (56%).

$$K = 0.44 \times 0.75 + 0.56 \times 0.85 = 0.806$$

Les résultats de l'application de cette formule sur la plaine de " BIR EDHAB " sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau V.2 : Valeurs de l'ETP estimées par la méthode de Blaney – Criddle généralisée.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
T(C°)	22,65	16,55	11,85	7,25	6,1	7,5	10,1	14,05	18,3	23,45	26,8	26,25
P	8,36	7,88	6,99	6,89	7,08	6,90	8,35	8,82	9,73	9,74	9,90	9,35

ETP	124,94	124,11	94,99	79,02	77,40	79,86	106,72	128,68	161,09	184,24	202,56	188,99
------------	--------	--------	-------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

V.2.1.3 Méthode de Turc

Suite à ses expériences faites sur des cuves lysimétriques à Versailles, Rothamsted et Groningen, L. Turc a publié une gamme de formules permettant le calcul de l'ETP. En 1962, il ajouta à sa formule de calcul de l'ETR, le bilan radiatif et introduisit l'humidité relative. En gardant la simplicité et la disponibilité des données météorologiques, la formule de Turc s'écrit ainsi :

Si $h_r \geq 50\%$

$$ETP = 0.013 \times j \times (I_g + 50) \frac{T}{T + 15} \quad (V.3)$$

Si $h_r < 50\%$

$$ETP = 0.013 \times j \times (I_g + 50) \times \left(1 + \frac{50 - h_r}{h_r}\right) \times \frac{T}{T + 15} \quad (V.3)$$

ETP : L'évapotranspiration potentielle mensuelle (mm).

T : La moyenne interannuelle des températures du mois (°C).

h_r : L'humidité relative moyenne de l'air sur la période (%).

I_g : La radiation solaire globale ($\text{cal.cm}^{-2}.\text{jour}^{-1}$)

$$I_g = I_{ga} (0.18 + 0.62 h/H)$$

I_{ga} : La radiation maximale théorique tirée des abaques (**Annexe V.3**)

H : La durée astronomique du jour, définie à partir des abaques (**Annexe V.4**).

h : La durée d'insolation effective mesurée par l'héliographe (**Tableau I.8**).

Les résultats de l'application de cette formule sur la plaine de "BIR EDHAB" sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau V.3 : Valeurs de l'ETP estimées par la méthode de Turc.

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout
hr (%)	66	71	76	77	77	75	67	59	60	53	49	54
T(°C)	22,65	16,55	11,85	7,25	6,1	7,5	10,1	14,05	18,3	23,45	26,8	26,25
H (heurs)	372.78	348.90	305.80	299.25	312.13	307.45	371.23	394.10	439.20	440.53	446.75	420.65
h (heurs)	242.40	226.80	175.70	153.20	161.20	180.60	237.60	244.70	275.50	293.20	339.00	296.30
I_{ga}	745.60	591.40	452.30	387.53	428.53	552.85	714.05	855.03	947.23	980.33	957.00	873.58
I_g	434.80	344.80	242.54	192.76	214.35	300.86	411.88	483.06	538.89	580.99	622.49	538.75
ETP	113,75	80,77	50,35	30,85	29,81	45,61	72,48	100,55	126,21	150,08	177,31	146,12

V.2.1.4 Méthode de Penman- Monteith-FAO

En 1948, Penman et Monteith ont combiné le bilan énergétique avec la méthode de transfert de masse et dérivé une équation pour calculer l'évaporation d'une surface libre d'eau à partir des enregistrements climatologiques de l'ensoleillement, la température, l'humidité et la vitesse du vent.

En 1998, la FAO a recommandé l'adoption de la méthode de combinaison de Penman-Monteith comme une évapotranspiration de référence notée (ET_0) et élaboré les procédures de calcul des différents paramètres. En définissant la culture de référence comme étant une culture hypothétique avec une hauteur supposée de 0,12 m ayant une résistance de surface de 70 s m^{-1} et un albédo de 0,23. La formule de Penman- Monteith-FAO, se présentant comme suite :

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (V.4)$$

ET_0 : L'évapotranspiration de référence mensuelle (mm).

T : La moyenne interannuelle des températures du mois ($^{\circ}\text{C}$).

R_n : La radiation nette à la surface des cultures ($\text{MJ m}^{-2} \text{j}^{-1}$).

G : Le flux de chaleur du sol ($\text{MJ m}^{-2} \text{j}^{-1}$)

e_s : La pression saturante de vapeur d'eau (KPa).

e_a : La pression actuelle de vapeur d'eau (KPa).

Δ : La pente de la courbe de la pression de vapeur.

γ : La constante psychométrique ($\text{KPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est réalisé à l'aide de logiciel d'aide au pilotage d'irrigation CROPWAT8, fondé sur la méthode de Penman- Monteith-FAO, Pour l'exploitation du logiciel, nous devons fournir les informations mensuelles de la station météorologique (la température, l'humidité, la vitesse du vent et l'insolation).

Les résultats de l'application de cette formule sur la plaine de " BIR EDHAB "sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau V.4 : Valeurs de l'ETP estimées par la Méthode de Penman- Monteith-FAO.

Mois	Temp.Moy °C	Humidité %	Vent m/s	Insolation heures	Ray MJ/m ² /jour	ETo mm
Janvier	6.10	77	1.71	5.2	9.2	32.15
Février	7.5	75	1.94	6.5	12.6	42.85
Mars	10.10	67	2.05	7.7	16.9	72.11
Avril	14.05	59	1.98	8.2	20.2	91.98
Mai	18.3	60	2.04	8.9	22.8	128.2
Juin	23.45	53	1.93	9.8	24.5	162.05
Juillet	26.80	49	2.21	10.9	25.9	198.1
Août	26.25	54	2.38	9.9	23.1	185
Septembre	22.65	66	1.35	7.8	17.9	115.41
Octobre	16.55	71	1.53	7.6	14.6	82.14
Novembre	11.85	76	1.61	5.7	10.1	45.62
Décembre	7.25	77	1.87	5.1	8.5	31.92
Totale						1187.8

V.2.1.5 Critique et choix

Nous observons des résultats hétérogènes selon les méthodes utilisées (**Figure V.1**). Les deux premières méthodes sont des méthodes d'estimation de l'évapotranspiration (Thornthwaite et Blaney – Criddle) ne font intervenir directement qu'un seul facteur météorologique: la température. Or il est certain que les besoins en eau des cultures peuvent varier fortement pour des régions ayant une température de l'air similaire.

D'une façon générale et quelque soit la zone considérée, les formules qui donnent les meilleurs résultats sont celles qui font intervenir la radiation (Turc, Penman- Monteith-FAO). Ces deux dernières méthodes ont des résultats très proches.

Nous entraînent donc à choisir l'évapotranspiration calculée par la formule de Penman-Monteith-FAO, qui se base sur le bilan énergétique.

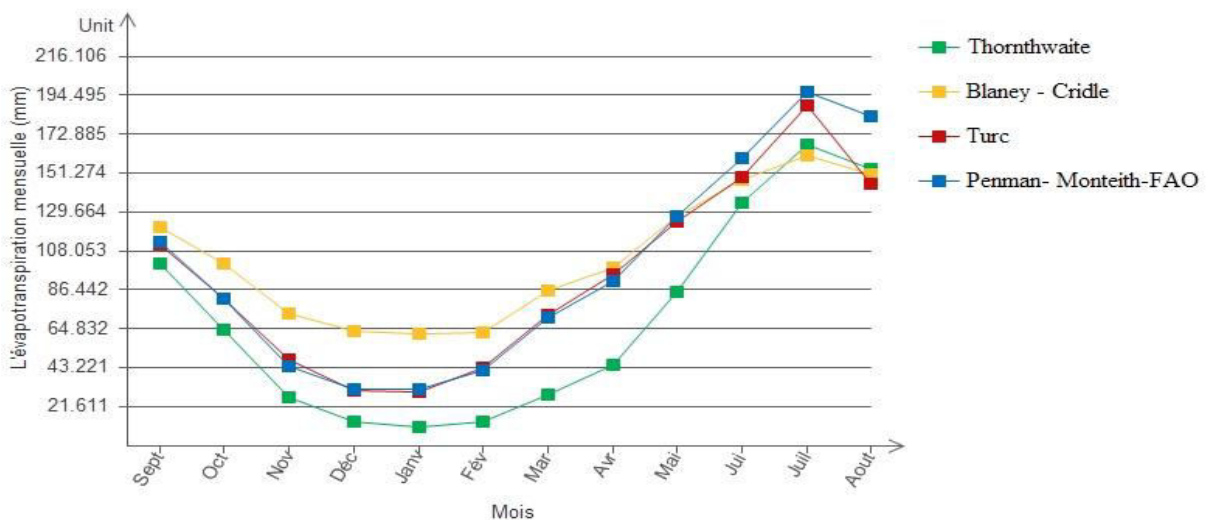


Figure I.1 : L'évapotranspiration mensuelle selon les méthodes utilisées

V.2.2 Estimation de l'évapotranspiration maximale (ETM)

Pendant une période déterminée (jour, mois, cycle végétatif...), chaque parcelle va perdre, par transpiration et évaporation directe, une certaine quantité d'eau appelée évapotranspiration réelle, notée **ETR**. Celle-ci pourra être inférieure ou égale à l'ETP, rarement supérieure, selon la culture en place.

L'évaporation réelle dépend :

- De la culture considérée et de la densité de végétation ;
- Du stade phénologique de cette culture ;
- Du contenu en eau du sol ;
- Des conditions météorologiques observées.

En l'absence de facteurs limitant, quand l'apport d'eau satisfait complètement les besoins de la plante et que le sol est largement pourvu en eau, c'est-à-dire dans les limites proches de la capacité de rétention, la régulation stomatique est minimale et l'évapotranspiration réelle est maximale. On la note **ETM**. Les racines absorbent toute l'eau dont la plante a besoin dans les limites de la réserve facilement utilisable (RFU). C'est dans cette situation d'ETM que la plante produit le maximum de matière sèche donc un rendement maximum.

L'évaporation maximale dépend aussi :

- De la culture considérée ;
- Du stade phénologique de cette culture ;
- Des conditions météorologiques observées.

Les expériences ont montré que pour chaque période végétative il existe une relation entre l'ETM de cette culture et l'ETP du lieu. En effet l'ETP ne dépend que des conditions climatiques alors que l'ETM, pour une culture donnée, dépend essentiellement de l'état de croissance de la culture. Autrement dit, par culture et par stade de croissance, on peut écrire :

$$ETM = K_c \cdot ETP \quad (V.5)$$

K_c représente le coefficient cultural pour une culture, à un stade donné dans le cycle végétatif et pour une formule définie de l'ETP.

Le coefficient K_c est inférieur à l'unité. Mais nous verrons que pour quelques cultures à certains stades K_c est supérieur à 1 c'est-à-dire que $ETM > ETP$. Cela tient au fait que l'indice foliaire est élevé.

Le tableau suivant donne les valeurs de K_c pour les différentes cultures proposées en fonction du stade végétatif de la plante.

Tableau V.5 : Coefficient cultural (Kc) de chaque culture, en fonction du stade végétatif de la plante.

Culture	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Bersim	1,01									0,65	0,95	1,00
Maïs				0,50	1,15	1,15	0,60	0,60				
Avoine	1,10	1,20	1,00						0,60	0,90	1,00	1,10
Blé dur- Orge	1,00	1,05	1,15	1,15	0,20	0,20					0,70	0,85
Sorgho					0,80	1,00	1,15	0,75				
Piment						1,05	1,05	1,35	1,45	1,00	0,85	
Petit pois, sec	1,20	1,20	1,40	1,40	2,15							0,95
Carotte									0,80	1,00	1,10	0,75
Oignon, vert									0,70	1,10	0,90	0,85
Oignon, sec	0,70	0,90	1,00	1,10	0,90	0,85						
Pomme de terre			0,75	1,10	1,20	0,75						
Ail					1,00	1,05	0,90	0,85				
Navet									0,80	1,00	1,10	0,75
Chou									0,75	1,05	1,05	0,90
Melon				0,70	0,75	1,05	0,90					
Laitue								0,80	1,00	0,90		
Haricot, vert				0,75	0,95	0,70						

Source : Bulletin « irrigation et drainage », (Bulletin F.A.O, N° 24).

Il peut donc évaluer les besoins maximums des plantes avec la relation (V.5).

V.3 Estimation de la pluie efficace

La pluie efficace est définie comme étant la fraction des précipitations contribuant effectivement à la satisfaction des besoins nets de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, par percolation en profondeur, etc.

Il est difficile d'évaluer les pluies efficaces sans avoir recours à des mesures effectuées pendant de longues périodes, en différents endroits.

Par conséquent, en l'absence de telles données, nous utiliseront couramment des méthodes expérimentales, dont les principales sont:

- La méthode proposée par la FAO :

$$P_{eff} = \alpha . P \quad (V.6)$$

P_{eff} : La précipitation efficace en (mm/mois) ;

P : La précipitation (mm/mois), On prend la précipitation de probabilité de dépassement 80% ($P_{80\%}$) (cf. Chapitre 03);

α : Coefficient pour les zones aride et semi-aride $0.7 < \alpha < 0.95$.

- La méthode de Tixeront-Berkaloff :

$$P_{eff} = P - \left(\frac{P^3}{3ETP^2} \right) \quad (V.7)$$

ETP : L'évapotranspiration potentielle (ET_0).

- La méthode de Clément et Galand :

$$\text{Si } P < 20 \text{ mm} \quad P_{eff} = P$$

$$\text{Si } P \geq 20 \text{ mm} \quad P_{eff} = P - 0.15(P - 20) \quad (V. 8)$$

- La méthode du département américain de l'agriculture (USDA) :

$$\text{Si } P < 250 \text{ mm} \quad P_{eff} = P \left(1 - \frac{0.2 \times P}{125} \right) \quad (V. 9. a)$$

$$\text{Si } P \geq 250 \text{ mm} \quad P_{eff} = 125 + 0.1 \times P \quad (V. 9. b)$$

Le Tableau V.6 montrer les résultats obtenus par les différentes méthodes.

Tableau V.6 : Les précipitations efficaces par les différentes méthodes dans la zone d'étude

Mois	Jan	Fev	Mar	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
P_{80%}	23.41	18.30	26.60	22.18	30.80	20.48	8.76	24.88	32.94	25.44	28.21	23.22
P_{eff} – FAO	20.60	16.10	23.41	19.52	27.10	18.02	7.71	21.89	28.99	22.39	24.82	20.43
P_{eff} – Tixeront	19,27	17,19	25,39	21,75	30,21	20,37	8,75	24,73	32,05	24,63	24,61	19,12
P_{eff} – Clément	22.90	18.30	25.61	21.85	29.18	20.41	8.76	24.15	31.00	24.62	26.98	22.74
P_{eff} – USDA	22.53	17.76	25.47	21.39	29.28	19.81	8.64	23.89	31.20	24.40	26.94	22.36

Nous choisissons la méthode proposée et recommandée par l'USDA, adaptée pour notre projet.

V.4 Calcul des besoins nets en eau d'irrigation

Lorsqu'on établit les besoins périodiques en eau d'irrigation pour une culture ou un plan de culture donnés, il faut tenir compte de façon préférentielle de trois variables (ETM, P_{eff} et RFU). La relation qui existe entre les besoins nets B_{net} et ces variables peut être exprimée comme suit :

$$B_{net} = ETM - P_{eff} - RFU \quad (V. 10)$$

Toutes les variables sont déjà définies, les valeurs négatives de B_{net} pour une période traduisent des excédents, tandis que des valeurs positives indiquent des déficits.

On suppose que les périodes soient indépendantes, donc l'excès d'eau d'une période n'influe pas sur la prochaine période.

Les résultats de calcul des besoins nets en eau d'irrigation des cultures sont détaillés dans le Tableau (Tableau V.7).

V.5 Calcul des besoins bruts en eau d'irrigation

Les besoins bruts du périmètre sont estimés à partir des besoins nets de chaque culture.

Cette estimation dépend des paramètres suivants :

- L'efficacité du système d'irrigation ;
- La répartition des différentes cultures adaptées ;
- La superficie irriguée.

On calcule les besoins bruts d'après la formule suivante :

$$B_{bru} = \frac{B_{net}}{E_i} \quad (V. 11)$$

B_{bru} : Besoin brut des cultures (mm) ;

B_{net} : Besoin des cultures (mm) ;

E_i : L'efficacité globale du système d'irrigation, on prend $E_i = 0.85$ (cf. Chapitre IV).

Les résultats de calcul des besoins en eau de chaque culture figurent dans un tableau récapitulatif (**Tableau V.8**).

Tableau V.7 : Besoins nets en eau d'irrigation (mm/mois)

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Peff (mm)	22.53	17.76	25.47	21.39	29.28	19.81	8.64	23.89	31.2	24.4	26.94	22.36
ETP (mm)	32,15	42,85	72,11	91,98	128,2	162,05	198,1	185	115,41	82,14	45,62	31,92
Bersim	ETM (mm)	32.47								53,39	43,34	31,92
	RFU (mm)	15.83								3.17	6.33	9.50
	Bnet (mm)	-5.89								25.82	10.07	-0.06
Maïs	ETM (mm)				45,99	147,43	186,36	118,86	111,0			
	RFU (mm)				6.33	12.66	19	25.33	31.66			
	Bnet (mm)				18.27	105.49	147.55	84.39	55.45			
Avoine	ETM (mm)	35,37	51,42	72,11					69,25	73,93	45,62	35,11
	RFU (mm)	3.80	5.07	6.33					1.9	2.53	3.17	3.80
	Bnet (mm)	9.04	28.59	40.31					36.15	47	15.51	8.95
Blé dur- Orge	ETM (mm)	32,15	44,99	82,93	105,78	25,64	32,41				31,93	27,13
	RFU (mm)	25.33	31.66	37.99	37.33	44.33	44.33				19	19
	Bnet (mm)	-15.71	-4.43	19.47	47.06	-47.97	-31.73				-14.01	-14.23
Sorgho	ETM (mm)					102,56	162,05	227,82	138,7			
	RFU (mm)					12.66	25.33	31.66	37.99			
	Bnet (mm)					60.62	116.91	187.52	76.87			
Piment	ETM (mm)						170,15	208,01	249,7	167,34	82,14	38,78
	RFU (mm)						25.33	37.99	44.33	50.66	56.99	63.62
	Bnet (mm)						125.01	161.38	181.5	85.84	0.75	-51.78
Petit pois. sec	ETM (mm)	38,58	51,42	100,95	128,77	275,63						30,32
	RFU (mm)	44,33	50,66	63,32	75,99	75,99						44,33
	Bnet (mm)	-28.25	-17	12.16	31.39	170.36						-36.37
Carotte	ETM (mm)								92,33	82,14	50,18	23,94
	RFU (mm)								6,33	12,66	15,83	19,00
	Bnet (mm)								54.8	45.08	7.41	-17.42

Suite de Tableau V.7

Oignon. vert	ETM (mm)									80,79	90,35	41,06	27,13
	RFU (mm)									19,00	25,33	31,66	37,99
	Bnet (mm)									30.59	40.62	-17.54	-33.22
Oignon. sec	ETM (mm)	22,51	38,57	72,11	101,18	115,3	137,74						
	RFU (mm)	19,00	19,00	25,33	31,66	37,99	37,99						
	Bnet (mm)	-19.02	1.81	21.31	48.13	48.03	79.94						
Pomme de terre	ETM (mm)			54,08	101,18	153,8	121,54						
	RFU (mm)			6,33	15,83	22,16	25,33						
	Bnet (mm)			22.28	63.96	102.4	76.4						
Ail	ETM (mm)					127,6	168,11	176,8	155,55				
	RFU (mm)					6,33	12,66	19,00	22,16				
	Bnet (mm)					91.99	135.87	149.5	109.92				
Navet tardif	ETM (mm)									92,33	82,14	50,18	23,94
	RFU (mm)									6,33	12,66	15,83	19,00
	Bnet (mm)									59.23	57.18	22.10	1.18
Chou	ETM (mm)									86,56	86,25	47,90	28,73
	RFU (mm)									12,66	15,83	19,00	25,33
	Bnet (mm)									41.15	45.73	1.23	-18.96
Melon	ETM (mm)				64,39	96,15	170,15	178,3					
	RFU (mm)				3,17	4,43	6,33	12,66					
	Bnet (mm)				39.46	62.07	142.08	155.7					
Laitue	ETM (mm)								148,00	115,41	73,93		
	RFU (mm)								6,33	12,66	15,83		
	Bnet (mm)								117.78	71.55	33.7		
Haricot. vert	ETM (mm)				68,99	121,7	113,44						
	RFU (mm)				6,33	12,66	19,00						
	Bnet (mm)				41.27	79.76	74.63						

Tableau V.8 : Tableau récapitulatif des besoins nets en eau d'irrigation (mm/mois)

Culture	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total
Bersim	0.00									25.82	10.07	0.00	35.89
Maïs				18.27	105.49	147.55	84.39	55.45					411.15
Avoine	9.04	28.59	40.31						36.15	47	15.51	8.95	446.98
Blé dur- Orge	0.00	0.00	19.47	47.06	0.00	0.00					0.00	0.00	66.53
Sorgho					60.62	116.91	187.52	76.87					441.92
Piment						125.01	161.38	181.5	85.84	0.75	0.00		554.48
Petit pois, sec	0.00	0.00	12.16	31.39	170.36							0.00	213.91
Carotte									54.8	45.08	7.41	0.00	107.29
Oignon, vert									30.59	40.62	0.00	0.00	71.21
Oignon, sec	0.00	1.81	21.31	48.13	48.03	79.94							199.22
Pomme de terre			22.28	63.96	102.4	76.4							265.04
Ail					91.99	135.87	149.5	109.92					445.24
Navet tardif									59.23	57.18	22.1	1.18	139.69
Chou cabus									41,15	45,73	1,23	0.00	88.18
Melon				39.46	62.07	142.08	155.7						208.84
Laitue								117.78	71.55	33.7			223.03
Haricot, vert				41.27	79.76	74.63							195.66
Total	9.04	30.4	115.53	289.54	720.72	898.39	738.49	541.52	379.31	295.88	56.32	10.13	4114.26

Tableau V.9 : Tableau récapitulatif des besoins bruts en eau d'irrigation (mm/mois)

Culture	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total
Bersim										30.38	11.85		422.2
Mais				21.49	124.11	173.59	99.28	65.24					4837.1
Avoine	10.64	33.64	47.42						42.53	55.29	18.25	10.53	2182.9
Blé dur- Orge			22.91	55.36									782.7
Sorgho					71.32	137.54	220.61	90.44					5199.1
Piment						147.07	189.86	213.53	100.99	0.88			6523.3
Petit pois. sec			14.31	36.93	200.42								2516.6
Carotte									64.47	53.04	8.72		1262.2
Oignon. vert									35.99	47.79			837.8
Oignon. sec		2.13	25.07	56.62	56.51	94.05							2343.8
Pomme de terre			26.21	75.25	120.47	89.88							311.8.1
Ail					108.22	159.85	175.88	129.32					5732.7
Navet tardif									69.68	67.27	26.00	1.39	1643.4
Chou cabus									48.41	53.80	1.45		1036.6
Melon				46.42	73.02	167.15	183.18						4697.8
Laitue								138.56	84.18	39.65			2623.9
Haricot. vert				48.55	93.84	87.80							2301.9
Total	10.64	35.76	135.92	340.64	847.91	1056.93	868.81	637.08	446.25	348.09	66.26	11.92	48062.0

V.6 Calcul des besoins en eau de lessivage

On remarque que la salinisation du sol n'est pas très élevée (0.3 à 2.5 mmhos.cm⁻¹), mais en peut avoir une salinisation secondaire induite par l'activité humaine, liée fréquemment à des pratiques agricoles inappropriées.

Pour éliminer les sels accumulés dans le profil racinaire, on doit fournir aux sols un apport d'eau supplémentaire a fin de maintenir une humidité convenable assurant un entraînement des sels au- de là des racines.

Le besoin de lessivage minimum ou la fraction de lessivage nécessaire pour contrôler les sels dans la tolérance de la culture pour un rendement acceptable, sera calculée par l'équation (V.12) (Rhoades 1974).

$$L_r = \frac{EC_W}{5 CE_e - CE_W} \quad (V.12)$$

Où :

L_r : La fraction de lessivage minimum (%) ;

EC_W : Conductivité électrique moyenne de l'eau d'irrigation en mmhos.cm⁻¹, $CE_W = 2.21$ mmhos.cm⁻¹ (cf. Chapitre 03) ;

CE_e : Salinité du sol moyenne tolérée par la culture qui provoque une chute de rendement de 10% (mmhos.cm⁻¹).

Le tableau dans **Annexe V.5** donne les valeurs de CE_e pour différents taux de rendement de chaque culture de l'assolement, on prend la valeur moyenne $CE_e = 3.52$ mmhos.cm⁻¹.

$$L_r = \frac{2.21}{5 \times 3.52 - 1.01} = 0.144$$

La fraction de lessivage minimum est 14% des besoins en eau d'irrigation, pour ne pas sur dimensionner le réseau d'irrigation surtout que les besoins du mois de pointe sont importants, la dose de lessivage sera apportée en dehors des mois de pointe de préférence après une période pluvieuse pour profiter de la saturation complète du sol favorisant par suite la dissolution des sels et leur percolation.

Outre, le lessivage en période de pointe n'est pas efficace étant donné que l'évaporation pendant cette période est très importante et la quantité de l'eau est médiocre.

V.7 Comparaison entre les besoins du périmètre et la capacité de la retenue

La surface totale du périmètre étudié est 131 ha et les exploitations proposées sont des cultures maraichage, céréalières et fourragères. la capacité totale de la retenue est de 0,69 Hm³ et le volume régularisé est de 0.42Hm³

Sur la base de toutes ces données et les besoins totaux des cultures calculées, on a géré l'exploitation agricole du périmètre de telle manière à satisfaire les besoins sans risque de l'abaissement brusque du niveau de la retenue.

Les résultats sont résumés au tableau suivant :

Tableau V.10 : Besoins totaux annuels

Culture	Surface (ha)	Bnet (mm)	Bnet (m ³ /ha)	Bnet (m ³)
Bersim	9	35.9	323,1	3231,00
Maïs	8	411.2	3289,6	32896,00
Avoine	11	185.6	2041,6	20416,00
Blé dur- Orge	30,5	66.5	2028,25	20282,50
Sorgho	5	441.9	2209,5	22095,00
Piment	8,1	554.5	4491,45	44914,50
Petit pois. Sec	3,5	213.9	748,65	7486,50
Carotte	3	107.3	321,9	3219,00
Oignon. Vert	4	71.2	284,8	2848,00
Oignon. Sec	3,5	199.2	697,2	6972,00
Pomme de terre	9	265.0	2385	23850,00
Ail	5	487.3	2436,5	24365,00
Navet	5,5	139.7	768,35	7683,50
Chou	8	88.1	704,8	7048,00
Melon	7	399.3	2795,1	27951,00
Laitue	5	223.0	1115	11150,00
Haricot. Vert	6	195.7	1174,2	11742,00
Besoins nets d'irrigation (m³)				278150,00
Besoins nets de lessivage (m³)				38941,00
Besoins nets totaux (m³)				317091,00
Besoins bruts totaux (m³)				373048,235
Besoins bruts totaux (Hm³)				0.37

V.8 Le mode de distribution d'eau d'irrigation

Il est indispensable d'avoir la maîtrise des débits sur l'ensemble d'un réseau d'irrigation entre la source et les parcelles. Cette maîtrise est acquise grâce à l'action conjointe des dispositifs physiques dont le système est muni et aux interventions du gestionnaire opérationnel, le réseau doit être en mesure de livrer aux parcelles les débits nécessaires pour satisfaire les besoins en eau d'irrigation.

Il existe deux schémas généraux de répartition de l'eau vers les exploitations.

V.8.1 Une distribution au tour d'arrosage

Dans le cas d'une distribution au tour d'arrosage aussi appelée distribution par rotation ou au tour d'eau, le débit nécessaire est délivré successivement aux diverses parcelles (irrigation gravitaire), postes (aspersion) ou lots (irrigation localisée), de sorte à couvrir les besoins à intervalles réguliers. Dans le cas de d'irrigation par aspersion ou en irrigation localisée, le débit délivré par le réseau d'amenée est distribué successivement à des postes ou lots, dont la surface et le nombre dépendent du débit moyen des équipements de distribution et de la surface du périmètre irrigué.

Ce mode de distribution implique le respect d'un calendrier d'arrosage précisément défini, dont l'établissement repose sur le volume, la fréquence et la durée des apports, avec pour inconvénient un certain manque de souplesse, l'arrosage ne peut être programmé librement mais doit être effectué au moment prévu, quels que soient les besoins de la plante et l'humidité du sol.

V.8.1.1 Tour d'arrosage à module fixe

Dans le tour d'arrosage à module fixe, chaque irrigant disposera du module (débit) fixé à l'avance pendant une certaine durée et selon une périodicité déterminée.

Le tour d'arrosage à module fixe est d'un principe extrêmement simple, mais présente deux inconvénients :

- nécessité d'un réglage des débits dérivés par chaque tertiaire au cours du tour d'arrosage, d'où un travail important pour les aigadiers chargés de la conduite et du contrôle de la distribution de l'eau d'irrigation ;
- rigidité des conditions de l'arrosage, mal adaptée à la diversité des besoins d'une polyculture comportant des plantes à profondeurs d'enracinement très variables.

V.8.1.2 Tour d'arrosage à module variable

Ce mode de répartition de l'eau est utilisé lorsque le périmètre à irriguer est divisé en quartiers, un bit fixe ou module étant assigné chaque quartier en fonction du débit spécifique et de la superficie du quartier. L'écoulement vers chaque quartier est continu et constant, les exploitations individuelles reçoivent la totalité du débit par rotation à heure fixe et pendant un intervalle de temps prédéfinie. L'horaire et la quantité d'eau dépendent de la superficie de l'exploitation et de l'assolement.

La gestion d'un tel système requiert une programmation stricte mais elle est grandement facilitée dès lors que la rotation est effectuée au niveau des tertiaires. Dans ce cas, l'écoulement dans la branche principale et dans les secondaires et tertiaires est continu mais l'eau est livrée aux exploitants par rotation dans les tertiaires.

Ce mode d'opération est très souple et ne fait appel qu'à un minimum de programmation de la part des exploitants. Pour ce que ce système puisse fonctionner, il est indispensable que le réseau soit conçu de manière à ce que les quartiers soient indépendants les uns des autres. D'autre part, la capacité des tertiaires est toujours supérieure à ce qu'elle serait dans le cas d'une rotation classique.

V.8.2 Une distribution à la demande

Cette méthode de distribution permet à l'irrigant d'arroser au moment où il le juge opportun. Le réseau devrait donc en principe permettre d'arroser simultanément l'ensemble du périmètre. Toutefois, si le nombre de prises N du réseau est suffisamment élevé, la probabilité de les voir toutes fonctionner en même temps est extrêmement faible, si bien que le dimensionnement peut se baser sur un débit inférieur au débit maximal théoriquement nécessaire.

Ce système est bien adapté aux périmètres constitués de petites exploitations avec des spéculations et des sols fortement hétérogènes où l'irrigation par rotation serait impraticable.

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

V.9 Calcul de débits

V.9.1 Débit fictif continue (Q_f)

Le débit fictif continu représente le débit qui fourni d'une façon ininterrompu 24 heures sur 24, permettrait satisfaire les besoins en eau des cultures durant une période donnée pour la surface unitaire. Il est exprimé en l/s/ha.

Le débit fictif continu mensuel (périodique) est donné par la relation suivante :

$$Q_{f,i} = \frac{1000 \cdot B_{Brute}}{3600 \cdot n_j \cdot n_h} \quad (V. 13)$$

Où

$Q_{f,i}$: Débit fictif pour le mois i en (l/s/ha) ;

B_{net} : Besoin net au mois i en (m³/ha) ;

n_j : Nombre de jours du mois i ;

n_h : Temps d'irrigation par jour (24 heures) ;

E_i : L'efficience globale du système d'irrigation, on prend $E_i = 0.85$ (cf. Chapitre IV).

Le tableau suivant donne les valeurs de $Q_{f,i}$ pour l'assolement proposé.

Tableau V.11 : Débit fictif continue pour chaque mois.

Mois	B_{brute} (mm/ha)	B_{brute} (m3/ha)	n_j	$Q_{f,i}$ (l/s/ha)
Janvier	10.64	106,4	31	0,040
Février	35.76	357,6	28	0,148
Mars	135.92	1359,2	31	0,507
Avril	340.64	3406,4	30	1,314
Mai	347.91	3479,1	31	1,299
Juin	1056.93	10569,3	30	4,078
Juillet	858.81	8588,1	31	3,206
Août	637.08	6370,8	31	2,379
Septembre	446.25	4462,5	30	1,722
Octobre	348.09	3480,9	31	1,300
Novembre	66.26	662,6	30	0,256
Décembre	11.92	119,2	31	0,045

V.9.2 Débit spécifique (q_s)

Le débit spécifique ou débit fictif continu maximal représente le débit qui devra être véhiculé par le système d'irrigation pour satisfaire les besoins en eau des cultures durant le mois de pointe

$$q_s = \max(Q_{f,i}) \quad (V. 14)$$

Si $q < 1,5$ l/s/ha la valeur de débit spécifique est acceptable si non on prend la valeur de débit spécifique de la culture la plus exigeante du modèle du mois de pointe.

D'après le tableau $q_s = 4.078$ l/s/ha donc on prend la valeur de débit spécifique de la culture la plus exigeante du modèle du mois de pointe (Juin).

Tableau V.12 : Débit fictif continu pour chaque culture durant le mois de pointe (Juin).

Culture	B_{net} (mm/ha)	B_{net} (m3/ha)	Q_f (l/s/ha)
Bersim	0.00	0.00	0.00
Maïs	147.55	1475,5	0,67
Avoine	0.00	0.00	0.00
Blé dur- Orge	0.00	0.00	0.00
Sorgho	116.91	1169,1	0,53
Piment	125.01	1250,1	0,57
Petit pois, sec	0.00	0.00	0.00
Carotte	0.00	0.00	0.00
Oignon, vert	0.00	0.00	0.00
Oignon, sec	79.94	799,4	0,36
Pomme de terre	76.4	764	0,35
Ail	135.87	1358,7	0,62
Navet tardif	0.00	0.00	0.00
Chou cabus	0.00	0.00	0.00
Melon	142.08	1420,8	0,64
Laitue	0.00	0.00	0.00
Haricot, vert	74.63	746,3	0,34

Donc le débit spécifique pris en considération pour notre périmètre est $q_s = 0.67$ l/s/ha.

V.9.3 Débit caractéristique

Le calcul des débits caractéristiques permet de définir le débit maximum ou débit d'équipement que le système de dessert aura à fournir pour l'irrigation de chaque parcelle, déterminé en multipliant le débit spécifique de pointe par la surface agricole utile.

$$q_c = S_i \cdot q_s \quad (V. 15)$$

Avec :

q_c : Débit caractéristique (l/s) ;

q_s : Débit effectif (l/s/ha) ;

S_i : Surface de la parcelle i (ha).

Les résultats du calcul du débit de chaque parcelle d'irrigation sont présentés dans le tableau V.13.

Tableau V.13 : Débit caractéristique de chaque parcelle d'irrigation.

N° de la parcelle	S_i (ha)	q_c (l/s)
1	5	3,35
2A	8	5,36
2B	3,5	2,345
3	3,5	2,345
4	6	4,02
5	5,5	3,685
6A	9	6,03
6B	3	2,01
6C	4	2,68
7A	5	3,35
7B	14	9,38
8	7	4,69
9	8,1	5,427
10	5	3,35
11A	16,5	11,055
11B	11	7,37
11C	8	5,36
12	9	6,03
Totale	131.1	87,837

V.10 Calcul des doses de l'arrosage

V.10.1 Détermination de la dose l'arrosage pratique (D_p)

La dose l'arrosage pratique représente la quantité d'eau qu'il faut apporter à chaque irrigation pour remplir le réservoir sol jusqu'au sa capacité au champ .Elle représente la réserve facilement utilisable par la plante (RFU), (cf. Chapitre 02).

V.10.2 Fréquence d'arrosage (N)

Le besoin mensuel B_{brut} étant connu pour chaque type de culture, le nombre de fois qu'il faut apporter la dose d'arrosage pour satisfaire ce besoin mensuel est appelé fréquence d'arrosage.

$$N = \frac{B_{brut}}{D_p} \quad (V.16)$$

Où

N : La fréquence d'arrosage ;

B_{brut} : Le besoin brut d'irrigation (mm) ;

D_p : La dose l'arrosage pratique (mm).

Si N n'est pas un entier naturel, il sera arrondi au nombre entier immédiatement supérieur à N

V.10.3 Dose réelle (D_r)

C'est la dose qu'il faut réellement apporter et celle-ci est toujours inférieure ou égale à la dose pratique.

$$D_r = \frac{B_{brut}}{N} \quad (V. 17)$$

Où

D_r : La dose d'arrosage réelle (mm) ;

B_{brut} : Le besoin brut d'irrigation (mm) ;

N : La fréquence d'arrosage (On retiendra la partie entière de N).

Les paramètres de l'irrigation pour chaque culture proposée sont calculés suivant les formules dans le tableau suivant.

Tableau V.14 : Doses et fréquences d'arrosage.

Culture	Mois	B_{brut} (mm)	D_p (mm)	N	N (entier)	D_r (mm)	$D_r(m^3/h)$
Bersim	Octobre	30.38	3.17	9,58	10,00	3,0	30,38
	Novembre	11.85	6.33	1,87	2,00	5,9	59,25
Maïs	Avril	21.49	6.33	3,39	4,00	5,4	53,73
	Mai	124.11	12.66	9,80	10,00	12,4	124,11
	Juin	173.59	19	9,14	10,00	17,4	173,59
	Juillet	99.28	25.33	3,92	4,00	24,8	248,20
	Août	65.24	31.66	2,06	3,00	21,7	217,47
Avoine	Janvier	10.64	3.80	2,80	3,00	3,5	35,47
	Février	33.64	5.07	6,64	7,00	4,8	48,06
	Mars	47.42	6.33	7,49	8,00	5,93	59,28
	Septembre	42.53	1.9	22,38	23,00	1,85	18,49
	Octobre	55.29	2.53	21,85	22,00	2,51	25,13
	Novembre	18.25	3.17	5,76	6,00	3,04	30,42
	Décembre	10.53	3.80	2,77	3,00	3,51	35,10
Blé dur- Orge	Mars	22.91	37.99	0,60	1,00	22,91	229,10
	Avril	55.36	37.33	1,48	2,00	27,68	276,80
Sorgho	Mai	71.32	12.66	5,63	6,00	11,89	118,87
	Juin	137.54	25.33	5,43	6,00	22,92	229,23
	Juillet	220.61	31.66	6,97	7,00	31,52	315,16
	Août	90.44	37.99	2,38	3,00	30,15	301,47

Suite de tableau V.14

Piment	Juin	147.07	25.33	5,81	6,00	24,51	245,12
	Juillet	189.86	37.99	5,00	5,00	37,97	379,72
	Août	213.53	44.33	4,82	5,00	42,71	427,06
	Septembre	100.99	50.66	1,99	2,00	50,50	504,95
	Octobre	0.88	56.99	0,02	1,00	0,88	8,80
Petit pois, sec	Mars	14.31	63.32	0,23	1,00	14,31	143,10
	Avril	36.93	75.99	0,49	1,00	36,93	369,30
	Mai	200.42	75.99	2,64	3,00	66,81	668,07
Carotte	Septembre	64.47	6.33	10,18	11,00	5,86	58,61
	Octobre	53.04	12.66	4,19	5,00	10,61	106,08
	Novembre	8.72	15.83	0,55	1,00	8,72	87,20
Oignon, vert	Septembre	35.99	19	1,89	2,00	18,00	179,95
	Octobre	47.79	25.33	1,89	2,00	23,90	238,95
Oignon, sec	Février	2.13	19	0,11	1,00	2,13	21,30
	Mars	25.07	25.33	0,99	1,00	25,07	250,70
	Avril	56.62	31.66	1,79	2,00	28,31	283,10
	Mai	56.51	37.99	1,49	2,00	28,26	282,55
	Juin	94.05	37.99	2,48	3,00	31,35	313,50
Pomme de terre	Mars	26.21	6.33	4,14	5,00	5,24	52,42
	Avril	75.25	15.83	4,75	5,00	15,05	150,50
	Mai	120.47	22.16	5,44	6,00	20,08	200,78
	Juin	89.88	25.33	3,55	4,00	22,47	224,70
Ail	Mai	108.22	6.33	17,10	18,00	6,01	60,12
	Juin	159.85	12.66	12,63	13,00	12,30	122,96
	Juillet	175.88	19	9,26	10,00	17,59	175,88
	Août	129.32	22.16	5,84	6,00	21,55	215,53
Navet tardif	Septembre	69.68	6.33	11,01	12,00	5,81	58,07
	Octobre	67.27	12.66	5,31	6,00	11,21	112,12
	Novembre	26.00	15.83	1,64	2,00	13,00	130,00
	Décembre	1.39	19	0,07	1,00	1,39	13,90
Chou cabus	Septembre	48.41	12.66	3,82	4,00	12,10	121,03
	Octobre	53.80	15.83	3,40	4,00	13,45	134,50
	Novembre	1.45	19	0,08	1,00	1,45	14,50
Melon	Avril	46.42	3.17	14,64	15,00	3,09	30,95
	Mai	73.02	4.43	16,48	17,00	4,30	42,95
	Juin	167.15	6.33	26,41	27,00	6,19	61,91
	Juillet	183.18	12.66	14,47	15,00	12,21	122,12
Laitue	Août	138.56	6.33	21,89	22,00	6,30	62,98
	Septembre	84.18	12.66	6,65	7,00	12,03	120,26
	Octobre	39.65	15.83	2,50	3,00	13,22	132,17
Haricot, vert	Avril	48.55	6.33	7,67	8,00	6,07	60,69
	Mai	93.84	12.83	7,31	8,00	11,73	117,30
	Juin	87.80	19	4,62	5,00	17,56	175,60

Conclusion:

Au cours de ce chapitre, et en basant sur la méthode de Penman- Monteith-FAO pour estimer l'évaporation potentielle (ETP) et la méthode du département américain de l'agriculture (USDA) pour le calcul de la pluie efficace, nous avons pu estimer les besoins nets en eau d'irrigation pour les cultures de notre périmètre.

On remarque que le mois de pointe est le mois de juin, les besoins nets totaux annuel sont de $373048,23\text{m}^3$.

Donc à partir de ces résultats nous pouvons conclure que la capacité de production de la retenue suffit à l'alimentation de notre périmètre.

L'étude faite au niveau de ce chapitre nous a permis de calculer débit spécifique ($q_s = 0.67 \text{ l/s/ha}$), Ce débit permet de déterminer les débits à la parcelle et à l'entête de l'entité d'étude. Que nous les utilisons pour le dimensionnement de réseau d'adduction et de distribution.

Ainsi, dans le cadre de cette étude, on adopte une distribution d'eau d'irrigation à la demande

CHAPITRE VI :

Étude de réseau d'adduction et de distribution

CHAPITRE VI : Étude de réseau d'adduction et de distribution

VI.1 Introduction

Le système d'aménagement retenu dans ce projet résulte de la comparaison technico-économique effectuée entre les variantes d'aménagements analysées et développées. Le système d'adduction arrêté pour la desserte des entités d'études de la plaine d'EL Agba a été dicté par la situation de la ressource en eau par rapport aux entités à irriguer (parcelles). Le découpage du périmètre en parcelles et îlots d'irrigation est en étroite relation avec le volume en eau d'irrigation disponible au niveau des points de livraisons arrêtés.

C'est dans ce contexte, que notre attention dans ce chapitre s'est accentuée à la mise au point de la méthodologie d'optimisation du réseau de distribution d'irrigation, présentée ci-après. L'objet du présent chapitre est la détermination des caractéristiques techniques et du gabarit des différents éléments dont l'ensemble constitue le réseau de distribution de l'eau depuis le lieu de prélèvement jusqu'aux lieux d'utilisation à des fins agricoles.

VI.2 Le réseau d'irrigation

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

- le réseau d'adduction
- le réseau de distribution

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

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

Avant de procéder aux calculs hydrauliques, il faudrait connaître :

Les conditions hydrauliques de la desserte caractérisée par le débit délivré à chaque prise d'irrigation et la pression minimale garantie.

Les conditions d'accès à la prise d'irrigation, spécifiant l'implantation des différentes prises d'irrigation et leur regroupement sur les bornes du réseau.

VI.2.1 Types et variantes d'adduction :

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

- **Adduction gravitaire (N1):**

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

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

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

- **Adduction mixte (N3) :**

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

VI.2.2 Choix de la variante:

Après l'analyse des différentes variantes proposées, nous constatons que la variante N°02 (adduction par refoulement) est adaptable et assure une bonne pression. Elle diminue le nombre de distributeurs portés par la rampe, donc elle réduit le coût d'installation mais elle demeure couteuse du point de vu fonctionnement surtout pour une distribution à la demande.

La variante N° 01 permet l'irrigation des terres à l'aval immédiat de la retenue par des raccordements directs sur la conduite principale et c'est la moins couteuse. et assure aussi une pression acceptable. Donc on choisit la variante N° 01

VII.2.3 Choix du tracé d'adduction :

Pour le choix du tracé de la conduite d'adduction. On doit tenir compte de certains impératif que l'on s'efforcera dans la mesure du possible de respecter :

- Il est important de chercher un profil en long aussi régulier que possible pour éliminer les contres pentes ;
- Dans le but d'économie du projet, le tracé doit être le plus court possible ;
- Éviter le phénomène de cavitation qui peut engendrer les éclatements et vibration de la canalisation au cours de la phase de surpression ;
- Éviter les forets, bois et zones marécageuses ;
- Éviter autant que possible la traversée des obstacles (routes, voies ferrées, canaux, oueds,...)

VI.3 Réseau de distribution :

Le réseau collectif de distribution d'eau est essentiellement constitué par des canalisations enterrées, livrant l'eau sous pression aux différents exploitants, par l'intermédiaire des bornes (prises) d'arrosages. Le développement de ces réseaux de dessert, par les conduites sous pression, est lié principalement, à la rationalisation de la ressource en eau et particulièrement la généralisation des méthodes d'irrigation modernes à la demande. Le réseau de distribution du périmètre est dicté par la conduite d'adduction et par l'implantation des bornes d'irrigation selon un plan bien défini.

VI.3.1 Le plan de bornage

Le plan de bornage est le résultat d'un compromis entre l'intérêt des utilisateurs (qui souhaiteraient disposer d'une borne chacun, idéalement située par rapport à son champ) et celui de l'organisme d'aménagement qui cherche à en limiter le nombre (de manière à diminuer le coût du réseau collectif).

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.

La base du regroupement des parcelles sur une même borne est le découpage des propriétés. Dans le cas de petites propriétés morcelées :

- une prise par îlot d'exploitations ;
- quatre (04) prises maximum sur une même borne ;
- bornes implantées en limites d'îlots ;
- dénivelée maximum de 5 m entre les points les plus hauts et les plus bas du bloc d'îlots.

Pour les grandes propriétés :

- La borne se situe au centre de la parcelle ;
- 4 prises sur la même borne.

VI.3.2 Choix du tracé des bornes

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

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

VI.3.3 Débits aux bornes

Le but est de définir les débits nécessaires que le système d'irrigation doit véhiculer pour répondre à la demande en eau des cultures. Le débit spécifique a été évalué précédemment (chapitre 6):

$$q_s = 0.67 \text{ (l. s}^{-1}\text{. ha}^{-1}\text{)}$$

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

$$Q_b = q_s \cdot S \quad (\text{VI. 1})$$

Avec :

Q_b : Débit caractéristique de chaque borne (l/s) ;

q_s : Débit spécifique (l/s/ha) ;

S : Superficie de l'îlot (ha).

Les résultats du calcul du débit de chaque îlot (bornes) d'irrigation sont présentés dans le tableau VI.2

Tableau VI.1 : Débit caractéristique de chaque îlot (bornes) d'irrigation.

N° de l'îlot (bornes) d'irrigation	N° de la parcelle	la superficie de la parcelle	débit de la prise l/s	débit brut de la borne (l/s)
1	1	5	3.35	3.35
2	2A	8	5.36	7.71
	2B	3,5	2.35	
3	3	3,5	2.35	2.35
4	4	6	4.02	4.02
5	5	5,5	3.69	3.69
6	6A	9	6.03	10.72
	6B	3	2.01	
	6C	4	2.68	
7	7A	5	3.35	12.73
	7B	14	9.38	
8	8	7	4.49	4.49
9	9	8,1	9.70	9.70
10	10	5	5.43	5.43
11	11A	16,5	11.1	23.83
	11B	11	7.37	
	11C	8	5.36	
12	12	9	6.03	6.03
Total		131.1	94.05	94.05

VI.3.4 Choix du type et de diamètre de la borne

Le choix du type de la borne dépend de la surface à desservir par la borne :

Pour les surfaces $S \leq 10ha$ on prend la Borne à deux prises ;

Pour les surfaces $S \geq 15ha$ on prend la Borne à quatre prises.

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

Tableau VI.2 : Choix du diamètre de la borne.

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

Les diamètres des bornes et des prises sont présentés dans le tableau VI.2

Tableau VI.3 : Les diamètres des bornes et des prises.

N° de l'ilot d'irrigation	débit de la prise l/s	débit brut de la borne (l/s)	Diamètre des prises (mm)	Diamètre de la borne (mm)
1	3.35	3.35	65	65
2	5.36	7.71	65	65
	2.35		65	
3	2.35	2.35	65	65
4	4.02	4.02	65	65
5	3.69	3.69	65	65
6	6.03	10.72	65	100
	2.01		65	
	2.68		65	
7	3.35	12.73	65	100
	9.38		100	
8	4.49	4.49	65	65
9	9.70	9.70	100	100
10	5.43	5.43	65	65
11	11.1	23.83	100	150
	7.37		65	
	5.36		65	
12	6.03	6.03	65	65
Total	94.05	94.05		

VI.4 Choix du type de tuyaux :

Le choix est établi sur des critères d'ordre technique à savoir le diamètre, la pression de service, condition de pose et sur des critères d'ordre économique qui englobent le prix de la fourniture et le transport.

Dans notre étude nous avons choisi des conduites en acier, qui sont plus économique que celle en fonte, vu les avantages qu'elles présentent :

- Ils sont disponibles sur le marché.
- Peuvent supporter des pressions importantes (3 à 20 bars).
- Économique sur le transport.
- Leur continuité et leur souplesse permettent d'opérer la mise en force de fouille de tronçon de grande longueur préalablement assemblée au dessous du sol dans les meilleures conditions d'exécution et de contrôle.
- Par leur élasticité s'adoptent aux reliefs plus au moins accidentés.

Dans notre étude, nous utiliserons les conduites en **PEHD**, et la **fonte** pour au niveau des traversées d'Oued.

Tableau VI.4 : Les caractéristiques de la gamme de produits des tubes en PEHD

Diamètres (DN) (mm)	63- 75- 90-110-125-160-200-250-315-400-500-630
Longueur (m)	Couronne de 100 m pour DN 20 à 63 mm. Couronne de 50 pour DN 75- 90- 110mm. Barre droite de 12 m à partir du DN 125 mm
PN (bars)	PN 10 et PN 16
Branchements	Soudure a basse température ou raccords
durée de vie estimée (ans)	50

Source : GROUPE CHIALI

VI.5 Calcul des diamètres des canalisations

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

$$D_{cal} = \sqrt{\frac{4Q_{dim}}{\pi \cdot V_{ideal}}} \quad (VI. 2)$$

Où :

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

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

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

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

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

Tableau VI.5 : Seuil des vitesses admissibles en fonction des diamètres

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

Nous choisissons une vitesse moyenne de 1.4 m/s, admissible pour tous les diamètres.

Après avoir déterminé le diamètre calculé on choisit un diamètre normalisé ou commercialisé (qui diffère généralement de celui calculé) : $D_{nor} \geq D_{cal}$

On calcul les vitesses obtenus par la normalisation des diamètres. Les résultats du calcul des diamètres de chaque tronçon sont présentés dans le tableau VII.9.

Tableau VI.6 : Diamètres des canalisations et vitesses d'écoulement.

départ	fin	Long m	débit l/s	débit m3/s	D (m)	D (mm)	D nor (mm)	Vcal (m/s)
N1	N2	80,00	94,05	0,09405	0,30	303,50	315	1,207
N2	B1	31,00	3,35	0,00335	0,06	57,28	63	1,075
N2	B3	170,00	2,35	0,00235	0,05	47,98	63	0,754
N2	N3	135,00	88,35	0,08835	0,29	294,16	315	1,134
N3	B2	50,00	7,71	0,00771	0,09	86,90	90	1,212
N3	N4	265,00	80,64	0,08064	0,28	281,03	315	1,035
N4	B8	30,00	4,49	0,00449	0,07	66,31	75	1,016
N4	N5	90,00	76,15	0,07615	0,27	273,10	315	0,977
N5	N6	206,00	61,41	0,06141	0,25	245,25	250	1,251
N6	B4	80,00	4,02	0,00402	0,06	62,75	63	1,290
N6	B6	80,00	10,72	0,01072	0,10	102,47	110	1,128
N5	B5	55,00	3,69	0,00369	0,06	60,12	63	1,128
N5	N7	215,00	57,72	0,05772	0,24	237,76	250	1,176
N7	B7	50,00	12,73	0,01273	0,11	111,66	125	1,037
N7	B10	42,00	5,43	0,00543	0,07	72,93	75	1,229
N7	N8	111,00	39,56	0,03956	0,20	196,84	200	1,259
N8	B11	80,00	23,83	0,02383	0,15	152,77	160	1,185
N8	N9	320,00	15,73	0,01573	0,12	124,12	125	1,282
N9	B9	115,00	9,7	0,00970	0,10	97,47	110	1,021
N9	B12	110,00	6,03	0,00603	0,08	76,85	90	0,948

VI.6 Calcul de perte de charge dans les conduites

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

$$j = \frac{Q^M}{D^N} L \quad (\text{VI.3})$$

Avec :

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

Q : Débit de la conduite en (m³/s) ;

D : Diamètre de la conduite en (m) ;

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

Pour le PEHD $L = 0.916$; $M = 1,78$ et $N = 4.78$.

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

$$j = 1.0076 \frac{Q^{1.78}}{D^{4.78}} \quad (\text{VI.4})$$

$$\Delta H = j \times L \quad (\text{VI.5})$$

Où :

ΔH : Perte de charge totale en m ;

j : Perte de charge unitaire en m/m ;

L : Longueur de la conduite.

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

Tableau VI.7 : Pertes de charge dans les canalisations.

Départ-Fin	Long m	débit m ³ /s	D nor (mm)	Vcal (m/s)	PDC m/km	PDC total m
N1-N2	80,00	0,09405	315	1,207	3,7492	0,300
N2-B1	31,00	0,00335	63	1,075	21,7280	0,674
N2-B3	170,00	0,00235	63	0,754	11,5596	1,965
N2-N3	135,00	0,08835	315	1,134	3,3544	0,453
N3-B2	50,00	0,00771	90	1,212	17,4167	0,871
N3-N4	265,00	0,08064	315	1,035	2,8512	0,756
N4-B8	30,00	0,00449	75	1,016	15,9035	0,477
N4-N5	90,00	0,07615	315	0,977	2,5748	0,232
N5-N6	206,00	0,06141	250	1,251	5,2991	1,092
N6-B4	80,00	0,00402	63	1,290	30,0582	2,405
N6-B6	80,00	0,01072	110	1,128	11,9999	0,960
N5-B5	55,00	0,00369	63	1,128	25,8076	1,419
N5-N7	215,00	0,05772	250	1,176	4,7457	1,020
N7-B7	50,00	0,01273	125	1,037	8,8441	0,442
N7-B10	42,00	0,00543	75	1,229	22,3069	0,937
N7-B8	111,00	0,03956	200	1,259	7,0385	0,781
N8-B11	80,00	0,02383	160	1,185	8,2961	0,664
N8-B9	320,00	0,01573	125	1,282	12,8895	4,125
N9-B9	115,00	0,00970	110	1,021	10,0435	1,155
N9-B12	110,00	0,00603	90	0,948	11,2454	1,237

VI.7 Calcul de pression aux bornes et nœuds

La pression au point X est donnée par la relation (VII. 6) :

$$P = H - \Delta H - Z \quad (\text{VI. 6})$$

H : La charge totale ;

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

Z : L'altitude de point X.

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

Tableau VI.8 : La pression aux bornes et nœuds en (m.c.e).

Borne ou nœud	Altitude (m)	Charge (m)	Pression (m.c.e)
N1	799,5	811	11,5
N2	792,2	810,7	18,5
N3	800,3	810,247	9,947
N4	790,2	809,491	19,291
N5	790,7	809,259	18,559
N6	771,1	808,167	37,067
N7	779,3	807,147	27,847
N8	780,3	806,366	26,066
N9	759,6	802,241	42,641
B1	787,8	810,026	22,226
B2	795,1	809,376	14,276
B3	781,2	808,735	27,535
B4	776,1	805,762	29,662
B5	786,3	807,84	21,54
B6	776,02	807,207	31,187
B7	772,9	806,705	33,805
B8	786,6	809,376	22,776
B9	759,7	801,086	41,386
B10	780,4	806,21	25,81
B11	779,05	805,702	26,652
B12	751	801,04	50,04
N1	799,5	811	11,5

Pour les parcelles 1 et 2, et 3 l'irrigation par aspersion est déconseillée à cause de basses pressions, une irrigation localisée (micro-asperseurs) est recommandée dans ce cas. et pour le reste on peut utiliser l'irrigation par goutte à goutte cette dernière n'exige pas des pressions de services élevées

Conclusion

A partir de ce chapitre on a proposé une variante plus classique pour projeter notre réseau d'adduction et de distribution. Cette variante consiste en la projection d'une conduite maîtresse enterrée, de différents diamètres (315 à 63 mm) avec un débit maximal estimé à 94.05 l/s d'une longueur totale de 2315 m, le matériau proposé est le PEHD à 10 bars.

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

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

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

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

CHAPITRE VII :

Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte

CHAPITRE VII : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte

VII.1 Introduction

L'irrigation "goutte à goutte" est principalement une technique, au moyen de la quelle l'eau et les fertilisants peuvent être mise directement à la disposition de la zone de répartition maximale du système racinaire de la culture agricole, grâce à des arroseurs conçus pour distribuer les faibles débits appropriés. Ces arroseurs appelés "tricklers ou goutteurs", réalisent une infiltration différentielle de l'eau suivant les trois dimensions en maintenant la tension eau-sol à une faible valeur. Ce qui engendre une économie parfaite de l'eau.

Le présent chapitre concerne le dimensionnement du réseau d'irrigation par aspersion, dont les principales caractéristiques ont été définies précédemment. Pour ce projet, nous avons choisi d'étudier la parcelle n°6A cultivé en pomme de terre. Les mêmes procédures ont été appliqué pour le dimensionnement d'autre parcelle en changeant ce qui doit être changé

VII.2 Données générales

Le système le plus largement utilisé et le moins couteux pour irriguer les parcelles de petites et moyennes dimensions est le système goutte à goutte à rampes mobiles avec une pression de fonctionnement basse à moyenne (0.8 à 1.2 bar).

Le réseau d'irrigation sera installé sur l'ilot N°6A alimentée par la borne N°6 et dont la pressions calculée est de l'ordre de 2.43 bar, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est de 09 hectares.

Les paramètres de calcule utilisés dans ce chapitre sont des résultats des calculs à travers les chapitres précédents. En ce qui concerne notre cas (parcelle N°6), les paramètres de calcule utilisés sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau VII.1 : Caractéristiques de la parcelle à irriguer.

Paramètres de sol et de terrain	
Superficie	9.00 ha
Longueur équivalent	375 m
Largeur	240 m
Perméabilité du sol (vitesse d'infiltration)	6.43 mm/h
RFU	6.33 mm
Paramètres de système	
Débit caractéristique	6.03 l/s
Pression de service min	0.8 bar
Temps de travail	20 heures/jours -25j/mois

Suite tableau VII.1 :

Paramètres de la culture (pomme de terre)	
Besoins bruts	311.81 mm/ha
La fréquence d'arrosage	6
La dose d'arrosage	200.08 m ³ /h

VII.3 Composition d'une installation d'irrigation localisée :

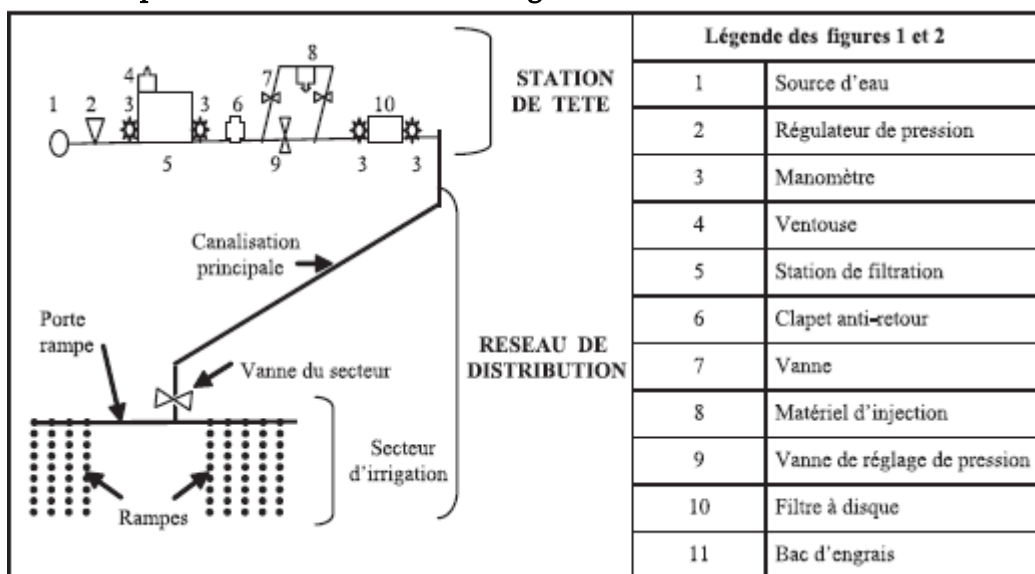


Figure VII.1 schéma explicatif d'une installation d'irrigation localisée

VII.2.1 point de fourniture d'eau :

Une crépine filtrante peut être nécessaire si la ressource en eau, constituée par un petit barrage (lac collinaire) ou un cours d'eau, contient de la matière organique ou des particules en suspension, mais non si elle est relativement propre.

VII.2.2 L'unité de tête :

Reliée au point de fourniture d'eau elle permet de réguler la pression et le débit, de filtrer l'eau et d'y introduire des éléments fertilisants. Parfois, des régulateurs de pression et des filtres secondaires sont placés en tête des portes rampes ou même des rampes.

Pour introduire des éléments fertilisants, on utilise le plus souvent un réservoir que l'on remplit d'engrais soluble, azote en particulier : c'est un petit récipient sous pression avec une entrée et une sortie. Une fraction du débit est dérivée de la conduite principale, envoyée dans le réservoir, enrichie en engrais puis réinjectée dans la conduite principale. Avoir un bon filtre principal est une chose primordiale dans toutes les unités de tête. Le filtre à sable (ou à gravier), avec vannes permettant un nettoyage par contre courant, est le meilleur, mais, avec de l'eau claire, un simple filtre à tamis peut suffire. Quant l'eau contient beaucoup de sable, on doit installer des filtres spéciaux, appelés dessableurs, qui fonctionnent suivant le principe au vortex.

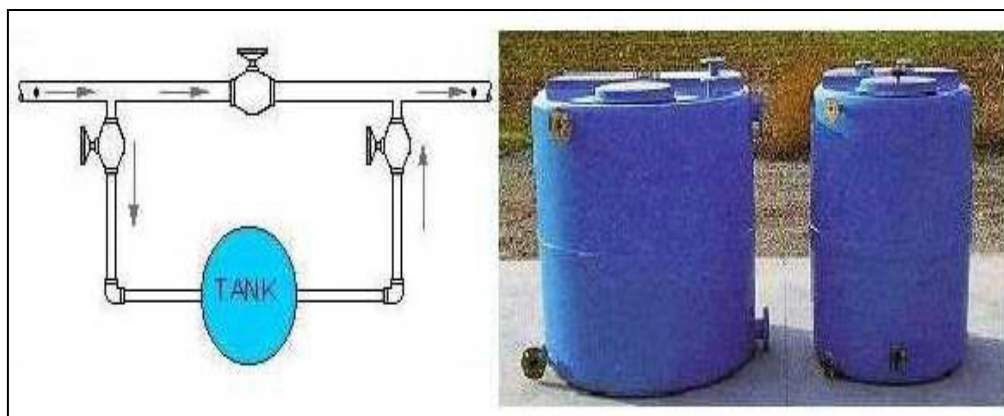


Figure VII.2 : Dilueur d'engrais

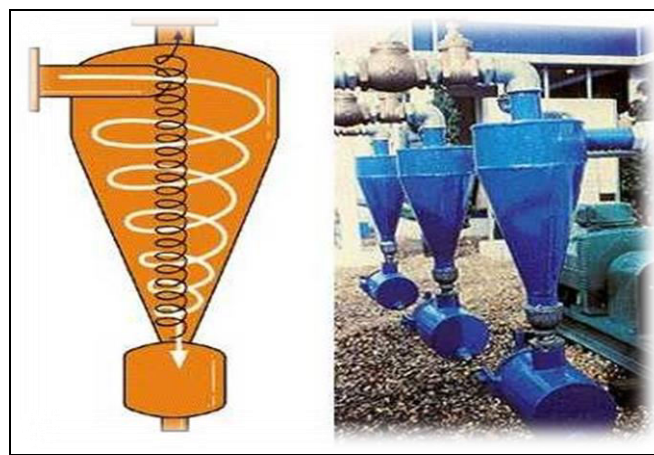


Figure VII.3 filtre à sable

VII.2.3 la conduite principale :

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

VII.2.4 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).

VII.2.5 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. Les distributeurs y sont fixés avec un espacement prédéterminé. Il existe d'autres types de rampes qui assurent à la fois le transport et la distribution de l'eau, par exemple les rampes (ou gaines) poreuses ou perforées (à simple ou double section).

VII.2.6 les distributeurs :

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

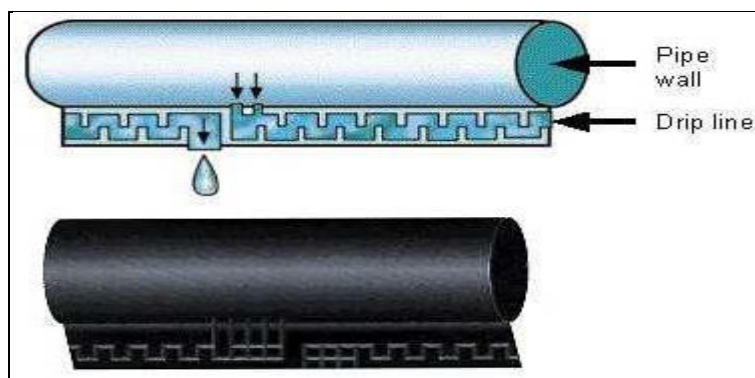


Figure (VII.4) Goutteur incorporé dans une gaine souple



Figure (VII.5) Goutteur

VII.3 Dimensionnement :

VII.3.1. Détermination de la fréquence d'arrosage

$$f_{arrosage} = \frac{Dose_{nette\text{corrigé}}}{B_{jnet\text{Corrigé}}} = 5.44 \text{ jours}$$

Donc on irrigue 6 jours .

VII.3.2 Calcul de la nouvelle dose réelle

$$Dose_{réelle} = N_j \times Dose_{cor} = 6 \times 3,34 = 20.08 \text{ mm}$$

D'où

$$Dose_{Brute} = \frac{Dose_{réelle}}{eff \times Cu} = \frac{20.08}{(0,9 \times 0.9)} = 24.79 \text{ mm}$$

VII.3.3 La détermination de la durée d'arrosage pour une dose brute

$$Ta = \frac{D_{brutte} \cdot Sr \cdot Sa}{n \cdot Q_g}$$

Avec : Sr et Sa espacement entre rang et cultures ;

n et Qg nombre et débit du goutteur.

$$Ta = \frac{24,79 \times 1.5 \times 1 * 10}{1 \times 2 * 3.6} = 51,64 = 52 \text{ heures}$$

VII.3.4 Calcul de la durée d'arrosage par jour

Par définition on a : $Durée_{d'arrosage \text{ par jour}} = \frac{Ta}{Freq} = 9 \text{ heures}$

Détermination du nombre de poste = $\frac{22h}{9h} = 2 \text{ postes}$

Nombre de goutteur par hectare

$$Nbr = \frac{Sur \text{ hect}}{Su \text{ espacement}} = \frac{10000}{1.5 \times 1} = 6666 \frac{\text{goutteurs}}{\text{hectares}}$$

VII.4 Le dimensionnement hydraulique

VII.4.1 La conduite principale

C'est la conduite qui relie au point de fourniture d'eau les divers 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 utilisé.

VII.4.2 Porte rampe

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

VII.4.3 Les rampes

Qui sont toujours en PEBD (polythène base densité), a l'exception de quelque installations ou l'on a utilisé du PVC rigide de petit diamètre.

Règle Christiansen , sachant que $10mce=1bar$

On admit que la variation maximale de débits entre goutteurs $\frac{\Delta q}{q} = 10\%$

Variation maximale de la pression $q = K \times H$ donc $\frac{\Delta q}{q} = x \frac{\Delta H}{H_n}$

Avec q_g : débit d'un goutteur ; H_n : pression nominal

Donc $0.1 = 0.5 \times \frac{\Delta H}{10}$ Donc $\Delta H = 2mce$

On prend que les pertes de charges singulières sont de 10% alors $=0.2mce$

Et les pertes de charges linéaires :1.8m

On admit que 1/3 de perte de charge linéaires pour le porte rampe et 2/3 de perte de charge linéaire pour la rampe

$$D(mm) = \left(\frac{Pdc(r) \times 2,75}{0,478 \times Q(r)^{1.75} \cdot L(r)} \right)^{\frac{-1}{4,75}}$$

La longueur de la rampe = la longueur du terrain =375m

Nombre d'arbre =375/1.5=250

Nombre de goutteur =250X1=250 goutteurs

$$Q_{rampe} = 250 * 2 = 500 \text{ l/h}$$

$$D(mm) = \left(\frac{Pdc(r) \times 2.75}{0.478 \times Q(r)^{1.75} \cdot L(r)} \right)^{\frac{-1}{4.75}}$$

$$D_{rampe} = \left(\frac{Pdc(r) \times 2.75}{0.478 \times Q(r)^{1.75} \cdot L(r)} \right)^{\frac{-1}{4.75}} = 16.50 \text{ mm}$$

On arrondit à 20 mm

On recalcule les pertes de charges pour un D=20 mm

Pertes de charge unitaire $I = 0.178 \cdot D^{(-4.75)} \cdot Q^{1.75}$

Avec : J (m/m) ; Q (l/h) et D (mm)

$$I = 0.0029 \text{ m/m}$$

$$J_{totale_rampe} = 0.0029 \times 164 = 0.487 \text{ m}$$

Pour un diamètre = 16 mm

$$I = 0.008, \text{ perte de charge totale } J_{totale_rampe} = 1.4$$

Même calcul pour porte rampe :

Longueur porte rampe = 172 m

Long de rampe/écartement = 172/1.5 = 114 rampes

$$Q_{porte\ rampe} = 114 \times Q_{rampe} = 114 \times 500 \text{ L} = 57000 \text{ l/h}$$

$$pdc_{pr} = 0.6 \text{ m}$$

$$D(\text{mm}) = \left(\frac{pdc_{pr} \times 2.75}{0.478 \times Q(pr)^{1.75} \cdot L(pr)} \right)^{\frac{-1}{4.75}} = 50.66 \text{ mm}$$

On arrondit à 75 mm

Perte de charge unitaire $I = 0.178/75^{(-4.75)} \cdot 14104^{1.75} = 0.004 \text{ m/m}$

$I = 0.004 \text{ m}$, perte de charge totale de la porte rampe $J_{tpr} = 0.004 \times 172 = 0.693$

$$\text{Perte de charge totale réseau} = 0.487 + 0.693 = 1.18 < 1.8$$

On peut essayer 63 mm on trouve perte totale 2.07

VII.4.4 Dimensionnement de la conduite d'approche

$L = 100 \text{ m}$ (maximum);

Nombre de porte rampe = 1

$$Q_{cdt} = nQ_{porte\ rampe} = 14104 \text{ l/h} = 0.0039 \text{ m}^3/\text{s}$$

On suppose $V = 1 \text{ m/s}$ ou 1.25 m/s

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

$$\text{Pour } V = 1\text{m/s} \Rightarrow D = 70\text{ mm}$$

$$\text{Pour } V = 1.25\text{m/s} \Rightarrow D = 63\text{ mm}$$

On prend **D=75mm**

Tableau VII.2 les résultats de dimensionnement

Culture	
Ilot	6
Borne	6
Pression de la borne (mce)	32
S (ha)	9
DOSE Pratique mm	20.2
Dose	24
Fréquence des arrosages	6
Espacement rang	1.5
Espacement arbre	1
Durée arrosage heures	52
Durée arrosage journalière heures	9
Temps de travail	22
Nombre de poste	2
Surface poste irrigué	2.93
Nombre de goutteurs	2
Q goutteurs	2
Dose besoins journalière mm	8

Suite tableau VII.2:

DIMENSIONNEMENT	
Largeur parcelle m	250
Longueur Rampe m	375
Longueur porte rampe m	172
Longueur Cdt secondaire m	100
Nbre arbre rampe	50
Nbre Goutteur rampe	100
Nbre rampe	1250
Q débit rampe l/h	500
Nbre porte rampe	5
Q porte rampe l/h	14160
Q débit Cdt secondaire l/h	14160
Perte charge rampe	
Diam Rampe cal mm	13.74
Diam normalisé mm	15
Vitesse(m/s) m/s	0.38
Perte charge Di normalisé m	0.28
Perte charge prote Rampe	
Diam prote Rampe cal mm	82.3
Diam normalisé mm	90
Vitesse m/s	0.68
Perte charge Di normalisé m	0.143
Conduite secondaire	
Diam calculé mm	63.3
Diam Normalisé mm	65
Vitesse normalisé m/s	1.185
Perte de charge totale m	0.593
Conduite Borne	
Diam calculé mm	63.3
Diam Normalisé mm	65
Vitesse normalisé m/s	1.185
Perte de charge totale m	0.059

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé le dimensionnement d'un réseau d'irrigation par goutte à goutte, pour une culture maraichère (pomme de terre).

En irrigation gravitaire, les cultures maraichères consommeraient des volumes d'eau importants, de plus les rendements sont généralement faibles. Avec l'irrigation localisée, non seulement nous avons une efficacité de l'eau d'irrigation, mais aussi des rendements des cultures très élevés, ce qui permettra d'intensifier les cultures dans cette région semi-aride.

CHAPITRE VIII :

Organisation de chantier et estimation de cout

CHAPITRE VIII : Organisation de chantier et estimation de cout

VIII.1 Introduction

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

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

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

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

VIII.2 Les actions reçus par les conduites:

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

- La pression verticale due au remblai
- La pression résultant des charges roulantes
- La pression résultant des charges permanentes de surface

La pression hydrostatique extérieure due à la présence éventuelle d'une nappe phréatique

- Le poids propre de l'eau véhiculée
- Le tassement différentiel du terrain
- Les chocs lors de la mise en œuvre
- Action des racines des arbres

VIII.3 Exécution des travaux:

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

- Vérification, manutention des conduites
- Décapage de la couche du goudron (si elle existe)
- Emplacement des jalons des piquets
- Exécution des tranchées et des fouilles pour les regards
- Aménagement du lit de pose
- La mise en place des canalisations en tranchée
- Assemblage des tuyaux
- Faire les essais d'étanchéité pour les conduites et les joints
- Remblai des tranchées

VIII.3.1 Vérification, manutention des canalisations :

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

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

VIII.3.2 : Décapage de la couche de terre végétale ou goudron

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

Le volume de la couche à décapier est :

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

Avec :

B : largeur de la couche végétale (m)

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

L : longueur totale des tranchées (m)

VIII.3.3 Excavation des tranchées:

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

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

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

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

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

VIII.3.3.1 : Calcul de la largeur de tranchée :

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

$$b = (L * 2) + \emptyset$$

Où :

b : Largeur de la tranchée (m);

\emptyset : Diamètre de la conduite (m).

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

Avec

H : la profondeur de la tranchée

e : l'épaisseur du lit de sable

VIII.3.3.2 : Calcul de la profondeur de tranchée :

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

La profondeur de la tranchée est :

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

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

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

Avec :

H : profondeur de la tranchée. (m)

e : hauteur de lit de pose. (m)

\emptyset : diamètre de la conduite. (m)

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

VIII.3.4 : Aménagement du lit de sable :

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

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

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

VIII.3.5 : Pose de canalisation:

VIII.3.5.1 : Principe de pose des canalisations :

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

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

VIII.3.5.2 : Pose de canalisation dans un terrain ordinaire :

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

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

VIII.3.5.3 : Pose de canalisation dans un mauvais terrain :

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

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

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

- **Cas d'un terrain mouillé :**

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

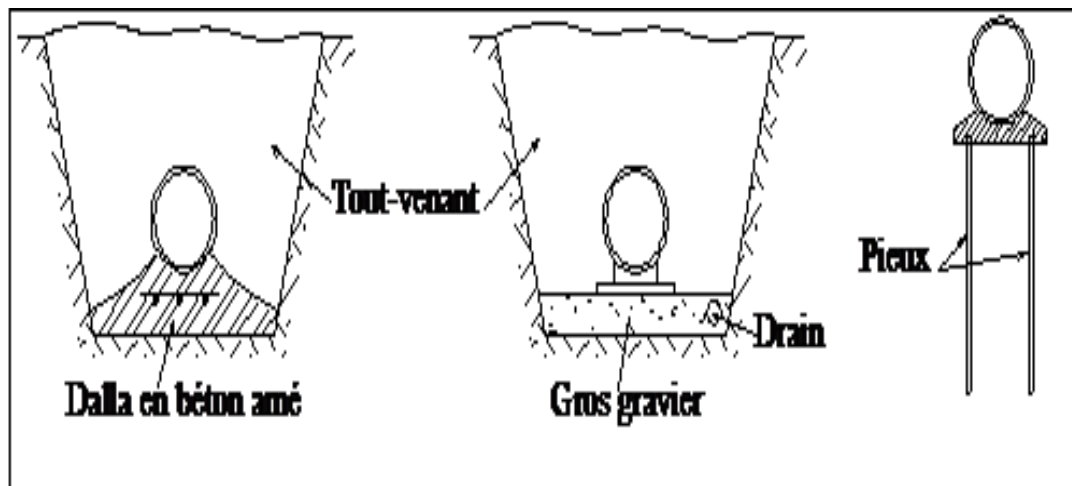


Figure VIII.1 : Pose de conduite dans mauvais terrain.

VIII.3.5.4 Pose de canalisation en galerie :

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

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

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

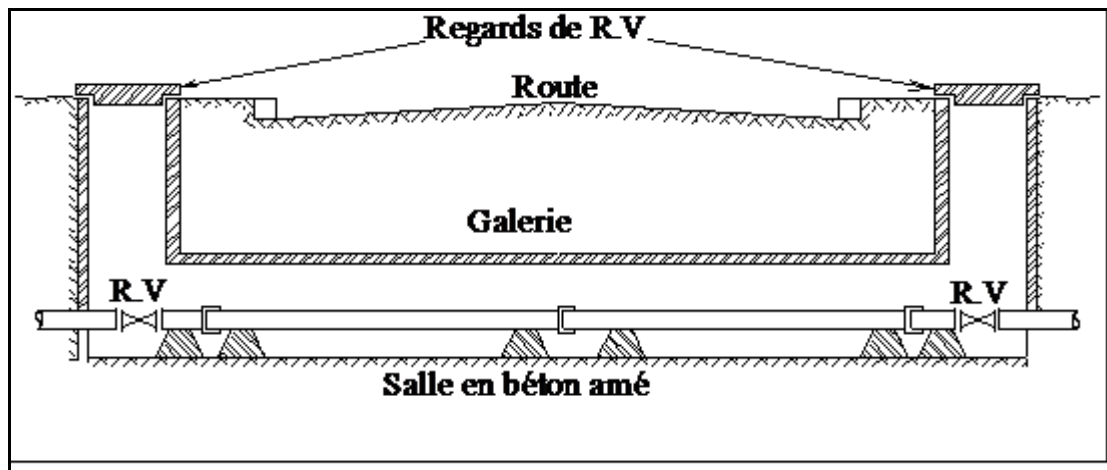


Figure VIII.2 : Pose de canalisation en galerie.

VIII.3.5.5 Traversées des routes

En raison des charges qui peuvent causées des ruptures, et par conséquents des infiltrations nuisibles à la conduite, comme à la route. Il sera donc prévu des gaines (buses de diamètres supérieurs) dans lesquels les conduites seront introduites à fin de les protéger contre les chocs et les vibrations.

Dans les changements de direction, et dans les branchements, il y a lieu tendance, sur la poussée exercée par l'eau

Emboîtement des joints (réseau de distribution) ou à la rupture de soudures (adductions). On prévoit donc la construction des butées en béton qui s'opposeront à ces efforts.

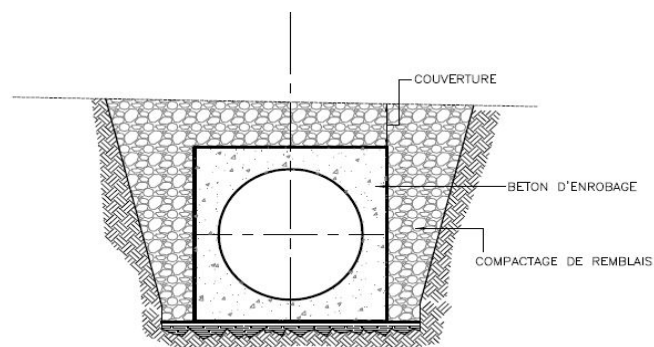


Figure VIII.3 : Coupe transversale de la traversée de route

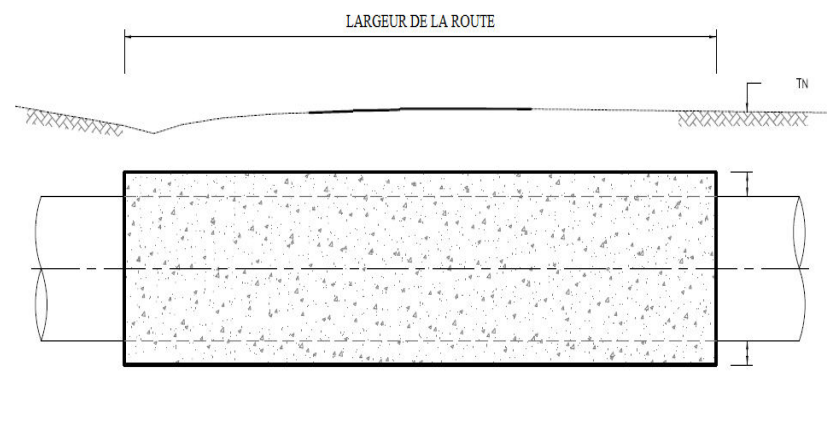


Figure VIII.4 : Coupe longitudinale de la traversée de route

VIII.3.5.6 Traversée d'une rivière ou oued :

La pose de canalisation à la traversée d'une rivière demande certains travaux confortatifs en fonction de l'état de la traversée et de l'importance de l'adduction. L'existence d'un pont-route servira également de support pour la canalisation, ou celle-ci sera accrochée au tablier.

Dans la cas ou le pont-route n'existe pas la canalisation pourra suivre le lit de rivière, posée sur des ouvrages spéciaux (Tasseaux par exemple) et couverte de tout-venant pour être protégée contre les chocs (Dus à la navigation par exemple).

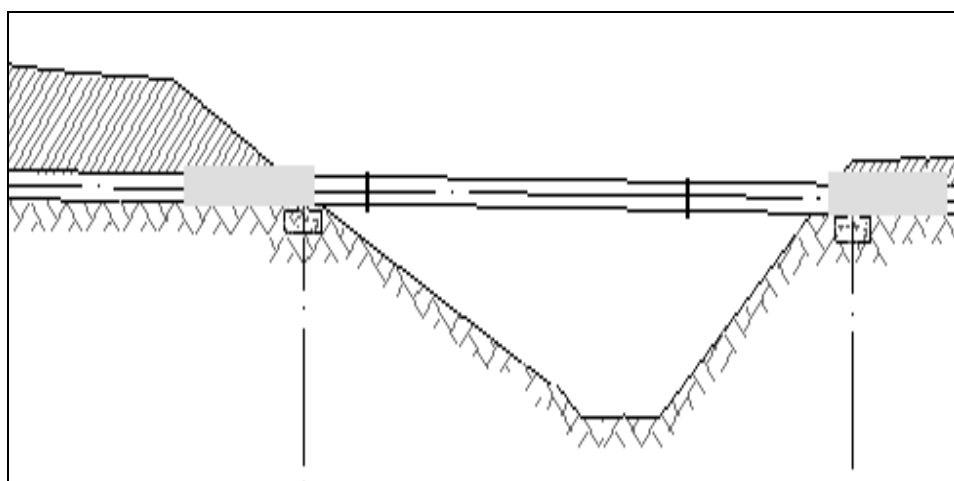


Figure VIII.5 : la traversée d'une rivière ou oued

VIII.3.6 Accessoires :

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

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

VIII.3.6.1 Les robinets vannes :

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

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

VIII.3.6.2 Robinet d'arrêt :

Sont utilisés dans le réseau (petite diamètre) au niveau de branchement ($\varnothing < 100$ mm), sont à quatre tour.

VIII.3.6.3 Les vannes papillons :

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

VIII.3.7 L'épreuve des joints et canalisations principales :

Dans le but de s'assurer l'étanchéité des joints en essai à la poussée hydraulique est effectué sur la canalisation quand elle est mise en place pour y procéder, l'aval de la canalisation est clôturé par une plaque d'extrémité sur laquelle une pompe est branchée. Quand les joints sont d'un type tel qu'ils cessent d'être visibles sous un revêtement ne permettant plus d'avoir les fuites, un premier essai est fait avant l'application du lit de revêtement cet essai peut avoir lieu à l'air sous une pression de 6 bars.

VIII.3.8 Remblaiement des tranchées:

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

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

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

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

$$V_r = V_d - [V_{cdt} + V_{cv} + V_{ls}]$$

V_r : Volume du remblai en (m³).

V_d : Volume du déblai en (m³)

V_{cdt} : Volume occupée par la conduite

V_{cv} : Volume de la couche végétale

V_{ls} : Volume du lit de sable

VIII.3.9 Volume excédentaire :

$$V_{exc} = V_f - V_r$$

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

V_f : Volume du sol foisonné en (m³).

Avec : $V_f = V_d \cdot K_f$

V_d : Volume du déblai en (m³)

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

VIII.4 Calcul du volume de terrassements :**VIII.4.1 Décapage de la couche végétale ou la couche du goudron**

Le volume de la couche à décaper est :

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

B : largeur de la couche végétale (m)

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

L : longueur totale des tranchées (m)

VIII.4.2 Calcul du volume de déblai :

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

$$S = b * H$$

$$b = 0.3 * (N-1) + (0.5 * 2) + (\emptyset * N) \quad N = \text{nombre de conduite} = 1$$

$$\text{Donc } b = 1 + \emptyset$$

VIII.4.2.1 Calcul du volume de déblai pour le canal principal (Adduction):

La surface à calculer est la surface rectangulaire

$$S = B * H$$

$$B = d + (0.5 \div 1.2)$$

$$\text{Donc : } B = 1 + \emptyset$$

$$H = 1 \text{ m}$$

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau VI-1

Tableau VIII.1 : calcul du volume de déblai

Diamètre (mm)	longueur de la conduite (m)	largueur d'une tranchée (m)	Volume de déblai (m³)
315	570	1,2	680
250	421	1.2	505,2
200	111	1.2	133,2
160	80	0.9	72
125	370	0.9	333
110	195	0.9	175,5
90	160	0.6	144
75	72	0.6	43,2
63	336	0.6	201,6
		Total	2287,7

Donc le volume total de déblai : $V_{\text{deblai}} = 2287,7 \text{ m}^3$

VIII.4.3 Calcul du volume de lit de sable :

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

$$S = e * b * L$$

Tableau VIII.2 : calcul du volume de sable

<i>Diamètre (mm)</i>	<i>Longueur conduite (m)</i>	<i>largueur tranchée (m)</i>	<i>Volume de sable (m³)</i>
315	570	1,2	68
250	421	1.2	50,52
200	111	1.2	13,32
160	80	0.9	7,2
125	370	0.9	33,3
110	195	0.9	17,55
90	160	0.6	14,4
75	72	0.6	4,32
63	336	0.6	20,16
Total	2315		228,77

Donc le volume total du lit de sable : $V_{\text{sable}} = 228,77 \text{ m}^3$

VIII.4.4 Calcul du volume de remblai :

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

$$V_r = V_d - (V + V_s)$$

V_r : Volume du remblai compacté (m3) ;

V_d : Volume du déblai (m3) ;

V_s : Volume du sable

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

L : Longueur de la conduite

\emptyset : Diamètre de la conduite.

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

Tableau VIII.3: calcul du volume de remblai

D conduite (mm)	Long tranché(m)	Larg tranché(m)	Volume déblai (m ³)	Volume de sable(m ³)	Volume conduite(m ³)	Volume remblai(m ³)
315	570	1,2	680	68	44,40	567,60
250	421	1,2	505.2	50,52	20,66	434,02
200	111	1.2	133.2	13,32	3,49	116,39
160	80	0.9	72	7,2	1,61	63,19
125	370	0.9	333	33,3	4,54	295,16
110	195	0.9	175.5	17,55	1,85	156,10
90	160	0.9	144	14,4	1,02	128,58
75	72	0.6	43.2	4,32	0,32	38,56
63	336	0.6	201.6	20,16	1,05	180,39
Total	2315		2287.7	228,77	78,92	1980,01

Donc le volume total du remblai : $V_{\text{remblai}}=1980,01 \text{ m}^3$

Remarque : le tracer de la conduit d'amener (retenue vers premier réservoir), elle est protéger par une galerie en béton souterrain, la galerie de protection est de 55 m.

Note : dans notre réseau le type de matériau de la canalisation qu'on va l'utiliser c'est le poly éthylène.

VIII.4.5 Volume excédentaire :

$$V_{\text{exc}} = V_f - V_d$$

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

V_f : Volume du sol foisonné en (m³).

Avec : $V_f = V_d \cdot K_f$

V_d : Volume du déblai en (m³)

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

VIII.5 Devis estimatif pour**VIII.5.1 Devis estimatif pour L'adduction****Tableau VIII.4: Volumes et coût des travaux total**

N°	Désignation de travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire	Montant
1	Déblai	m ³	2287,7	400	915080
2	Lit de sable (sable)	m ³	228,77	1200	274524
3	Remblai compacté	m ³	1980,01	300	594003
4	Conduite (315mm)	ML	680	1700	1156000
5	Conduite (250mm)	ML	505,2	1550	783060
6	Conduite (200mm)	ML	133,2	1400	186480
7	Conduite (160mm)	ML	72	1200	86400
8	Conduite (125mm)	ML	333	1000	333000
9	Conduite (110mm)	ML	175,5	900	157950
10	Conduite (90mm)	ML	144	800	115200
11	Conduite (75mm)	ML	43,2	600	25920
12	Conduite (63mm)	ML	201,6	300	60480
				Total	4688097

VIII.5.2 Devis estimatif pour la galerie :

Le prix d'un mètre linière égale à 385,5 DA

Notre galerie coûte : $385,5 * 55 = 21202,5$ DA

VIII.5.3 Devis estimatif pour les accessoires :

On prend le prix des accessoires (les vannes, les raccords unions, bouchons, goutteurs, réduction) = 0,15 du prix total de réseau d'irrigation = $0,15 * 1489757 = 703214,55$ DA

VIII.5.4 Devis estimatif hors taxe du projet :

$$D_T = D_{\text{adduction}} + D_{\text{accessoir}} + D_{\text{galerie de protection}}$$

$$= 5412514 \text{ DA}$$

$$D_{\text{hors tax}} = 5412514 \text{ DA}$$

VIII.5.5 Devis estimatif Total avec TVA de notre projet :

TVA = 17%

TVA = 17%DT = 0, 17*5412514 = 920127,4 DA

Prix TTC = prix hors taxe + TVA = 5412514+920127,4

Prix TTC =6332641 DA

Conclusion

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

La planification des travaux est nécessaire pour une bonne exécution des travaux de réalisation du projet. Alors d'après l'étude de se projet on est arrivé à déterminer le coût de notre projet. Il se situe à 6 332 641 DA. On peut considérer qu'il est rentable à condition que le périmètre fonctionne correctement et que chaque fellah exploitera le réseau dans le bon sens.

Conclusion générale

L'intérêt de ce projet est immense car l'irrigation va permettre une diversification des cultures en places, un accroissement des rendements surtout pour la céréaliculture.

La zone d'étude présente une géomorphologie quasi plane légèrement ondulée avec une pente d'exposition générale S-NO. Le réseau hydrographique est un peu ramifié avec deux oueds principaux (oued ALAGBA et oued HASBA) et ces affluents. Au terme de ce travail, il ressort que le dimensionnement d'un réseau d'adduction et de distribution pour but d'irrigation n'est pas si simple. La connaissance des caractères physico-chimiques des sols permettra par cette occasion l'introduction des cultures adéquates dans la région. En effet beaucoup de contraintes aussi bien techniques qu'administratives peuvent influencer sur le tracé du réseau.

L'analyse climatologique montre que la région possède un climat semi-aride, avec une pluviométrie insuffisante pour l'obtention de rendements acceptables. L'aptitude des sols reste bonne pour les cultures céréalières et fourragères ainsi que les cultures maraichères mais moyenne pour les cultures arboricoles. L'installation de brises vent, l'apport des amendements organiques, des fertilisants minéraux et le labour profond constituent les principaux facteurs préconisés pour améliorer les propriétés de sol.

En se basant sur la méthode de Penman-Monteith-FAO, pour estimer l'évaporation potentielle (ETP) et la méthode du département américain de l'agriculture (USDA) pour le calcul de la pluie efficace, nous avons pu estimer les besoins en eau d'irrigation pour les cultures de périmètre à irriguer.

Nous avons choisit un tracé qui a pu gravitairement nous assurer des pressions assez conséquentes au niveau des bornes d'irrigation. De plus il a fallu dans la mesure du possible respecter le foncier afin de maintenir un certain degré de liberté pour l'utilisation des prises d'eau. La projection des systèmes d'irrigation modernes tels que l'aspersion et le goutte à goutte permettent une meilleure gestion de la ressource en eau et une meilleure conservation du sol.

L'étude comparative entre les techniques d'irrigation, nous a montré que le système d'irrigation par aspersion est le plus convenable pour certaines cultures (céréales, carotte etc). Alors que le goutte à goutte est indiqué pour d'autres spéculations (pomme de terre, chou...etc). Ces deux systèmes permettent une meilleure gestion de la ressource en eau et une meilleure conservation du sol.

Un réseau hydraulique classique est proposé, composé de conduites circulaires enterrées de diamètres entre 315 et 160 mm pour la conduite principale et de 63 à 125 mm pour le réseau de distribution. Le matériau de canalisation est le PEHD de PN 10 bars.

L'aspect économique demeure aussi un point essentiel car minimiser le tracé de ce réseau permet de faire des économies sur le coût du projet. Malgré ces contraintes on a proposé un tracé qui est bien entendu peut être critiquable.

Références bibliographiques

Aouata I. (2014). *Etude de permettre d'irrigation d'Ain Kercha partie ouest wilaya d'Oum El Bouaghi.* Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;

Ayers R.S., Westcot D.W. (1994). *Water quality for agriculture* (FAO irrigation and drainage paper N°29). Rome : FAO ;

Belaid N. (2010). *Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques.* Thèse en cotutelle en vue de l'obtention du doctorat, École Nationale d'Ingénieurs de Sfax, Tunisie ;

Ben Mebarek M.C. (2011). *Contribution a' l'étude de l'aménagement Hydro-agricole du périmètre de teleghma wilaya de Mila.* Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;

Benkaci A.T. (2013-2014). *Travaux dirigés : Calcule des Paramètres de l'irrigation par asperseur,* Document non publié, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;

Bennis S. (2007). *Hydraulique et hydrologie* (2^e édition). Québec : Les Presses de l'Université du Québec ;

Blaney H.F., Criddle W. D. (1952). *Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data.* Washington, D.C : U.S. Soil Conservation Service ;

Boulifa I. (2011). *Etude du périmètre d'irrigation de F'kirina à l'aval de la retenue collinaire d'Oulmène wilaya d'Oum El Bouaghi.* Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en hydraulique, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;

Brouwer C., Heibloem M. (1986). *Irrigation Water Management: Irrigation Water Needs* (Training manual N° 3). Rome : FAO ;

Claude L. (1975). *Annales de géographie : L'évapotranspiration potentielle et ses implications géographiques.* (t. 84, n°464). Paris : Armand colin ;

Clément M., Paul A., Jean-Claude C. (2007). *Bases techniques de l'irrigation par aspersion.* Paris : Lavoisier ;

Clément R., Galand A., Meylan J. (1990). *Systèmes d'irrigation.* Paris : Techniques de l'Ingénieur;

CYPE Ingenieros, S.A. (2015). *Générateur de prix de la construction, Algérie.* En ligne <http://www.algerie.prix-construction.info> ;

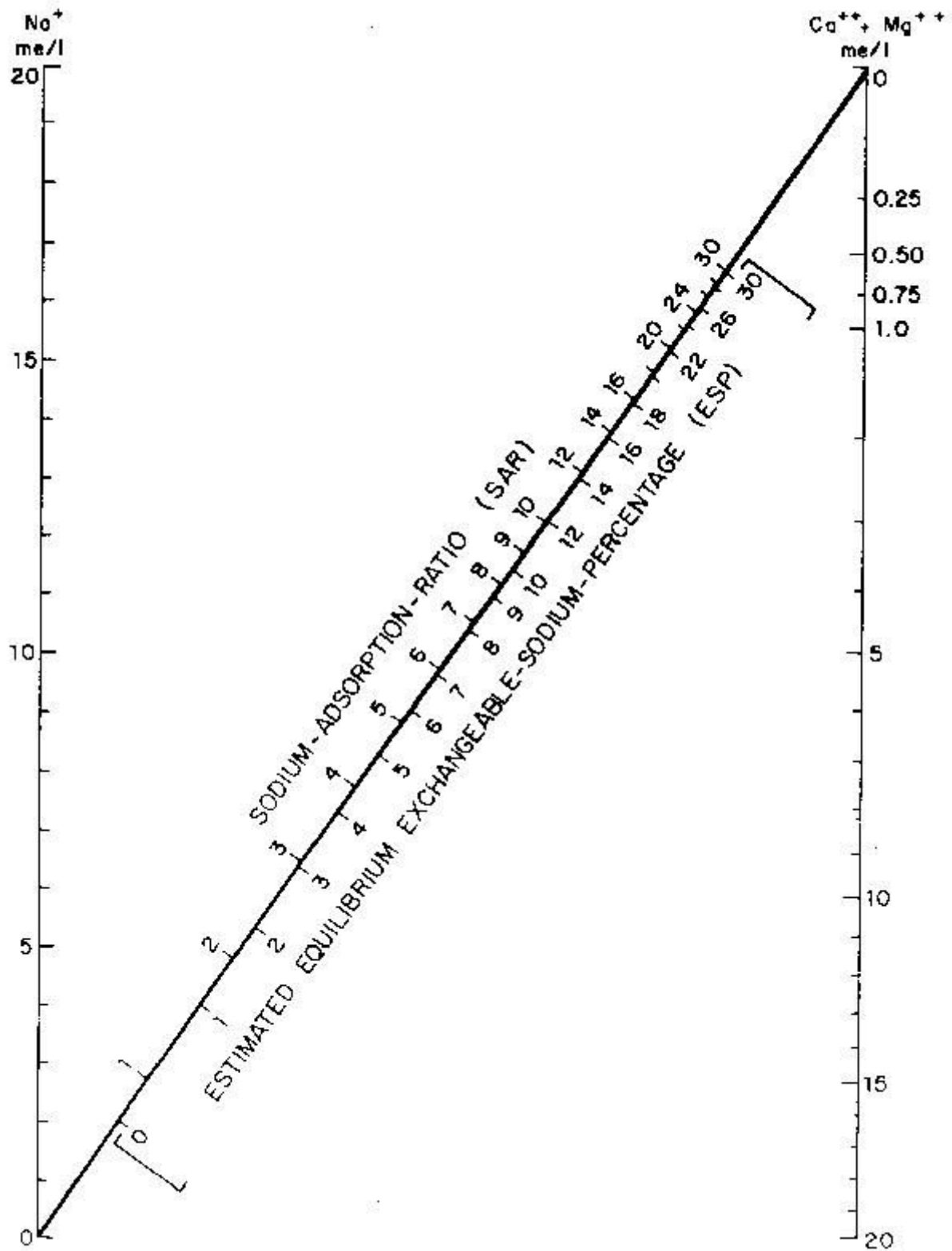
Daniel H., Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1997). *Small-scale irrigation for arid zones Principles and options.* Rome : FAO ;

Dastane N. G. (1978). *Effective rainfall in irrigated agriculture.* Rome : FAO ;

- FAO Division de la mise en valeur des terres et des eaux. Etats-Unis. Bureau of reclamation. (1990).** *Etudes et prospections pédologiques en vue de l'irrigation* (Bulletin pédologique de la FAO, 42). Rome : FAO ;
- Gouaidia L. (2008).** *Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico – chimiques des eaux d'une nappe en zone semi aride, cas de la nappe de Meskiana nord-est algérien.* Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en sciences de la terre, Université BADJI MOKHTAR-Annaba ;
- Kadi K., Chergui M., Malkia N., Hamli S., Boukeria S., Yahia A. (2014).** *Estimation des besoins en eau de la culture de l'ail par différentes formules* (European Scientific Journal September 2014 edition vol.10, No.27). En ligne <http://eujournal.org> ;
- L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). (2015).** *Le Calendrier cultural.* En ligne <http://www.fao.org/agriculture/seed/cropcalendar/welcome.do> ;
- Labye Y., Olson M. A., Galand A., Tsiourtis N. (1996).** *Conception et optimisation des réseaux d'irrigation* (FAO irrigation et drainage N° 44). Rome : FAO ;
- Leonvil S. M. (1953).** *Premier Cours National Post-Gradue Sur L'Irrigation, Le Drainage et la Gestion des Ressources Hydriques. Relation Sol-Plante-Eau.* Port-au-Prince, Haïti : IICA Haïti ;
- Léopold R., Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts (France). (2003).** *Guide pratique irrigation.* Versailles : Editions Quae ;
- Marc S., André M., André M. (2007).** *Ingénierie des eaux et du sol : processus et aménagements.* Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes ;
- Mermoud A. (2007).** *Cours : Aménagement et équipement de territoire, notion fondamentale de l'irrigation,* école polytechnique fédérale de Lausanne ;
- Messahel M. (1992).** *Guide de mémoire de fin d'étude pour les élèves ingénieur en génie rural (irrigation).* Document non publié, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;
- Messahel M. (2013-2014).** *Syllabus de cours : irrigation et drainage.* Document non publié, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida ;
- MOUDJARI N. (2014-2015)** *Etude de périmètre d'irrigation de MESKIANA willaya d'OM ELBOUGHY ,* Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique (ENSH), Blida
- Pierre-Emile V.L. (2003).** *Mémento de l'irrigation* (Collection : Manuels Techniques). Bruxelles, Belgique : Ingénieurs Assistance Internationale - Ingénieurs sans Frontières ;
- Vermeiren L (1983).** *L'irrigation localisée: calcul, mise en place, exploitation, contrôle du fonctionnement* (Volume 36 de Bulletin F.A.O. d'irrigation et de drainage). Rome : FAO ;

Annexes

Annexe III : Nomogramme pour déterminer la valeur du SAR de l'eau d'irrigation et pour estimer la valeur correspondante de l'ESP d'un sol à l'équilibre avec sa solution (US salinity Laboratory Staff, 1953)



Annexe V.1 : Coefficient de correction (K) pour les valeurs de Thornthwaite, en fonction de la latitude et du mois considérés.

Lat.N	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5	1.02	0.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.02
10	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
15	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	0.95	0.97
20	0.95	0.90	1.03	1.03	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.94
25	0.93	0.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
26	0.92	0.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
27	0.92	0.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	0.99	0.90	0.90
28	0.91	0.88	1.03	1.07	1.16	1.16	1.18	1.13	1.02	0.98	0.90	0.90
29	0.91	0.87	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	0.98	0.90	0.89
30	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
31	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
32	0.89	0.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	0.98	0.88	0.87
33	0.88	0.86	1.03	1.09	1.19	1.20	1.22	1.15	1.03	0.97	0.88	0.86
34	0.88	0.85	1.03	1.09	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	0.97	0.87	0.86
35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
36	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	0.97	0.86	0.84
37	0.86	0.84	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	0.97	0.85	0.83
38	0.85	0.84	1.03	1.10	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	0.96	0.84	0.83
39	0.85	0.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	0.96	0.84	0.82
40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
41	0.83	0.83	1.03	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	0.96	0.82	0.80
42	0.82	0.83	1.03	1.13	1.26	1.27	1.28	1.19	1.04	0.95	0.82	0.79
43	0.81	0.82	1.02	3.12	1.26	1.28	1.29	1.20	1.04	0.95	0.81	0.77
44	0.81	0.82	1.02	1.13	1.27	1.29	1.32	1.20	1.04	0.95	0.80	0.76
45	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
46	0.79	0.81	1.02	1.13	1.29	1.31	1.32	1.22	1.04	0.94	0.79	0.74
47	0.77	0.80	1.02	1.14	1.30	1.32	1.33	1.22	1.04	0.93	0.78	0.73
48	0.76	0.80	1.02	1.14	1.33	1.33	1.34	1.23	1.05	0.93	0.71	0.12
49	0.75	0.79	1.02	1.14	1.32	1.34	1.35	1.24	1.05	0.93	0.76	0.71
50	0.74	0.78	1.03	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70
Lat.S												
5	1.06	0.95	1.04	1.00	1.02	0.99	1.02	1.03	1.00	1.05	1.03	1.06
10	1.08	0.97	1.05	0.99	1.01	0.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
15	1.12	0.98	1.05	0.98	0.98	0.94	0.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
30	1.14	1.00	1.05	0.97	0.96	0.91	0.95	1.99	1.00	1.08	1.09	1.15
25	1.17	1.01	1.05	0.96	0.94	0.88	0.93	0.98	1.00	1.10	1.11	1.18
30	1.20	1.03	1.06	0.95	0.92	0.85	0.90	0.96	1.00	1.12	1.14	1.21
35	1.23	1.04	1.06	0.94	0.89	0.82	0.87	0.94	1.00	1.13	1.17	1.25
40	1.21	1.06	1.07	0.93	0.86	0.78	0.84	0.92	1.00	1.15	1.20	1.29
42	1.28	1.07	1.07	0.92	0.85	0.76	0.82	0.92	1.00	1.16	1.22	1.31
44	1.30	1.08	1.07	0.92	0.83	0.74	0.81	0.91	0.99	1.17	1.23	1.33
46	1.32	1.10	1.07	0.91	0.82	0.72	0.79	0.90	0.99	1.17	1.25	1.35
48	1.34	1.11	1.08	0.90	0.80	0.70	0.76	0.89	0.99	1.10	1.27	1.37
50	1.37	1.12	1.08	0.89	0.77	0.67	0.74	0.88	0.99	1.19	1.29	1.41

Annexe V.2 : Pourcentage d'éclairage (P) mensuel pour différents latitudes.

Latitude in °												
North	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

60	4.67	5.65	8.08	9.65	11.74	12.39	12.31	10.70	8.57	6.98	5.04	4.22
50	5.98	6.30	8.24	9.24	10.68	10.91	10.99	10.00	8.46	7.45	6.10	5.65
40	6.76	6.72	8.33	8.95	10.02	10.08	10.22	9.54	8.39	7.75	6.72	6.52
35	7.05	6.88	8.35	8.83	9.76	9.77	9.93	9.37	8.36	7.87	6.97	6.86
30	7.30	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.33	7.99	7.19	7.15
25	7.53	7.14	8.39	8.61	9.33	9.23	9.45	9.09	8.32	8.09	7.40	7.42
20	7.74	7.25	8.41	8.52	9.15	9.00	9.25	8.96	8.30	8.18	7.58	7.66
15	7.94	7.36	8.43	8.44	8.98	8.80	9.05	8.83	8.28	8.26	7.75	7.88
10	8.13	7.47	8.45	8.37	8.81	8.60	8.85	8.71	8.25	8.34	7.91	8.10
0	8.50	7.66	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50
South												
10	8.86	7.87	8.53	8.09	8.18	7.86	8.14	8.27	8.17	8.62	8.53	8.88
20	9.24	8.09	8.57	7.94	7.85	7.43	7.76	8.03	8.13	8.76	8.87	9.33
30	9.70	8.33	8.62	7.73	7.45	6.96	7.31	7.76	8.07	8.97	9.24	9.85
40	10.27	8.63	8.67	7.49	6.97	6.37	6.76	7.41	8.02	9.21	9.71	10.49

Annexe V.3 : Valeurs mensuelles de la radiation globale (Iga) pour différents latitudes Nord.

Latitude Nord	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
janvier	858	759	642	508	364	222	87.5	5	0
février	888	821	732	624	495	360	215	82	2.9
mars	890	873	834	764	673	562	432	289	146
avril	862	894	902	880	833	764	676	577	508
mai	816	885	930	950	944	920	880	860	889
juin	790	873	934	972	985	983	970	992	0.42
juillet	804	879	930	955	958	938	908	905	945
août	833	880	902	891	858	800	728	651	610
septembre	875	872	843	788	710	607	487	341	213
octobre	880	830	755	658	536	404	262	119	17.5
novembre	860	767	656	528	390	246	111	17	0
décembre	842	735	610	469	323	180	55.5	0	0

Annexe V.4 : Durée mensuelle du jour «H» en heures par mois (c'est-à-dire nombre d'heures où le soleil est au-dessus de l'horizon chaque-mois).

Latitude nord

	0°	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°
Janvier	375	372	369	366	363	360	357	354	351	348	344	340
Février	342	341	339	337	335	333	331	330	328	327	325	323
Mars	375	375	375	374	374	374	374	374	373	373	373	373
Avril	363	364	366	367	369	370	371	373	374	376	378	379
Mai	375	378	381	384	387	390	393	396	399	402	406	410
Juin	363	366	369	373	377	381	384	388	392	396	400	408
Juillet	375	378	381	384	387	391	394	398	402	406	410	413
Août	375	377	379	381	383	386	388	390	392	394	397	399
Septembre	363	363	364	364	365	365	366	366	367	367	368	368
Octobre	375	374	373	372	370	369	368	367	366	364	363	361
Novembre	363	361	359	357	354	351	348	345	342	339	336	333
Décembre	375	372	369	365	361	357	354	350	342	342	338	334

	26°	28°	30°	32°	34°	36°	38°	40°	42°	44°	46°	48°
Janvier	332	328	324	320	316	311	306	301	294	287	280	273
Février	319	316	313	311	309	307	304	301	298	295	292	288
Mars	372	372	372	372	372	371	371	371	370	370	370	369
Avril	384	385	387	389	391	395	395	398	401	404	407	410
Mai	421	421	425	429	433	441	441	446	452	458	465	472
Juin	317	417	422	427	432	443	443	449	457	465	473	481
Juillet	421	425	355	434	439	449	449	455	462	469	476	484
Août	404	407	320	413	416	422	422	425	429	434	439	444
Septembre	369	370	317	371	372	373	373	374	375	376	377	378
Octobre	359	357	429	354	352	348	348	346	344	342	340	337
Novembre	327	324	410	316	312	304	304	300	295	290	284	278
Décembre	326	322	371	312	307	297	297	291	283	276	269	261

Latitude sud

	0°	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°	24°	26°	28°
Janvier	375	378	381	385	389	392	395	399	403	406	410	413	417	421	425
Février	342	343	345	346	348	350	352	354	356	358	360	362	364	366	368
Mars	375	375	376	376	377	377	378	378	379	379	379	379	380	380	380
Avril	363	362	361	359	358	357	355	353	352	351	349	348	347	346	342
Mai	375	373	371	368	365	362	359	356	353	350	347	344	340	336	333
Juin	363	359	355	351	348	345	341	337	334	331	327	323	319	315	312
Juillet	375	372	369	366	363	360	357	354	351	347	343	339	335	331	327
Août	375	374	372	370	368	366	364	362	360	358	356	354	352	349	346
Septembre	363	363	362	362	362	362	361	361	361	360	360	360	359	358	358
Octobre	375	376	377	378	379	381	381	383	385	387	388	390	392	394	396
Novembre	363	365	368	371	374	377	380	383	386	389	392	395	398	401	405
Décembre	375	378	382	386	390	394	397	400	404	408	412	416	421	426	431