



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option : Irrigation et Drainage**

**THEME :**

**AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DES PLAINES  
SETIFIENNES (SECTEUR 3) A PARTIR DU BARRAGE  
DE MAHOUANE WILAYA DE SETIF**

**Présenté par :**

**TOUMI Yassine**

**Devant les membres du jury**

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
<b>RASSOUL Abdelaziz</b>	<b>M.C.A</b>	<b>Président</b>
<b>AZIEZ Ouahiba</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>KERID Rachid</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Examineur</b>
<b>SAADOUNE Samra</b>	<b>M.C.B</b>	<b>Promotrice</b>

**ملخص:**

في إطار مواجهة هشاشة الأمن الغذائي الجزائري، يمكن أن يكون تطوير السقي أحد الأدوات الحاسمة لمواجهة التحديات المستقبلية من أجل ضمان الأمن الغذائي.

تهدف هذه المذكرة إلى تحقيق التنمية الزراعية للقطاع الثالث من سهل سطيف (1753.7 هكتار) المزود بالماء من سد المهوان.

حولت هذه الدراسة النظام الزراعي التقليدي للسهل القائم على إراحة الأرض في فصل الربيع والصيف استعدادا لزراع الحبوب في فصل الخريف، إلى نظام متعدد الزراعات وهذا من أجل استغلال الأراضي بصفة أمثل، بالإضافة إلى ذلك، تم تحديد أبعاد شبكة الإمداد والتوزيع. كما وقد تم في هذه الدراسة إدماج تقنيات السقي الحديثة على غرار الرشاشات والقطارات، بهدف الحفاظ على المياه وتحسينا المردود الفلاحي.

**Résumé:**

Face à la fragilité de la sécurité alimentaire algérienne, le développement de l'irrigation peut être un des outils cruciaux qui répondra aux défis du changement climatique afin d'assurer la sécurité alimentaire.

Ce mémoire de fin d'études a d'objectif de réaliser un aménagement hydro-agricole du secteur 3 de la plaine sétifienne (1753.7 ha) alimenté à partir du barrage de Mahouane.

Cette étude a transformé le système agraire biennal (céréales – jachère), en un système de polyculture, afin d'augmenter le taux d'occupation du sol.

De plus on a aussi dimensionné un réseau d'adduction et de distribution, et on a équipé les parcelles par des systèmes d'irrigation moderne telles que le system d'aspersion et le system goutte à goutte, dans le but de conserver l'eau et d'augmenter le rendement des cultures.

**Abstract:**

Faced to the fragility of Algerian food security, the development of irrigation is one of the main tools that will respond to the challenges of climate change in order to ensure food security. This thesis aims to achieve a hydro-agricultural development of Sector 3 of the Setif plain (1753.7 ha) fed from the Mahouane dam. This study transformed the biennial agrarian system (cereals – fallow), into a polyculture system, in order to increase the rate of land use. In addition, a water conveyance and distribution network was designed, and the plots were equipped with modern irrigation systems such as the sprinkler system and drip, with the aim of conserving water and increasing crop yield.

## Table des matières

Table des matières .....	i
Table des figures .....	vi
Liste des tableaux .....	vi
Liste des annexes.....	ix
Liste de planches .....	ix
Introduction générale.....	1
I Présentation de la zone d'étude .....	3
Introduction .....	3
I.1 Localisation de la zone d'étude .....	3
I.1.1 Situation géographique.....	3
I.1.2 Voies de communication.....	5
I.2 Réseau hydrographique .....	5
I.3 Géologie .....	6
I.3.1 Les formations quaternaires .....	6
I.3.2 Les formations mio-pliocènes .....	6
I.4 Relief.....	6
I.4.1 Zones montagneuse .....	6
I.4.2 Zone des hautes plaines.....	7
I.4.3 Les frange semi-aride .....	7
I.5 Conditions climatiques.....	7
I.5.1 Pluviométrie .....	7
I.5.2 Température.....	8
I.5.3 Humidité relative.....	8
I.5.4 Vent.....	9
I.5.5 Le sirocco .....	9
I.5.6 Le gelé.....	9
I.5.7 Neiges.....	10
I.5.8 Le grêle.....	10
I.5.9 L'ensoleillement.....	10
I.6 Indices agro-météorologiques .....	10
I.6.1 Classification du climat selon l'indice de De-Matrone .....	10
I.6.2 Classification du climat selon le diagramme d'Emberger.....	11
I.6.3 Classification du climat selon l'indice de Bagnouls et Gausson.....	12
I.7 Etude socio-économique .....	13

## Sommaire

I.7.1	Population.....	13
	Conclusion.....	15
II.	Ressources en sol .....	16
	Introduction .....	16
II.1	Classification des sols .....	16
II.2	Caractéristiques morphologiques et analyse des sols.....	16
II.2.1	Les sols peu évolués .....	16
II.2.1.1	Les sols peu évolués climatiques .....	16
II.2.1.2	Les sols peu évolués d'érosion .....	17
II.2.1.3	Les sols peu évolués d'apport.....	17
II.2.2	Les sols calcimagnésiques.....	19
II.3	Caractéristiques physico-chimique des sols .....	22
II.3.1	CARACTERISTIQUES PHYSIQUES .....	22
II.3.2	CARACTERISTIQUES CHIMIQUES.....	23
II.4	Etude foncière.....	24
II.5	Aptitudes culturales.....	25
II.5.1	DETERMINATION DES APTITUDES CULTURALES DES SOLS .....	25
	Conclusion.....	26
III	Ressources en eau-Hydrologie .....	27
	INTRODUCTION.....	27
III.1	Alimentation en eau du périmètre : le barrage de Mahouane.....	27
III.2	Description du système de transfert .....	27
III.3	Caractéristiques hydrauliques du Barrage de Mahouane .....	28
III.3.1	Qualité de l'eau d'irrigation des eaux du barrage .....	30
III.3.2	Classification des eaux pour l'irrigation .....	30
III.3.3	Composition chimique de l'eau d'irrigation .....	32
III.4	Etude hydrologique .....	33
III.4.1	Choix de la station pluviométrique .....	33
	Tableau III.5 Suite et fin.....	34
III.4.2	Etude statistique des précipitations .....	35
III.4.3	Ajustement statistique des pluies .....	37
III.4.4	DETERMINATION de l'année de calcul :.....	47
	Conclusion.....	48
IV	Besoins en eau des cultures .....	49
	Introduction .....	49

## Sommaire

IV.1	Occupation du périmètre : les cultures envisageables.....	49
IV.2	Besoins en eau des cultures.....	50
IV.2.1	Calcul de l'évapotranspiration.....	50
IV.2.2	Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence (ET <sub>0</sub> ).....	50
IV.2.2.1	Formule Modifiée de Penman-Monteith.....	51
IV.2.3	Calcul de l'évapotranspiration maximale (ETM) : .....	52
IV.2.4	Les coefficients culturaux (K <sub>c</sub> ) .....	52
IV.3	Besoins en eau d'irrigation.....	53
IV.3.1	Détermination de la pluie efficace.....	53
IV.3.2	Choix des cultures .....	54
IV.3.2.1	Culture proposées.....	54
IV.3.2.2	Identification des principaux types d'assolement .....	55
IV.3.2.3	Avantages de la rotation des cultures.....	56
IV.3.3	Cycle végétatif des cultures.....	56
IV.4	Calcul des besoins en eau des cultures.....	57
IV.4.1	Calcul du débit spécifique .....	76
IV.4.2	Evaluation du débit caractéristique .....	76
IV.4.3	Estimation des volumes d'eau d'irrigation.....	77
	Conclusion.....	78
V	Etude du système d'adduction.....	79
	Introduction .....	79
V.1	Alimentation en eau du périmètre .....	79
V.2	Organisation et structure du périmètre .....	79
V.2.1	Ilots et bornes d'irrigation .....	79
V.2.2	Rôle et fonction de la borne d'irrigation .....	79
V.2.3	Calcul hydraulique aux bornes .....	80
V.2.4	Choix du diamètre et du type des bornes .....	80
V.3	Schéma d'aménagement hydro-agricole et variantes d'aménagement .....	82
V.3.1	Dimensionnement du réservoir de distribution .....	83
V.4	Dimensionnement du réseau de distribution .....	83
V.5	Choix du matériau des conduites .....	84
V.5.1	Caractéristiques des canalisations .....	84
V.5.2	Choix du matériau .....	85
V.6	Points spéciaux d'une conduite .....	85
	Conclusion.....	89

## Sommaire

VI	Les techniques d'irrigation.....	90
	Introduction.....	90
VI.1	Différentes techniques d'arrosages.....	90
VI.1.1	L'irrigation de surface.....	90
VI.1.1.1	L'irrigation par ruissellement.....	90
VI.1.1.2	L'irrigation par surpression.....	90
VI.1.1.3	L'irrigation par submersion.....	91
VI.1.1.4	L'irrigation par infiltration.....	91
VI.1.2	L'irrigation par aspersion (pivot).....	91
VI.1.3	L'irrigation localisée (goutte à goutte).....	93
VI.2	Choix des techniques d'arrosage.....	94
VI.2.1	Les contraintes naturelles.....	94
VI.2.1.1	L'évaporation.....	94
VI.2.1.2	Le vent.....	94
VI.2.1.3	Le sol.....	94
VI.2.1.4	La pente.....	94
VI.2.2	Les contraintes techniques.....	94
VI.2.3	Les contraintes agronomiques.....	95
	Conclusion.....	96
VII	Dimensionnement à la parcelle.....	97
	Introduction.....	97
VII.1	Dimensionnement du réseau d'irrigation par aspersion.....	97
VII.1.1	Données générales.....	97
VII.1.2	Dimensionnement théorique.....	98
VII.1.3	Dimensionnement hydraulique des rampes.....	100
VII.1.4	Calcul de la pression en tête du réseau.....	102
VII.2	Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte.....	103
VII.2.1	Introduction.....	103
VII.2.2	Définition.....	103
VII.2.3	Composition d'une installation goutte à goutte.....	103
VII.2.3.1	Point de fourniture d'eau.....	103
VII.2.3.2	Composition de l'unité de tête.....	103
VII.2.3.3	La conduite principale.....	106
VII.2.3.4	Le porte rampe.....	106
VII.2.3.5	Les rampes.....	106

## Sommaire

VII.2.3.6	Les distributeurs .....	106
	Différents types de distributeurs.....	107
VII.2.4	Données générales .....	107
VII.2.5	Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée.....	108
VII.2.6	Calculs hydrauliques.....	111
VII.2.7	Dimensionnement des canalisations du réseau.....	113
VII.2.8	Vérification des pertes de charges .....	114
VII.2.9	Calcul du diamètre de la rampe et vérification des pertes de charges .....	114
VII.2.10	Calcul du diamètre du porte rampe et vérification de la perte de charge .....	114
VII.2.11	Calcul du diamètre de la conduite tertiaire .....	115
VII.2.12	La pression d'eau à la borne de distribution.....	115
	Conclusion.....	116
VIII	Calcul technico-économique .....	117
	Introduction .....	117
VIII.1	Les différents travaux à entreprendre.....	117
VIII.1.1	Travaux concernant l'adduction et le réseau de distribution .....	117
VIII.1.2	Calcul des volumes des travaux de l'adduction et de distribution .....	118
VIII.2	Evaluation du cout de projet .....	119
VIII.2.1	Dépense des travaux .....	119
VIII.3	Calcul des volumes des travaux de l'adduction et de la distribution.....	120
VIII.3.1	Calcul du volume de déblai .....	120
VIII.3.2	Calcul du volume du lit de sable .....	120
VIII.3.3	Calcul du volume de remblai.....	120
VIII.4	Estimation du cout du projet.....	121
VIII.4.1	Estimation du cout de pose de canalisation .....	121
VIII.4.2	Estimation du cout du réseau de distribution.....	121
VIII.5	Devis estimatif du projet.....	122
	Conclusion.....	122
	Conclusion générale .....	123
	Références .....	124
	Annexe .....	I

## Table des figures

<b>Figure I.1</b> Carte de situation de la wilaya de Sétif (Source: O.N.I.D).....	3
<b>Figure I.2</b> Situation géographique de la zone d'étude (02. Boudoukha & Athamena, 2012). .....	4
<b>Figure I.3</b> Extrait qui montre la situation de la zone du projet (Source: O.N.I.D) .....	4
<b>Figure I.4</b> Chevelu hydrographique des plaines Sétifiennes (Source: O.N.I.D) .....	5
<b>Figure I.5</b> Diagramme bioclimatique d'EMBERGER. ....	12
<b>Figure I.6</b> Climogramme pluviométrique de Gausсен. ....	13
<b>Figure I.7</b> Pyramide des âges de la wilaya de Sétif .....	15
<b>Figure III.1</b> Barrage de IGHIL EMDA. (Source: LABBIZE, Colors of Algeria, 2011) .....	29
<b>Figure III.2</b> La digue du barrage de MAHOUANE (Source: ALGERIE PRESSE SERVICE, 2019). .....	29
<b>Figure III.3</b> Conduites de distribution pour l'irrigation (Source: O.N.I.D). ....	30
<b>Figure III.4</b> Diagramme (selon RIVERSIDE) de classification des eaux d'irrigation. ....	32
<b>Figure III.5</b> Ajustement à la loi normale. ....	42
<b>Figure III.6</b> Ajustement à la loi Log normale.....	46
<b>Figure IV.1</b> Rotation des légumes (Source: Center Blog 2017 ).....	57
<b>Figure VI.1</b> L'irrigation par pivot (19. Saiyouri, 2012).....	92
<b>Figure VI.2</b> La rampe frontale (12. Mbakwe, et al., s.d.). ....	93
<b>Figure VI.3</b> Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage. ....	95
<b>Figure VII.1</b> Pompes doseuses pour engrais chimiques (Source: skyplant, greenhouse automatic proportional pump).....	104
<b>Figure VII.2</b> Filtre à tamis (Source: Cours de filtration azprocede). ....	104
<b>Figure VII.3</b> Filtre à sable (Source: Cours de filtration azprocede). ....	105
<b>Figure VII.4</b> Filtre à gravier (Source: Cours de filtration azprocede). ....	105
<b>Figure VII.5</b> Injecteur d'engrais (Source: Cours de filtration azprocede). ....	106
<b>Figure VII.6</b> Schéma type d'un réseau d'irrigation en goutte à goutte (21. Vermeiren & Jobling, 1980) .....	107
<b>Figure VIII.1</b> Schéma d'une tranchée. ....	118

## Liste des tableaux

<b>Tableau I.1</b> Précipitations mensuelles de la station de Sétif (1980 - 2017).....	8
<b>Tableau I.2</b> Données de températures recueillis dans la station de Sétif en °C. ....	8
<b>Tableau I.3</b> Les valeurs de l'humidité relative de l'air en %. ....	9
<b>Tableau I.4</b> La vitesse du vent en m/s.....	9
<b>Tableau I.5</b> Nombre de jours de sirocco durant l'année. ....	9
<b>Tableau I.6</b> Nombre moyen de jours de gelée blanche.....	10
<b>Tableau I.7</b> Moyenne mensuelle de l'insolation. ....	10
<b>Tableau I.8</b> Caractéristiques climatiques .....	11
<b>Tableau I.9</b> Répartition en tranche d'âge et par sexe de la population de la wilaya de Sétif .	14
<b>Tableau II.1</b> Résultat analytique du profil 1 .....	18
<b>Tableau II.2</b> Résultat analytique du profil 2 .....	21
<b>Tableau II.3</b> Distribution du foncier à la zone d'étude par classes.....	24
<b>Tableau III.1</b> Fiche synoptique du barrage de MAHOUANE.....	28
<b>Tableau III.2</b> Classe des eaux en fonction de la conductivité électrique.....	31
<b>Tableau III.3</b> Composition chimique de l'eau du barrage.....	32



<b>Tableau III.4</b> Caractéristiques de la station pluviométrique.....	33
<b>Tableau III.5</b> Pluie moyenne mensuelle observé de la station de Aeroport de Setif.....	33
<b>Tableau III.6</b> Test de Wilcoxon de la station de Sétif, Ain Arnat. ....	35
<b>Tableau III.7</b> Ajustement à la loi normale.....	39
<b>Tableau III.8</b> Les résultats de l’ajustement selon la loi de GAUSS. ....	39
<b>Tableau III.9</b> Ajustement à la loi log normale.....	43
<b>Tableau III.10</b> Les résultats de l’ajustement selon la loi Log Normal. ....	44
<b>Tableau III.11</b> Test de validité de l'ajustement.....	46
<b>Tableau III.12</b> Année de calcul. ....	47
<b>Tableau IV.1</b> La situation des cultures à la zone à aménager. ....	49
<b>Tableau IV.2</b> Calcul de l’évapotranspiration de référence à l’aide de CROPWAT 8.0. ....	52
<b>Tableau IV.3</b> Calcul des pluies efficaces pour chaque mois en mm. ....	53
<b>Tableau IV.4</b> Scénarios d’occupation du sol par l’ensemble de l’exploitation du périmètre. ....	54
<b>Tableau IV.5</b> Occupation de sol en fonction des cultures. ....	54
<b>Tableau IV.6</b> Les assolements proposés. ....	55
<b>Tableau IV.7</b> Cycle végétatif des cultures. ....	56
<b>Tableau IV.8</b> Calcul des besoins en eau du blé tendre.....	58
<b>Tableau IV.9</b> Calcul des besoins en eau du l’orge en vert.....	59
<b>Tableau IV.10</b> Calcul des besoins en eau d’avoine. ....	60
<b>Tableau IV.11</b> Calcul des besoins en eau du pois chiche. ....	61
<b>Tableau IV.12</b> Calcul des besoins en eau du haricot vert. ....	62
<b>Tableau IV.13</b> Calcul des besoins en eau du chou.....	63
<b>Tableau IV.14</b> Calcul des besoins en eau du melon. ....	64
<b>Tableau IV.15</b> Calcul des besoins en eau du Fève.....	65
<b>Tableau IV.16</b> Calcul des besoins en eau d’ail.....	66
<b>Tableau IV.17</b> Calcul des besoins en eau de la pomme de terre (été). ....	67
<b>Tableau IV.18</b> Calcul des besoins en eau de la luzerne. ....	68
<b>Tableau IV.19</b> Calcul des besoins en eau de la betterave sucrière. ....	69
<b>Tableau IV.20</b> Calcul des besoins en eau d’oignon .....	70
<b>Tableau IV.21</b> Calcul des besoins en eau de la carotte.....	71
<b>Tableau IV.22</b> Calcul des besoins en eau des pêcher. ....	72
<b>Tableau IV.23</b> Calcul des besoins en eau des pommiers. ....	73
<b>Tableau IV.24</b> Récapitulatif des besoins pour l’assolement I.....	74
<b>Tableau IV.25</b> Récapitulatif des besoins pour l’assolement II. ....	75
<b>Tableau IV.26</b> Volume d’eau d’irrigation. ....	77
<b>Tableau V.1</b> Volume d’eau d’irrigation. ....	80
<b>Tableau V.2</b> Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes. ....	81
<b>Tableau V.3</b> Les paramètres de perte de charge.....	84
<b>Tableau V.4</b> Les paramètres de perte de charge.....	86
<b>Tableau VII.1</b> Résultat du calcul pratique d’aspersion.....	102
<b>Tableau VII.2</b> Calcul du diamètre de la conduite tertiaire.....	115
<b>Tableau VII.3</b> Tableau récapitulatif.....	115
<b>Tableau VIII.1</b> Calcul du volume du déblai. ....	120
<b>Tableau VIII.2</b> Calcul du volume du lit de sable.....	120

## Liste des figures et des tableaux

<b>Tableau VIII.3</b> Calcul du volume de remblai.....	121
<b>Tableau VIII.4</b> Estimation du cout de pose de la conduite d'adduction. ....	121
<b>Tableau VIII.5</b> Facture des différents types de conduites du réseau de distribution (Fourniture et pose). ....	121

## **Liste des annexes**

<b>Annexe 1</b> .....	I
<b>Annexe 2</b> Fiche technique d'un arroseur .....	II
<b>Annexe 3</b> Les prix des conduites PEHD d'après l'entreprise kouGC .....	III
<b>Annexe 4</b> Les prix des conduites en fonte d'après l'entreprise kouGC (Fourniture et pose)..	IV
<b>Annexe 5</b> Les prix des conduites au-dessus de Ø1000 en fonte d'après CHIALI SERVICES (Fourniture et pose). .....	V

## **Liste de planches**

**Plan de situation**

**Plan d'adduction**

**Plan de distribution**

**Profil en long**

**Projection d'un réseau goutte à goutte**

**Projection d'un réseau d'aspersion**

## Introduction générale

En 2050, la population mondiale aura atteint 9 milliards (11. MANNING, 2015). Cette évolution nécessite une augmentation de la production agricole, qui s'accompagne d'une augmentation de la consommation d'eau. Le secteur agricole est confronté à d'énorme défi d'augmenter la production des produits alimentaires de presque 50% d'ici 2030 et de faire doubler en 2050 (08. FAO, 2005) et donc La demande en eau agricole serait élevée. C'est dans ce contexte que les agriculteurs sont tenus à augmenter l'efficacité de l'utilisation de l'eau et améliorer sa gestion agricole, tout en préservant les écosystèmes (01. Aharbous, 2011). Aujourd'hui près de la moitié des besoins alimentaires mondiaux sont couverts par l'agriculture irriguée qui va devoir contribuer à cette augmentation. Dans un contexte d'accroissement du stress hydrique, dû à une raréfaction de la ressource en eau et à une compétition plus sévère pour l'utiliser, le développement et l'optimisation des systèmes hydro-agricoles constituent une des pistes pour satisfaire les besoins agricoles tout en préservant l'environnement. En Algérie au Nord comme au Sud, on assiste au retour de grands projets d'aménagement hydro-agricoles. L'objectif principal de ces projets est d'assurer l'eau d'irrigation pour des secteurs agricoles irrigués situés dans des régions agricoles majeures. Ces secteurs agricoles doivent aussi engager d'importantes mutations pour faire face à la fois aux enjeux de partage de l'eau entre les usagers et aux objectifs d'optimisation du rendement agricole.

La disponibilité en eau pour l'irrigation constitue l'une des principales conditions de l'amélioration de la production, car les zones irriguées sont plus productives que les zones non irriguées, mais comme la situation de l'agriculture en Algérie reste très délicate, la production agricole est étroitement liée à l'intensification de l'agriculture qui ne peut se faire qu'à partir des systèmes d'irrigation modernes.

Le développement de l'agriculture est encore loin et va dépendre de la réalisation d'infrastructures hydrauliques, du renouvellement des populations agricoles et de la gestion des secteurs agricoles.

Le développement nécessite la mise en valeur du potentiel hydraulique, ainsi qu'une politique et une planification des ressources en eau de toutes les infrastructures de mobilisation de l'eau (barrages, réseaux d'irrigation l'épuration des eaux usées, etc...).

Aujourd'hui Les agriculteurs craignent une sécheresse qui pourrait compromettre leurs récoltes. Une situation qui peut entraîner des interruptions de l'approvisionnement des marchés de fruits et légumes, ce qui pourrait entraîner des pénuries de certains aliments.

Dans ce travail nous proposons d'apporter notre contribution et proposer une étude pour l'aménagement hydro-agricole des plaines Sétifiennes tout en permettant de réaliser les transformations nécessaires pour irriguer la zone délimitée, avec l'eau provenant du barrage de « **Mahouane** ». Les différents axes de notre étude sont divisés en deux parties :

La première partie, dans laquelle on va :

- Présenter la zone où se trouve le périmètre ;
- Analyser les composantes climatiques, dont l'analyse hydrologique est indispensable ;

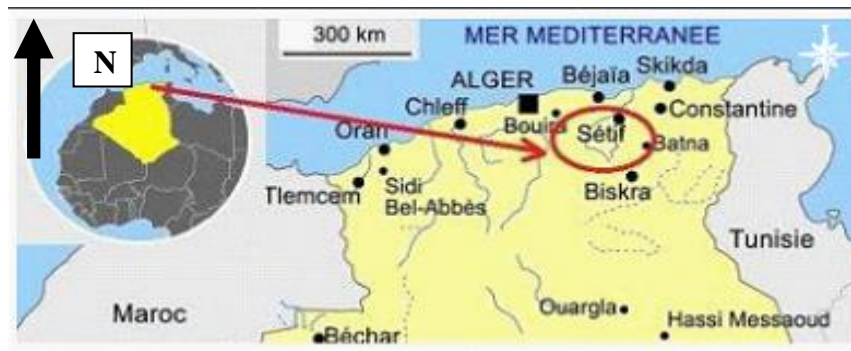
## Introduction générale

- Apprécier les potentialités du sol à travers la détermination de ses caractéristiques physico-chimiques et son aptitude, ainsi que l'évaluer la qualité des eaux ;
- Déterminer les besoins en eau des cultures plus le débit spécifique et la quantité d'eau nécessaire pour assurer l'irrigation.

La deuxième partie englobe l'étude technique, dans laquelle on va :

- Dimensionner les bornes et le réseau d'adduction et de distribution ;
- Dimensionner un réseau d'irrigation performant pour améliorer le rendement des cultures ;
- Finaliser le travail par un chapitre du calcul technico-économique et estimer le cout du réseau d'adduction et de distribution.





(Echelle : 1/ 1 000 000)

**Figure I.2** Situation géographique de la zone d'étude (02. Boudoukha & Athamena, 2012).

Cette situation confère à la ville de Sétif un climat continental avec un hiver très froid et un été très chaud.

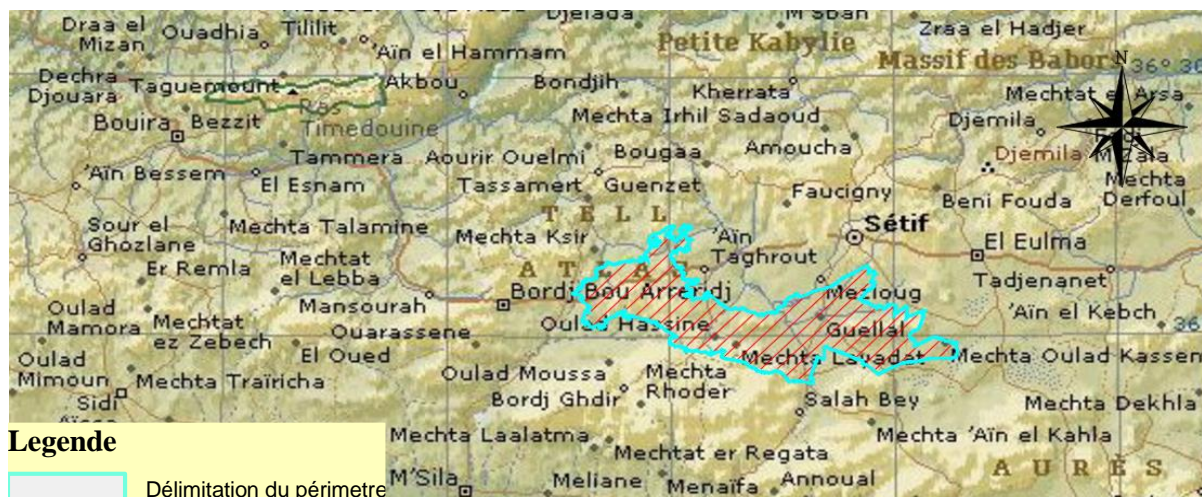
La région est connue par ses potentialités édaphiques particulièrement les hautes plaines Sétifiennes. Ces plaines qui englobent une surface de 28.228 hectares bruts sont étendues entre les wilayas de Sétif et de Bordj Bou Arreridj.

La zone d'étude occupe une superficie de 15 000 ha, Nous avons distingué deux plaines :

La plaine de Mezloug est entièrement située dans la wilaya de Sétif. Cette plaine est à plus de 1000 mètres d'altitude et à 300 Km à l'Est d'Alger. Elle est limitée :

- À l'Est par Ain Arnat – Mezloug ;
- À l'Ouest par Bir Kasdali ;
- Au Nord par les monts de la chaîne des Babors ;
- Et au sud par les crêtes du Hodna.

La plaine d'Ain Taghrout se localise à la limite de la Wilaya de Bordj Bou Arreridj. Cette plaine est limitée au Nord par les monts des Babors, à l'est par Ain Arnat Mezloug. L'irrigation des plaines se fera à partir du barrage de Mahouane, situé sur le cours supérieur de l'oued Bou Sellam et qui sera alimenté par le barrage d'Ighil Emda.



(Echelle : 1/1000 000)

**Figure I.3** Extrait qui montre la situation de la zone du projet (Source: O.N.I.D)

### I.1.2 Voies de communication

Les principales voies de communication traversant la zone d'étude sont, le RN 5 d'Alger à Constantine et les CW 64A de Bir Kasd Ali à Ain Melila, CW 38 entre Bir Kasd Ali et Ain Taghrout, CW 63 entre Ain Taghrout et Bougaa, CW 140 qui unit la RN 5 et la CW 140A qui unit Mezloug et la CW 64, la RN 28 qui unit Sétif avec Mezloug et Ain Oulmane et la CW 113 qui unit Guellal et Guidjel. La zone n'est pas excessivement fragmentée par des voies de communication et non plus par des zones urbaines nombreuses ni grandes, prédominant les terrains agricoles. La voie ferrée entre Alger et Sétif traverse aussi le périmètre de sud au nord, pénétrant dans celui-ci par le sud des kilomètres à l'est du barrage de Tixter, et traverse le périmètre jusqu'à arriver à la ville de Mezloug.

## I.2 Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique de la région s'est trouvé désorganisé par l'effet combiné de la tectonique et le contraste climatique entre le Nord subhumide et le Sud semi-aride. Ceci a conduit à l'installation d'un réseau hydrographique permanent au Nord représenté principalement par oued Bousselem qui se jette dans la mer et temporaire au Sud, drainé par les chotts et les sebkhas. Notre zone d'étude est traversée par un ensemble important d'oued. Les principaux oueds qui traversent la région étudiée et par zones sont les suivants :

1- Zone de Mezloug :

Oued Bou Sellam

2- Zone intermédiaire :

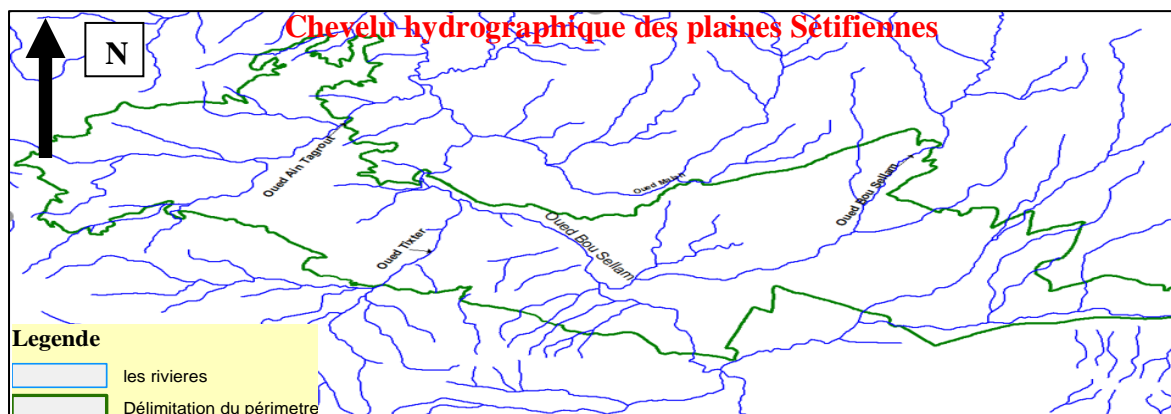
Oued Bou Sellam

Oued Tixter

3- Zone de Ain Taghrout:

Oued Ain Taghrout

La région située au nord de Sétif est drainée par l'oued Bou Sellam, d'axe sensiblement Nord – sud, et son affluent de rive droite, l'oued El Guessar, sur lequel sera implantée la retenue de Mahouane.



(Echelle : 1/1000 000)

**Figure I.4** Chevelu hydrographique des plaines Sétifiennes (Source: O.N.I.D)



### **I.3 Géologie**

La région étudiée appartient à la chaîne Alpine qui constitue l'ossature des reliefs de toute l'Algérie septentrionale au nord de la flexure saharienne. Cette orogénèse n'est elle-même qu'une partie des chaînes qui ceignent la Méditerranée occidentale depuis les îles des Baléares (03. BOUDOUKHA & ATHMENA, 2010). À l'échelle régionale, entre les séries telliennes au Nord et les séries hodnéennes au Sud, apparemment semblables (marnes épaisses et riches intercalations lumachelliques) s'interposent des faciès de mer agitée très peu profonde et d'une grande homogénéité, qui définissent l'organisation sétifienne (03. BOUDOUKHA & ATHMENA, 2010). Cet ensemble formé par un alignement de petits reliefs carbonatés et gréseux (23. VILA, 1980), appelé « ensemble ou domaine sud sétifien », s'étend sur une aire de plus de 120 km d'Est en Ouest et de 60 km du Nord au Sud entre le méridien de Ain Taghrout à l'Ouest et celui de Ain M'Lila à l'Est (03. BOUDOUKHA & ATHMENA, 2010).

Le périmètre d'irrigation en étude est situé au plaines Sétifiennes, ces plaines sont principalement des formations quaternaires, et quelques formations calcaires. Cependant on rencontre aussi des formations du mio-pliocène à l'Ouest de la zone d'étude.

#### **I.3.1 Les formations quaternaires**

Alluvions récentes ou actuelles : ce sont surtout des limons et des graviers rencontrés le long des oueds et quelques galets gréseux provenant du moi-pliocène qui se caractérise par un mauvais drainage. Ce qui permet le développement d'une végétation herbacée et qui constitue d'excellents pâturages.

Terres arables, formation de pente, alluvions anciennes et quaternaire indéterminé : ce sont des placages limoneux qui eux ne sont qu'exceptionnellement inondables et sur lesquels s'est installés des sols bruns calcaires.

Villafranchien probable : calcaires lacustres, sols à croute, cailloutis fluviaux, ces niveaux sont ravinés par des argiles. Sur les croutes sont installés des sols peu profonds ou la partie la plus récente est une nouvelle croute dont l'épaisseur est comprise généralement entre 2 à 10 cm, alimentée en carbonate par la croute massive et que les labours doivent disloquer.

#### **I.3.2 Les formations mio-pliocènes**

Mio-pliocène continental : sables, limons rougeâtres, cailloutis et conglomérats. C'est une puissante accumulation de cailloutis de limons rougeâtres argilo-sableux ou marno-calcaires qui correspond à des épandages fluviaux dans un bassin dépendant de la dépression Sétifienne.

### **I.4 Relief**

La wilaya de Sétif est appelée capitale des hauts plateaux, décomposé de 3 grandes zones:

- La zone montagneuse ;
- Les hautes-Plaines ;
- La frange semi-aride.

#### **I.4.1 Zones montagneuse**

Constituée de trois (3) masses montagneuses :

- Les monts de Babor : Représentée par la chaîne des Babors qui s'étend sur une centaine de kilomètres couvrant pratiquement le Nord de la wilaya où se rencontrent des cimes élevées dont djebel Babor avec 2004 m d'altitude. C'est le domaine de la petite agriculture dominée par l'olivier et d'autres espèces rustiques (14. Mihi, 2012).
- Les monts des Bibans : dont l'extrémité orientale couvre le Nord-Ouest de la wilaya. - Les monts de Hodna : s'étalent sur le Sud et Sud-Ouest de la wilaya. L'altitude atteint 1.890m à Djebel-Afgane.
- La zone montagneuse du Djebel Boutaleb est une zone au relief très escarpé, couverte par une végétation forestière dense. Cette zone occupe 2.871,61km<sup>2</sup> soit 43,84% de la superficie de la wilaya avec 34 communes (24. Zerroug, 2012).

#### **I.4.2 Zone des hautes plaines**

Cette région s'enferme entre les masses montagneuses. Elle occupe la partie centrale de la wilaya dont superficie est de 3.217,19km<sup>2</sup> et occupe 22 communes, L'altitude de cette région varie entre 900 et 1.200m (24. Zerroug, 2012). Elle constitue les déversoirs des nombreux petits oueds des hautes plaines. C'est la région de la céréaliculture semi intensive, voire extensive de l'élevage et du maraîchage de saison (14. Mihi, 2012).

#### **I.4.3 Les frange semi-aride**

Située dans le Sud et le Sud Est de la wilaya, où l'altitude dépasse rarement les 900m. Cette zone pratiquement plate couvre une superficie de 10% de l'espace de la wilaya et se caractérise par la présence des 'chotts' ou dépression salées. Elle abrite des chotts : - Chott El Brida (Hammam Sokhna). - Chott El Ferraine (Ain-Lahdjar). - Sebkhet Melloul (Guellal). - Sebkhet Bazer (Sud Bazer Sakra) (24. Zerroug, 2012).

### **I.5 Conditions climatiques**

Le climat est un facteur primordial qui conditionne la vie végétale ainsi que la production agricole. Tous les facteurs climatiques à savoir : température, vent, précipitation, l'humidité relative, nébulosité et l'évaporation influent sur les cultures envisagées dans leurs cycles végétatifs et sur leurs besoins en eau et c'est pour cela que le climat est l'un des facteurs qui entre dans le choix des cultures.

Les hautes plaines sétifiennes se caractérisent par un climat de type méditerranéen. Il est caractérisé par une saison estivale longue, sèche et chaude, avec parfois un vent du sud sec (Sirocco). La saison hivernale est pluvieuse, fraîche sinon froide, marqué aussi par des chutes de neiges et des gelées. Les pluies sont irrégulières d'une année à une autre (05. Djebaili, 1978) (10. Kerfouchi, 1984) (06. Djellouli, 1990). Pour faire l'étude et la synthèse climatique, nous nous sommes basés sur les données enregistrées dans les stations existantes dans notre région d'étude.

#### **I.5.1 Pluviométrie**

Le régime pluviométrique est irrégulier en quantité et en intensité. Cette région est caractérisée par une saison pluvieuse de septembre à mai, si bien que la répartition des précipitations présente une grande variabilité interannuelle. Une grande partie de la pluie peut se concentrer en quelques semaines et se présenter sous forme d'intenses averses. Les précipitations se produisent principalement sous forme de pluie et la région reçoit une lame d'eau annuelle qui varie entre 600 et 700 mm au Nord-Ouest, 300 et 400 mm au centre et 200

et 250 mm à l'Est. De grandes sécheresses sont suivies le plus souvent par des pluies torrentielles (13. MEBARKI, 2009). Les vents froids d'hiver et de printemps provenant du nord et nord-ouest influent sur les périodes de pluviosité et exercent une action sur la réserve hydrique du sol. Les pluies annuelles moyennes de notre zone d'étude située à l'ouest de la ville de Sétif sont de 462mm/an.

L'observation des précipitations moyennes mensuelles de 1980 à 2017 indiquent une instabilité du niveau des précipitations pour chaque mois durant la période considérée. D'après le tableau, le mois de Mai est le mois le plus pluvieux et on remarque aussi que 87 % des précipitations annuelle tombent durant les mois d'automne, d'hiver et de printemps tandis que la saison estivale se constitue que 13% des précipitation totales annuelles. On peut également constater que dès l'automne, les premières précipitations orageuses font leur apparition.

**Tableau I.1** Précipitations mensuelles de la station de Sétif (1980 - 2017).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Pluies (mm)	44.32	45.54	40.11	46.17	46.65	38.9	44.7	45.17	49.65	29.75	13.15	17.91

### I.5.2 Température

La température moyenne annuelle varie entre 13 °C au Nord et 15 °C au Sud; la valeur moyenne minimale correspond au mois de janvier (3 °C) alors que la valeur moyenne maximale (27 °C) coïncide avec le mois d'août. Ceci a abouti à un climat subhumide au Nord et semi-aride au Sud (13. MEBARKI, 2009).

Pour l'étude du climat dans notre zone d'étude, nous nous sommes référées à la station météorologique de Ain arnat .

De façon générale, à Sétif l'hiver est très froid notamment le mois de janvier avec une température minimale moyenne de 1°C.

Par contre l'été se caractérise par une température moyenne maximale pendant le mois de juillet qui avoisine les 33.8°C.

Le risque de gelée s'observe à partir du mois de novembre pour atteindre le maximum pendant la période de décembre à février. Il disparaît fin mars.

Le tableau 2 englobe les températures de l'air d'après les données de la station météorologique de Ain arnat s'étalant sur une période de 20 ans d'observation comme indiqué.

**Tableau I.2** Données de températures recueillis dans la station de Sétif en °C.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Min (°C)	1.2	1.8	3.9	6.3	10.5	15.1	18.7	18.7	14.8	10.8	5.6	2.3	9.1
Max (°C)	9.9	11.2	14.5	18	23.4	29.6	33.8	33.2	27.4	21.9	14.85	10.7	20.7
Moy (°C)	5.5	6.5	9.2	12.1	17	22.3	26.2	26	21.2	16.5	10.2	6.4	14.9

### I.5.3 Humidité relative

L'humidité relative ou état hydrométrique (exprimé en %) est le rapport de la tension de vapeur à la tension maximale. La moyenne mensuelle de l'humidité relative est de 70% à Sétif.

**Tableau I.3** Les valeurs de l'humidité relative de l'air en %.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Humidité	85	73	81	85	83	77	76	72	65	62	52	50

(Source ONID)

**I.5.4 Vent**

Les vents influent considérablement sur le l'évapotranspiration, de plus ils représentent un facteur important dans le cas de l'irrigation par aspersion.

En hiver les vents dominants sont les vents du Nord et Nord Est. A partir du mois du Mai et durant l'été le vent dominant est le siroco. C'est un vent du sud, il est chaud et desséchant, il rassemble en réalité deux types de vents ; le Chergui qui souffle du désert de Lybie et du sud Tunisien, et le Guebli qui souffle du Sahara Algérien (20. Toubal & Boumaza, 1986). Il contribue à augmenter l'évapotranspiration des végétaux pendant la saison chaude (Mai à Octobre), il souffle à son maximum en été. En raison de son origine, ce vent est souvent chargé de poussières sableuses plus au moins denses, ce qui affecte les plantes, notamment lorsqu'il souffle au moment de leur floraison. Au cours de l'année, les vents dominants sont de direction Nord-Ouest. La moyenne annuelle de la force du vent est de 2.9m/s. La fréquence de la direction du vent est présentée dans le tableau suivant :

**Tableau I.4** La vitesse du vent en m/s.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Vent	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9	3.1	3.1	2.9	2.9	2.9	2.7	2.8

(Source ONID)

**I.5.5 Le sirocco**

Le sirocco est fréquent dans la zone d'étude, il se manifeste de Mai à Septembre, ce vent sec et chaud peut causer des dégâts importants aux cultures en faisant augmenter la température et en asséchant le sol. Le nombre moyen de jours de sirocco est de 40.8 à Bir Kasd Ali et 15.8 à Sétif.

**Tableau I.5** Nombre de jours de sirocco durant l'année.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Jours	0	0	1	2	1	2	3	2	2	2	1	0

(Source ONID)

**I.5.6 Le gelé**

Le problème des gelées est particulièrement important dans les Plaines Sétifiennes. Le maraîchage et les autres espèces sensibles subissent régulièrement des dégâts dus au gel. Ce phénomène par son intensité, sa fréquence et sa localisation conditionnent l'établissement de vergers et l'implantation de cultures nouvelles dans le futur périmètre irrigué.

Le risque de gelée se produit lorsque le minimum moyen de température se situe au-dessous de 10°C. Le phénomène s'observe à partir du mois de novembre pour atteindre le maximum pendant la période de décembre à février. Il disparaît fin mars.

La gelée blanche est un phénomène très fréquent au plaines Sétifiennes. Il correspond à un dépôt de cristaux de glace sur une surface refroidie par rayonnement nocturne.

**Tableau I.6** Nombre moyen de jours de gelée blanche.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
Jours	7.8	6.4	4.2	1.8	0.1	0	0	0	0	0.9	3.6	9.3	33.5

(Source ONID)

### I.5.7 Neiges

Sur les hautes plaines sétifiennes, les chutes de neige tombent pendant plusieurs jours de fin novembre à début Avril, soit 17 jours en moyenne par an. L'enneigement est important. Les quantités d'eau produites par la neige vont alimenter les nappes, principalement, celles de la terrasse alluviale.

### I.5.8 Le grêle

La grêle est un phénomène qui se produit fréquemment d'Avril à Mai. On observe en moyenne quatre averses de grêle dans l'année.

### I.5.9 L'ensoleillement

La quantité d'heures d'ensoleillement dans la région est élevée : la moyenne annuelle est de 8.2 heures par jour. L'ensoleillement annuel total est de 2990 heures réparties entre 1169 heures en hiver et 1821 heures en été.

**Tableau I.7** Moyenne mensuelle de l'insolation.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Mois
h/j	9.33	7.16	5.73	4.03	6.32	7.86	7.55	8.63	8.52	11.13	11.9	10.16	h/j

(Source ONID)

## I.6 Indices agro-météorologiques

### I.6.1 Classification du climat selon l'indice de De-Matrone

Le type de la zone climatique est déterminé à partir des données climatiques citées antérieurement, introduits à la formule de « De Martone ».

$$I = P / (T + 10) \quad (I.1)$$

Avec :

$I$  : Indice d'aridité ;

$P$  : Pluviométrie annuelle en mm ;

$T$  : Température moyenne annuelle de l'air en °C.

AN :

$$I = \frac{462}{14.9 + 10}$$

$$I = 18.55$$

Les limites des zones climatiques d'après l'indice de « De Martonne » sont données dans le tableau suivant :

**Tableau I.8** Caractéristiques climatiques

Valeur de l'indice d'aridité	Type de climat
$I < 5$	Désertique
$5 < I < 10$	Très sec (aride)
$10 < I < 20$	Sec (semi-aride)
$20 < I < 30$	Relativement humide (sub-humide)
$I > 30$	Humide

Source : Bulletin n°24 FAO.

Au vu des valeurs de l'indice d'aridité obtenues, à partir de la formule « De Martonne », le périmètre des plaines Sétifiennes dont fait objet cette étude, se trouve dans l'étage bioclimatique sec (semi-aride).

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

Le quotient pluviométrique ou indice climatique d'Emberger sert à définir les cinq différents types de climats méditerranéens, depuis le plus aride, jusqu'à celui de haute montagne, il s'exprime comme suit :

$$Q = (2000 * P)/(M^2 - m^2) \quad (I.2)$$

Avec :

$Q$  : Coefficient pluviométrique d'Emberger.

$P$  : Précipitation moyenne annuelle (mm).

$M$  : Température maximale maximale du mois le plus chaud (Kelvin).

$m$  : Température minimale du mois le plus froid (Kelvin).

AN :

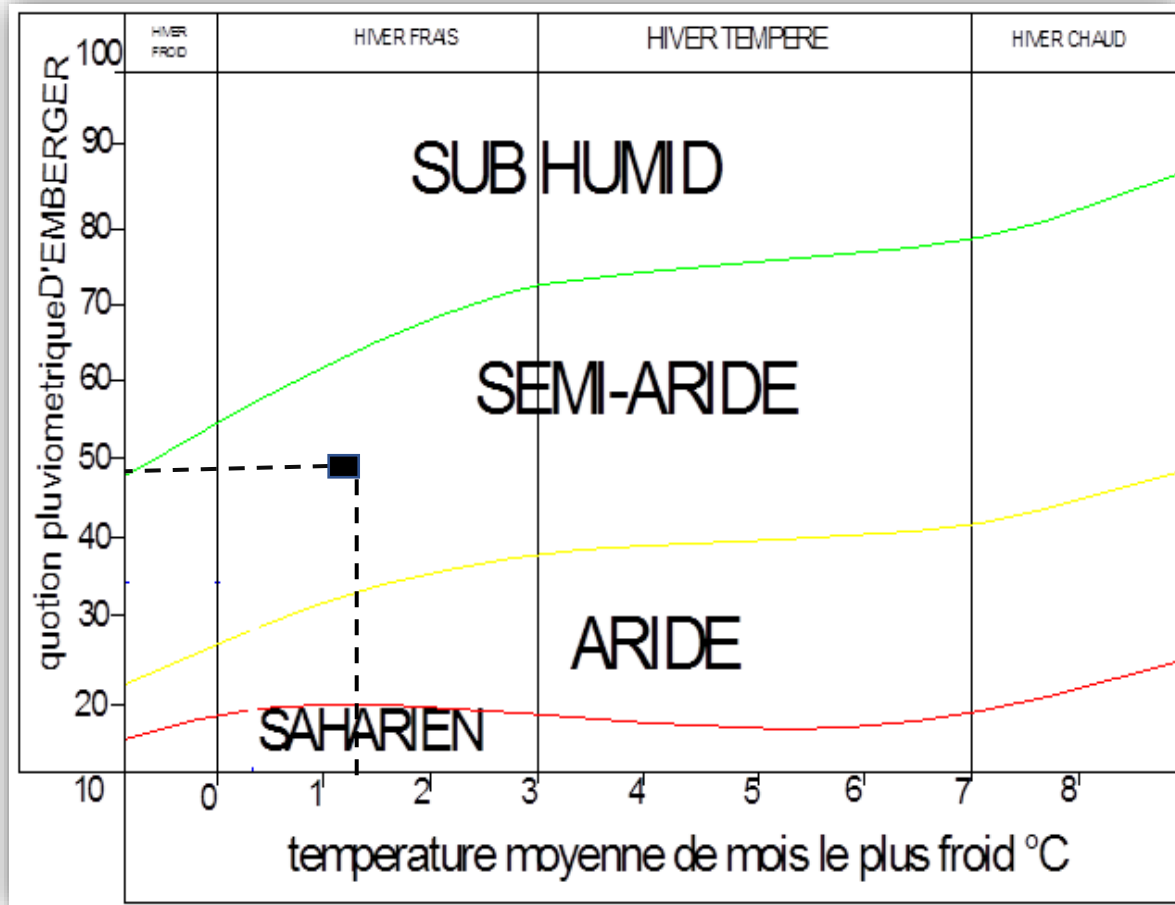
$$P = 462 \text{ mm}$$

$$M = 33.8 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$m = 1.2 \text{ }^\circ\text{C}$$

En remplaçant dans (I.2), on aura :

$$Q = 48.78 \text{ mm}$$



**Figure I.5** Diagramme bioclimatique d'EMBERGER.

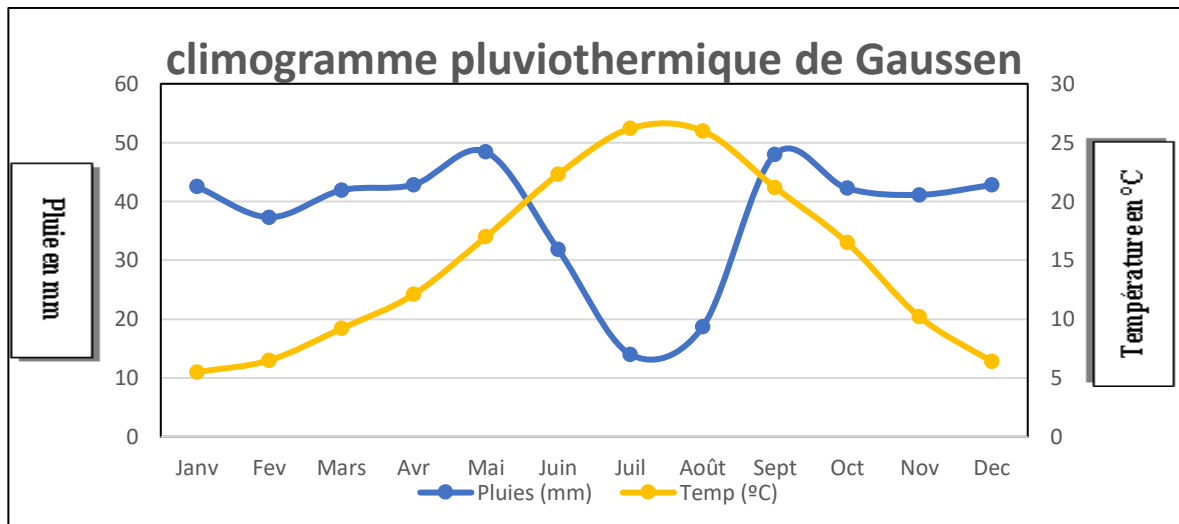
D'après le diagramme bioclimatique d'EMBERGER on peut dire que le climat de notre région est un climat semi-aride.

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

L'aridité est un phénomène climatique impliquant une pluviométrie faible, Dans les régions dites arides, les précipitations sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle (notée ETP).

Selon Henry Gaussen une période donnée est dites aride si :  $P < 2 \times T$

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



**Figure I.6** Climogramme pluviométrique de Gausсен.

D'après BAGNOULS et GAUSSEN (1953), un mois sec est un mois où les précipitations sont inférieures à 2 fois la température moyenne mensuelle ( $P < 2T$ ).

D'après le graphique, la période sèche s'étend sur plus de 5 mois ce qui confirme le caractère semi-aride de cette zone.

## I.7 Etude socio-économique

### I.7.1 Population

La population de la wilaya de Sétif est estimée en 2004 à 1 494 449 Hab, et en 2008 à 1 496 million. Elle est répartie sur 60 communes avec des densités de population très variables. Cette densité présente une forte étendue. Les valeurs extrêmes peuvent aller jusqu'à 2 140 hab / km<sup>2</sup>.

La densité moyenne pour la wilaya est de 228 hab. / km<sup>2</sup>. En ce qui concerne les communes concernées par le projet on peut relever les caractéristiques suivantes :

La commune de Mezoug a une population de 15 360 habitants avec une densité de 113 hab/km<sup>2</sup>.

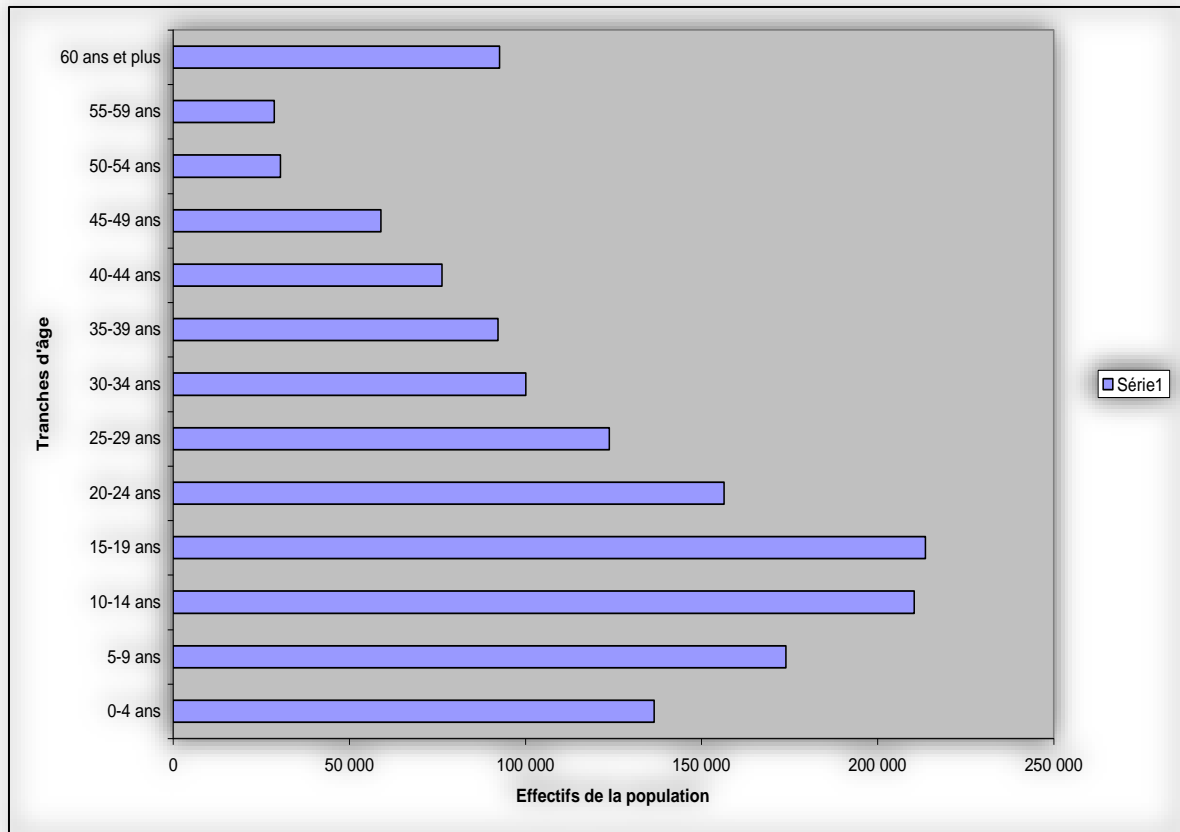
La commune de Guellal à une population de 22 321 habitants avec une densité de 178 hab/ km<sup>2</sup>.

La commune de Guedjel a une population de 32 329 habitants avec une densité de 140 hab/km<sup>2</sup>.



**Tableau I.9** Répartition en tranche d'âge et par sexe de la population de la wilaya de Sétif

Age \ Sexe	Sexe		Ensemble	%
	Masculin	Féminin		
0-4 ans	68.832	67.761	136.593	<b>9.14</b>
5-9 ans	88.706	85.247	173.953	<b>11.64</b>
10-14 ans	107.253	103.165	210.418	<b>14.08</b>
15-19 ans	108.011	105.544	213.555	<b>14.29</b>
20-24 ans	79.786	76.683	156.469	<b>10.47</b>
25-29 ans	61.743	62.146	123.883	<b>8.29</b>
30-34 ans	49.979	50.150	100.129	<b>6.70</b>
35-39 ans	46.614	45.593	92.207	<b>6.17</b>
40-44 ans	38.714	37.653	76.367	<b>5.11</b>
45-49 ans	31.084	27.947	59.031	<b>3.95</b>
50-54 ans	15.031	15.455	30.486	<b>2.04</b>
55-59 ans	13.551	15.142	28.693	<b>1.92</b>
60 ans et plus	45.443	47.216	92.659	<b>6.20</b>
<b>Ensemble</b>	<b>754.747</b>	<b>739.702</b>	<b>1494.449</b>	<b>100</b>
%	50.50	49.50	100%	-



**Figure I.7** Pyramide des âges de la wilaya de Sétif

On remarque que la pyramide des âges est très large à la base ce qui indique une population jeune.

### Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié les conditions naturelles de la zone d'étude qui nous ont amenés aux conclusions suivantes :

Le périmètre d'irrigation des plaines Sétifiennes présente une pluviométrie annuelle de 462 mm

Les paramètres climatiques et agro-météorologiques indiquent que la zone d'étude est relativement semi-aride.

La population est jeune et donc elle constitue un volant de main d'œuvre important. L'introduction de l'irrigation est donc indispensable pour un développement des cultures et une intensification de l'agriculture dans cette zone.

## II. Ressources en sol

### Introduction

Le sol est la partie superficielle de l'écorce terrestre résultant de l'altération de la roche mère sous l'action du climat et des organismes vivants. Le sol est dans l'ensemble hétérogène constitué de composantes minérales, qui ont été décomposé avec le temps, à partir d'une roche mère due aux facteurs climatiques (09. Gobat, et al., 2010).

Sa composition doit permettre un bon approvisionnement en éléments nutritifs (N,P,K), en eau et en oligo-éléments, sa couleur foncée traduit sa richesse en carbone.

L'étude pédologique du sol d'un périmètre a pour but :

- Apprécier les potentialités des terres vis-à-vis de l'irrigation ;
- Fournir les données fondamentales caractérisant les relations eau-sol.

### II.1 Classification des sols

La classification des sols utilisée est celle de la (04. CPCS, 1967), conjointement avec celle de (18. RUELLAN, 1970), sur les sols méditerranéens calcaires.

Les critères de classification utilisés sont surtout : la profondeur, la teneur en calcaire total et actif (forme d'accumulation de calcaire), hydromorphie, halomorphie et la recalcarification.

La prospection pédologique et l'analyse des différents échantillons prélevés ont révélés l'existence de deux (02) classes :

- Classe des sols peu évolués ;
- Classe des sols calcimagnésiques (peu différenciés et différenciés).

Les sols calcimagnésiques occupent la plus grande superficie car on se trouve dans la voie calcimorphe les sols peu évolués, se sont développés principalement au niveau des terrasses alluviales de Bou sellam, Ben Diab et F'taissa.

### II.2 Caractéristiques morphologiques et analyse des sols

#### II.2.1 Les sols peu évolués

Les sols peu évolués sont des sols jeunes qui ont un profil de type AC et qui se distinguent par une faible altération du milieu minéral et une faible teneur en matière organique laquelle se superpose généralement au substrat minéral sans former de complexe organo-minéraux. Ces sols ont des origines diverses liées au climat, à l'érosion ou encore aux apports extérieurs.

##### II.2.1.1 Les sols peu évolués climatiques

- **Les sols désertiques ou aridisols** : ce sont des sols à peu près totalement dépourvus d'humus et qui résultent d'une dégradation physique ;
- **Les sols des toundras** : ce sont des sols gelés en permanence en profondeur (pergélisol ou permafrost). La matière organique hydromorphe s'accumule en surface pour former soit de la tourbe, soit un anmoor.

### II.2.1.2 Les sols peu évolués d'érosion

Ce sont des sols caractéristiques des pentes continuellement soumises à l'érosion. Les matériaux les plus fins et la matière organique disparaît rapidement. On parle de régosols lorsque ces sols s'installent sur des matériaux tendres (craies, argiles, marnes, loess, sables, etc.). On parle de lithosols lorsque ces sols se rencontrent sur des matériaux durs.

### II.2.1.3 Les sols peu évolués d'apport

- **Les sols colluviaux :** Les sols colluviaux ou de bas de pente sont formés à partir des matériaux arrachés par l'érosion aux pentes situées au-dessus. Ces sols sont le plus souvent dépourvus de nappe d'eau souterraine.
- **Les sols alluviaux :** Les sols alluviaux caractérisent les dépôts récents réalisés par les rivières et les fleuves à la faveur des crues. Le plus souvent, ces sols sont pourvus d'une nappe fortement battante (en relation avec les crues et l'étiage du cours d'eau), la texture de ces sols est anisotrope (alternance sans ordre, ni de granulométrie, ni de nature, de divers matériaux (argiles, sables, graviers) ; une forte production d'humus doux (mull actif) sauf si les alluvions sont hydromorphes : nappe longtemps haute et à faible circulation. Les sols alluviaux sont généralement fertiles et facile à cultiver : ils sont plats, de texture légère, riches en limons et bien alimentés en eau. Les sols alluviaux hydromorphes font souvent de bonnes prairies.

### Profil n°1

#### Situation :

- Localisation : à 15 m d'un forage ;
- Coordonnées Lambert : X= 740.100 Y=310.650 Z= 925m ;
- Site : bord de la parcelle ;
- Topographie : plane ;
- Géomorphologie : terrasse alluviale ;
- Utilisation du sol : cultures maraichères ;
- Charge de surface : 10-15% de cailloux et graviers calcaires ;
- Drainage externe : nul ;
- Erosion : nulle ;
- Microrelief : plat ;
- Aptitude : bonne ;
- Roche mère : alluvions récentes ;
- Classification : sols peu évolués- non climatique- d'apport alluvial- modal- sur alluvions récentes profond texture argileuse. ;

#### Description des horizons

- 0-30 cm : état frais, couleur 10YR 5/3.5 (brun), humide, texture argileuse, structure massive a sous structure polyédrique moyenne, collant (trempé), plastique (état humide), cohérent, compact, non poreux, activité biologique faible a nulle, Hcl+++ , transition nette ;
- 30-115 cm : état frais, couleur 10 YR 5/3.5 (brun), humide, texture argileuse, structure massive a sous structure polyédrique prismatique, fiable, collant (trempé), plastique (état humide), peu cohérent, peu poreux (micropores), activité biologique faible (restes

des coquilles d'escargots, gastéropodes et quelques radicules), réaction à l'HCL relativement importante.

**Tableau II.1** Résultat analytique du profil 1

Profondeur (cm)	0-30	30-115
Granulométrie :		
Argile %	57	56
Limons fins%	28	28
Limons grossiers%	8	8
Sables fins%	3	3
Sables grossiers%	1	0
Matière organique :		
Matière organique%	2.41	1.93
C%	14	11.2
N%	1.42	1.19
C/N	10	9
Reserve minérales :		
CaCo3 total	27	27.4
CaCo3 actif	14.74	15.37
P205 total a P%	4.83	4.22
P205 assimilable (ppm)	210	95
K2o%	3.14	4.59
K2o assimilable mg/100g	40	24
Complexe absorbant :		
Ca++ en meq/100g	34	35
Mg++ en meq/100g	3.79	3.20
K+ en meq/100g	0.87	1.63
Na+ en meq/100g	-	-
T en meq/100g	31	35
Solution du sol :		
pH	7.90	7.80

CE mmhos/cm	1.69	1.57
Caractéristiques physiques :		
pF 4.2	25	24.4
pF3	30.8	29
K Henin	4.1	12.4
Is	3.8	1.8

### II.2.2 Les sols calcimagnésiques

Les sols calcaires ou calcimorphes sont des sols dont l'évolution est marquée par la présence d'ions alcalino-terreux. Le ravitaillement de ces sols en ions bivalents  $Ca^{++}$  et  $Mg^{++}$  est assuré par une roche carbonatée qui existe sous le profil. Dans l'horizon A, la matière organique est fortement liée aux éléments minéraux et forme un complexe très stable. La structure est grenue ou finement polyédrique. Les roches calcaires, quand elles libèrent des quantités suffisantes de calcaire actif, sont à l'origine des sols calcimagnésiques, encore appelés sols calcimorphes.

Le calcaire actif a quatre effets principaux sur les sols :

- Il stimule fortement l'activité des lombrics, des bactéries et des autres composantes de la pédofaune ou de la pédoflore ;
- Il provoque un blocage précoce de l'humification avec la formation de mull carbonaté (l'humus est fortement lié à l'argile par un pont calcique) ;
- Le complexe argilo humique est très fortement flocculé, ce qui donne aux sols une structure grumeleuse très caractéristique ;
- Le fer est retenu dans les horizons supérieurs qui apparaissent très colorés.

On distingue généralement trois types de sols calcimagnésiques que l'on classe en fonction de leur richesse en humus et de leur profil :

a) Les rendzines : sols peu développés, formés sur substratum de calcaire tendre. Ils dosent jusqu'à 12% de calcaire fin. Ils sont relativement riches en matière organique (2 à 2,5%) et présentent une structure grumeleuse en surface.

b) Les sols bruns calcaires modaux : ce sont des sols à profil développé de type A(B)C, souvent bien structurés caillouteux et moins riches en matière organique. Ils sont généralement épais, de texture fine (Al ou La), la teneur en matière organique est variable (1 à 3%).

c) Les sols humo calcaires, humo calciques et litho calciques, très humifères. Ce sont des sols qui se forment en montagne, principalement parce que le climat humide et froid qui règne pendant un long temps en altitude empêche la dégradation de la matière organique qui s'accumule.

Les sols où abonde le calcaire actif sont des sols agricoles difficiles. Ils sont très collants aussitôt qu'il pleut et bien trop secs pendant la période estivale. Si la matière organique est rapidement décomposée, l'humus formé est tout à fait indisponible. Le blocage du fer interdit pratiquement certaines cultures, par exemple, celle des fruitiers rapidement atteints de chlorose.

Le pH des sols est souvent alcalin ce qui limite certaines cultures et certains microorganismes. Le phosphore est souvent bloqué pour les plantes car il se trouve sous la forme apatite peu mobilisable. Naturellement, les sols bruns calcaires et les sols bruns calciques, parce qu'ils sont moins affectés par le calcaire actif, ne présentent pas tous les inconvénients cités et sont de très bonnes terres pour les céréales. Dans la partie moyenne du sol, un horizon d'accumulation de calcaire : horizon Bca qui peut être plus ou moins développer ils sont très répons dans la zone d'étude.

### **Profil n°2**

#### **Situation :**

- Localisation : à 25 m de la route menant à Ouled Boutara
- Coordonnées Lambert : X= 731.200 Y= 308.650 Z=900 m
- Site : bord de la parcelle
- Topographie : plane
- Géomorphologie : plaine
- Utilisation du sol : labouré
- Charge de surface : 20-25% de cailloux et graviers calcaires
- Drainage externe : nul
- Erosion : nulle
- Microrelief : plat
- Aptitude : bonne
- Roche mère : alluvions anciennes
- Classification : sols calcimagnésique, carbonatés, brun calcaire peu différencié, modal, sur alluvions anciennes, profond, texture limono –argileuse

#### **Description des horizons**

- 0-25cm : état sec, couleur 10YR 4/6 (brun jaunâtre foncé), humide, texture limono-argileuse, 5-8% de cailloux et graviers calcaires, structure polyédrique fine a particulière, collant (trempé), plastique (etat humide), meuble, poreux, activité biologique moyenne, Hcl+++ , transition nette.
- 25-50cm : état sec, couleur 10YR 5/4 (jaune brunâtre), humide, texture argileuse, 10-15% de cailloux et graviers calcaires, structure massive a sous structure polyédrique moyenne a fine, collant (trempé), plastique (état humide), cohérent, assez compact, non poreux, activité biologique moyenne, Hcl+++ , transition nette.
- 50-110cm : état sec, couleur 10 YR 6/6 (jaune brunatre), humide, texture argileuse, 15-20% de cailloux et graviers calcaires, structure massive a sous structure polyédrique moyenne a fine, collant (trempé), plastique (etat humide), cohérent, compact, peu poreux, activité biologique nulle.

**Tableau II.2** Résultat analytique du profil 2

Profondeur (cm)	0-25	25-50	50-110>
<b>Granulométrie :</b>			
Argile %	34	51	50
Limons fins%	29	32	31
Limons grossiers%	16	5	6
Sables fins%	11	5	6
Sables grossiers%	6	4	3
<b>Matière organique :</b>			
Matière organique%	1.38	0.98	0.69
C%	8.01	5.7	4
N%	1.01	0.65	0.54
C/N	8	9	7
<b>Reserve minérales :</b>			
CaCo3 total	25	44.8	46.4
CaCo3 actif	15.12	18.10	17.73
P205 total a P%	1.94	2.85	2.50
P205 assimilable (ppm)	52	20	30
K2o%	1.88	1.39	1.45
K2o assimilable mg/100g	24	11.5	12.5
<b>Complexe absorbant :</b>			
Ca++ en meq/100g	24	18	17
Mg++ en meq/100g	3.10	4.50	6.40
K+ en meq/100g	0.71	0.26	0.32
Na+ en meq/100g	0.36	0.43	0.50
T en meq/100g	26	25	24
<b>Solution du sol :</b>			
pH	8.80	7.70	8.10
CE mmhos/cm	0.85	0.81	0.85



Caractéristiques physiques :			
pF 4.2	18.6	21.7	-
pF3	23	25.7	-
K Henin	10.2	5.8	-
Is	-	-	3.7

## II.3 Caractéristiques physico-chimique des sols

### II.3.1 CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

Lors de la prospection pédologique, les horizons décrits ont généralement des structures fragiles, polyédrique moyenne à fine, friable à tendance particulière. Elle devient massive a sous structure polyédrique et prismatico-lamellaire avec des niveaux de compaction assez élevés.

Ces structures défavorables apparaissent à des niveaux peu profonds dans la plupart des sols.

- **La texture**

La texture d'un sol est la répartition granulométrique de ses constituants. C'est la proportion entre les petites particules, les particules de taille moyenne, et particules de grande taille. Les textures sont regroupées en classes, en fonction de ces proportions. La texture apporte des informations utiles à la gestion de l'eau et de la fertilisation.

Elle est mesurable en laboratoire grâce à des techniques de sédimentation ou à un granulomètre laser. Mais elle est facilement estimable sur le terrain.

Les analyses granulométriques ont montré que les sols possèdent des textures fines à très fines en surface et en profondeur, pour atteindre des taux élevés (>40%).

C'est dans les sols peu évolués que le taux d'argile le plus élevé a été obtenu. Cependant, un nombre significatif d'échantillons possède des textures équilibrées.

Dans les sols à texture fine a très fine, la perméabilité est relativement élevée.

- **La structure**

La structure du sol est l'agencement dans l'espace de ses constituants elle permet de préciser l'organisation des divers types de sols et les limites de certains horizons. Elle est déterminée par la forme des agrégats. La structuration naturelle des sols est liée à leur texture.

Elle n'est pas une valeur constante : elle varie dans le temps avec les saisons, en fonction de l'humidité et sous l'effet de la culture. L'agent principal de la structure du sol est l'eau. On parle de structure « stable » ou « instable » selon que le sol est résistant à l'eau et dont les agrégats se délitent ou pas en milieu humide.

Un ensemble de propriétés comme la perméabilité, la porosité et la cohésion sont étroitement liées à la structure.

- **Point de flétrissement et capacité de rétention**

- a) **Point de flétrissement**

Le point de flétrissement est la quantité d'eau qui correspond à la limite inférieure de l'eau capillaire absorbée par les racines. Selon (15. MOREL, 1996) Le point de flétrissement présente l'état hydrique du sol auquel les plantes ne peuvent plus puiser de l'eau nécessaire à sa croissance et flétrissent de manière réversible. Dans ces conditions, les forces de succion de la plante égalent la force de rétention capillaire et donc c'est le seuil en dessous duquel les racines ne peuvent plus extraire l'eau du sol. Par résultat la plante va commencer à se faner. Le maintien prolongé de la plante à ce point de flétrissement provoque des accidents importants de la végétation.

Les valeurs trouvées du point de flétrissement pour les différents types de sols sont les suivants:

- 13 à 20 % pour les sols peu évolués avec une moyenne de 15 %.
- 13.5 à 20 % pour les sols calcimagnésiques peu différenciés avec une moyenne de 18%.

- b) **Capacité de rétention**

C'est le volume d'eau retenu dans un sol, qui ne s'écoule pas sous l'action de la gravité.

La détermination de cette capacité se fait en partant d'un sol saturé en eau et en laissant l'eau s'écouler librement. Quand l'écoulement libre cesse, on dit que le sol est à la capacité de rétention. La teneur en eau correspondante peut être déterminée en laboratoire ou sur le terrain. Dans ce dernier cas, on parle de « capacité de rétention au champ ».

La capacité de rétention en eau n'a pas de signification physique précise autre que celle de correspondre à un état hydrique où la plus grande partie de l'eau est retenue par des forces capillaires. Sa valeur dépend des conditions expérimentales utilisées en laboratoire ou, sur le terrain, elle est exprimée en % de la terre sèche. Elle varie suivant les sols en sens inverse de la grosseur des constituants granulaire, c'est-à-dire:

- pF3 : correspond à la capacité de rétention des sols à texture fine.
- pF2.5 : correspond à la capacité de rétention des sols à texture légère et sols sableux.

Les résultats analytiques de la capacité de rétention, a pF3 car la majorité des sols ont des textures fines donnent les valeurs suivantes :

- 22 à 28 % pour les sols peu évolués avec une moyenne de 26 %.
- 19 à 26 % pour les sols calcimagnésiques peu différenciés avec une moyenne de 24 %.

### II.3.2 CARACTERISTIQUES CHIMIQUES

- **Le PH**

Le PH ou potentiel hydrogène est une grandeur sans unité qui permet de mesurer l'activité de l'ion hydrogène dans une solution. Elle caractérise l'acidité ou la basicité du milieu. Il a une influence sur l'ensemble des réactions chimiques du sol.

Dans les horizons de surface, les valeurs du PH se situent entre 7.5 et 8 ce qui correspond à des horizons faiblement à moyennement alcalin. Alors qu'en profondeur, les valeurs les plus fréquentes reviennent entre 7.8 et 8.20. En définitive, on enregistre, à peu près les mêmes valeurs en surface et en profondeur. Ceci revient à la présence de calcaire total et actif en quantité importante dans les sols. Cette alcalinité provient surtout de l'aridification du climat, l'absence de lessivage et une pluviométrie peu abondante.

- **La capacité d'échange cationique (CEC)**

La capacité d'échange cationique (CEC), exprimée en meq/100g traduit la richesse du sol en éléments nutritifs. Les mesures de la capacité d'échange cationique (CEC) renseignent sur d'importantes propriétés du sol, notamment son aptitude à retenir les cations et à raisonner leur mobilité dans le sol. Les résultats analytiques donnent les valeurs assez intéressantes, entre 16 et 32 meq/100g, ce qui correspond à des sols moyennement riches en éléments nutritifs. Dans les horizons de surface, elle reste supérieure à 18 meq/100g. Cependant, les valeurs les plus fréquentes obtenues se situent entre 16 et 25 meq/100g.

- Le calcium : les résultats analytiques du calcium ( $Ca^{++}$ ) obtenus se situent entre 16 et 28 meq/100g. ces valeurs correspondent à des sols saturés en calcium. Cependant, les valeurs supérieures à 30 meq/100g sont enregistrées dans certains sols peu évolués et calcimagnésiques, il y a une saturation en ion calcium. L'analyse de l'élément calcium se trouve en quantité le plus souvent supérieure ou égale à celle de la capacité d'échange cationique.

- Le magnésium : la présence du magnésium sur le complexe absorbant en quantité élevée est responsable de l'alcalinisation des sols dans les plaines sétifiennes qui augmente le PH. Les résultats analytiques révèlent des quantités inférieures à 2.5 meq/100g, le plus souvent inférieure à 2 meq/100g. dans les sols peu évolués, on enregistre des valeurs entre 5.7 et 13 meq/100g.

Le magnésium étant retenu moins facilement par le pouvoir absorbant et il est plus rapidement lessivé.

## II.4 Etude foncière

L'étude d'enquête foncière menée dans le cadre du projet nous a permis d'établir la structure foncière de la zone d'étude. Le tableau ci-dessous représente la distribution du foncier à la zone d'étude par le secteur public et privé.

**Tableau II.3** Distribution du foncier à la zone d'étude par classes

Classes	Nombre de parcelles	Superficie (ha)	Superficie (%)
EAC	610	12052.07	42.69%
EAI	99	939.25	3.33%
Privée	2.474	9985.13	35.37%
Publique	252	3596.19	12.74%
Inconnu	222	1655.88	5.87%
<b>Total</b>	<b>3.657</b>	<b>28.228.52</b>	<b>100%</b>

Les parcelles classées comme « inconnues » sont celles où on n'a pas trouvé le propriétaire sur terrain et il n'y a pas d'information disponible au niveau du cadastre.

Sur la taille des parcelles on a constaté que les parcelles les plus grandes se trouvent entre les EAC (19.79 ha/parcelle en moyenne) et les plus petites entre les privées (4.04 ha/parcelle). Les exploitations publiques ont une superficie moyenne de 14.27 ha/parcelle. Les EAI ont une superficie moyenne de 9.49 ha/parcelle.

Par unités foncières, les EAC sont composées en moyenne par 2 parcelles et la même chose pour les propriétaires privées. La différence se trouve en la superficie des parcelles.

Les EAI sont composées par 1.5 parcelle en moyenne. Les terrains publics se composent de 7 parcelles.

## **II.5 Aptitudes culturales**

### **II.5.1 DETERMINATION DES APTITUDES CULTURALES DES SOLS**

L'étude de l'aptitude culturale des sols vise à estimer la valeur agronomique des sols du point de vue cultures, cette étude est primordiale, elle permet de mieux orienter les agriculteurs dans leur choix des cultures.

Les critères de détermination des aptitudes culturales reposent essentiellement sur les caractères morphologiques des sols (profondeur essentiellement) et leur position topographique sans tenir compte de la ressource en eau. Ainsi la détermination est établie en considérant que l'on dispose d'une eau d'irrigation de bonne qualité.

- **Catégorie I**

Zone à irriguer en priorité. Ce sont des sols dont la profondeur est supérieure à 80 cm, à structure généralement favorable, qui ne posent pas de problèmes de mise en valeur. Leurs aptitudes en irrigation sont bonnes pour les cultures industrielles, céréalières, fourragères, maraîchères, et arbustives.

- **Catégorie II**

Ce sont des sols moyennement profonds à profonds, mais qui demandent des travaux tels que les labours profonds ou sous-solage avant toute irrigation. Structure généralement favorable. Leurs aptitudes culturales sont généralement bonnes à moyennes pour les cultures industrielles et maraîchères et moyennes pour les cultures céréalières et fourragères. Quelques unités conviennent moyennement aux cultures arboricoles. Les travaux d'aménagements se rapportent aux amendements organiques et minéraux, à un labour profond et à la lutte contre les inondations pluviales.

- **Catégorie III**

Ce sont des sols moyennement profonds à profonds mais qui doivent être aménagés avant toute mise en valeur : labours profonds ou sous-solage, apports d'amendements organiques, assainissement de surface et lutte contre les inondations sont indispensables. Ces sols généralement reposant sur une croûte ou encroûtement calcaire et parfois un niveau marneux entre 50 à 80 cm de profondeur. Leurs aptitudes culturales sont généralement bonnes à moyennes pour les cultures industrielles et moyennes pour les cultures

maraîchères, pour les cultures céréalières et fourragères dans la majorité des cas. Ils sont, généralement inaptes pour les cultures arboricoles. Superficie : 10093.28 ha.

- **Catégorie IV**

Il s'agit d'une zone non irrigable, caractérisée par la présence d'une croûte ou encroûtement calcaire, ou un niveau marneux toujours à très faible profondeur (0-30 cm). Aussi les sols halomorphes (salure élevée) et sols hydromorphes à gley profond et caractère halomorphe. Leur mise en valeur ne peut se faire que pour les cultures en sec. Ils sont inaptes pour toutes les cultures en irrigation. Cette zone couvre une superficie de 5373.60 ha.

- **Catégorie V**

Il s'agit des zones exclues : agglomération, infrastructures, topographie accidentée, lit d'oued. Superficie : 1741.36 ha.

### **Conclusion**

Le développement de l'agriculture nécessite une bonne étude du sol, et ce chapitre a été consacré à l'analyse agro-pédologique de la zone d'étude. Cette prospection pédologique a fait ressortir différentes classes présentant de bonnes aptitudes culturales.

L'analyse approfondie des sols et l'analyse physico-chimique montrent que les sols calcimagnésiques sont les plus répondus dans le secteur, et qui présentent les caractéristiques suivantes :

- Texture limono-argileuse ;
- Stabilité structurale moyenne ;
- Une bonne capacité de rétention.

De façon générale le sol présente de bonnes aptitudes culturales à diverses spéculations agricoles les plus cultivées dans la région, ce qui constitue un avantage agronomique.

## III Ressources en eau-Hydrologie

### INTRODUCTION

En Algérie, du fait de l'aridité du climat, l'eau constitue un facteur de développement socio-économique important. Les besoins annuels de l'Algérie en eau sont de 10.4 milliards de m<sup>3</sup> actuellement. Selon les chiffres du ministère, le volume des besoins annuels compose de 3.3 milliards de m<sup>3</sup> pour la consommation des ménages, de 6.8 milliards de m<sup>3</sup> pour l'agriculture et de 0.3 milliard de m<sup>3</sup> pour l'industrie.

Sur les 100 milliards de m<sup>3</sup> d'eau qui tombent chaque année sur l'ensemble du territoire, les eaux de ruissellement ne présentent que 12.5 milliards de m<sup>3</sup> le reste des précipitations étant dispersé par évaporation d'environ 85% et par infiltration dans le sol d'environ 15%.

Ces chiffres montrent tous l'intérêt de disposer d'ouvrages de stockage des eaux tant pour l'irrigation que pour la production d'énergie électrique et l'industrie.

Le présent chapitre a pour objet d'examiner les ressources en eau du barrage de Mahouane qui permettent d'approvisionner en eau et d'irriguer le périmètre des plaines Sétifiennes.

### III.1 Alimentation en eau du périmètre : le barrage de Mahouane

L'objectif de la présente étude est l'analyse des apports d'eau aux sites du barrage de Mahouane, afin d'évaluer les volumes d'eau disponibles à être utilisés pour alimenter en eau le périmètre des plaines Sétifiennes.

Le projet de transfert « Ighil Emda – Mahouane » fait partie du transfert SETIF-HODNA qui est constitué de deux aménagements distincts dénommés :

- Le système « Ouest », dont la finalité est d'alimenter en eau potable (AEP) et en eau brute destinée à l'irrigation des plaines sétifiennes sur 15800 ha ;
- Le système « Est » dont la finalité est d'alimenter en eau potable (AEP) et en eau brute destinée à l'irrigation des plaines d'El Eulma sur 20000 ha.

### III.2 Description du système de transfert

Le système se compose de deux barrages qui permettent d'accumuler les ressources en eau disponible. Il s'agit du barrage d'Ighil Emda et du barrage de Mahouane.

Le barrage d'Ighil Emda est alimenté par l'oued d'Agrioun. Le bassin versant a une superficie de 652 km<sup>2</sup>. Jusqu'à maintenant, cette retenue utilise son apport en eau pour la production d'énergie aux centrales de Kherrata et Darguinah.

D'après les études faites par l'ANBT, il a été démontré que la retenue s'envase rapidement et ils s'attendaient, à l'époque, une diminution marquée de la capacité de régulation.

La capacité initiale de la retenue était de 160 Mm<sup>3</sup>, il s'ait estimé que la capacité de régulation avait diminué jusqu'à 89 Mm<sup>3</sup>. Par conséquent, une étude de sensibilité sera réalisée en fonction de la capacité de régulation du barrage d'Ighil Emda.

En raison de l'envasement de la retenue d'Ighil Emda, la solution recommandée consiste, en partie, à construire une adduction destinée à refouler les débits d'Ighil Emda sur la retenue de Mahouane, située près de Sétif, sur l'oued d'El Guessar. Le bassin versant de cette retenue est de 20.8 km<sup>2</sup>, et c'est à partir de cette retenue que s'alimentera la ville de Sétif en eau potable et que s'irriguera la région de Sétif.

### III.3 Caractéristiques hydrauliques du Barrage de Mahouane

Le barrage de MAHOUANE est une retenue en enrochement avec un noyau d'Argile et d'une capacité de stockage de 147.9 Mm<sup>3</sup>.

Les caractéristiques hydrauliques du barrage de Mahouane sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau III.1** Fiche synoptique du barrage de MAHOUANE.

<b>RESERVOIR</b>		
Volume de la tranche morte	Mm <sup>3</sup>	0.5
Capacité utile d'exploitation	Mm <sup>3</sup>	147.40
Capacité totale	Mm <sup>3</sup>	147.90
Cote du fond de la vallée au droit du barrage	NGA	1073.00
Cote minimale d'exploitation	NGA	1083.00
Cote de la limite d'utilisation	NGA	1088.60
Superficie du plan d'eau à la limite d'utilisation	Ha	39
Cote de la retenue normal	NGA	1146.30
Superficie du plan d'eau à la retenue normale	Ha	534
Cote des plus hautes eaux	NGA	1146.70
Volume régularisé	Mm <sup>3</sup>	121

Les ressources en eau de la retenue proviennent principalement du refoulement du barrage d'Ighil Emda, et de l'oued El Guessar qui alimentera également la retenue.



**Figure III.1** Barrage de IGHIL EMDA. (Source: LABBIZE, Colors of Algeria, 2011)



**Figure III.2** La digue du barrage de MAHOUANE (Source: ALGERIE PRESSE SERVICE, 2019)

Ci-dessous sont présentés les divers types de sorties d'eau pour le barrage : La demande en eau pour l'alimentation en eau potable de la ville de Sétif, et pour l'irrigation des plaines sétifiennes ;



- Les pertes par évaporation ;
- Les pertes par infiltration ;
- Les 10% des apports provenant du refoulement depuis le barrage d'Ighil Emda. Ces pertes correspondent aux pertes dus au refoulement.



**Figure III.3** Conduites de distribution pour l'irrigation (Source: O.N.I.D).

Une conduite de plus de 22 Km, de diamètre de 1800 mm sera installée, Par la différence de cote importante entre les deux barrages, il s'installera trois stations de pompage équipées d'un nombre de groupes de pompes 4 + 1 de secours par station de pompage.

Il est prévu transférer un volume annuel de 121 Mm<sup>3</sup>, et le débit d'équipement est de 6 m<sup>3</sup>/s. il est prévu de pomper un débit de 5 m<sup>3</sup>/s pendant un fonctionnement normal, et un débit de 6 m<sup>3</sup>/s pendant une crue importante.

### III.3.1 Qualité de l'eau d'irrigation des eaux du barrage

La qualité chimique de l'eau provenant du barrage a été étudiée sur des échantillons prélevés au long de diverses années, et ceci à partir des eaux des barrages Mehouane et de Ighil Imda.

La classification des eaux d'après la qualité chimique a été établie selon le diagramme de l'USDA (classification américaine).

### III.3.2 Classification des eaux pour l'irrigation

L'eau d'irrigation qu'elle provienne de rivières ou qu'elle soit pompée dans les nappes, n'est jamais pure : elle contient des sels dissous qui suivant leur concentration, peuvent affecter le sol et les cultures. Il importe alors d'adapter les pratiques agricoles à l'eau dont on dispose, sachant que les comportements seront différents suivant la nature des sels en cause.

La classification des eaux d'irrigation est basée sur deux paramètres :

- La Conductivité électrique CE ;
- Le rapport d'absorption du Sodium SAR.

➤ **Classification américaine :**

La classification américaine est basée sur deux paramètres (CE à 25°C et le S.A.R) :

• **La Conductivité électrique (CE) :**

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

On distingue quatre classes de danger de salinité de l'eau en fonction de la conductivité électrique :

**Tableau III.2** Classe des eaux en fonction de la conductivité électrique.

Classe	Conductivité électrique CE	Qualité des eaux
C1	$CE \leq 0.25$	Eau de risque faible (salinité)
C2	$0.25 < CE \leq 0.75$	Eau de risque moyen
C3	$0.75 < CE \leq 2.25$	Eau de risque élevé
C4	$CE > 2.25$	Eau de risque très élevé

• **Le coefficient d'absorption du sodium (S.A.R) :**

La S.A.R est calculé par la formule suivante :

$$S.A.R = \frac{Na^+}{\sqrt{((Ca^{++} + Mg^{++})/2)}} \quad (III.1)$$

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

• S1 : S.A.R < 10

L'eau contenant une faible quantité de sodium, elle peut être utilisée pour l'irrigation de presque tous les sols sans qu'il y ait à craindre que des difficultés ne surgissent du point de vue alcalinisation.

• S2 :  $10 < S.A.R < 18$

Les eaux contenant une quantité moyenne de sodium, peuvent présenter quelques difficultés dans les sols à texture fine, ces eaux peuvent être utilisées sur des sols à texture grossière.

• S3 :  $18 < S.A.R < 26$

Les eaux contenant une quantité de sel élevée, peuvent provoquer des difficultés dans la plupart des sols et ne peuvent être employées qu'avec des précautions spéciales.

• S4 : S.A.R > 26

Les eaux contenant une quantité très élevée de sodium, sont généralement impropres à l'irrigation.

**III.3.3 Composition chimique de l'eau d'irrigation**

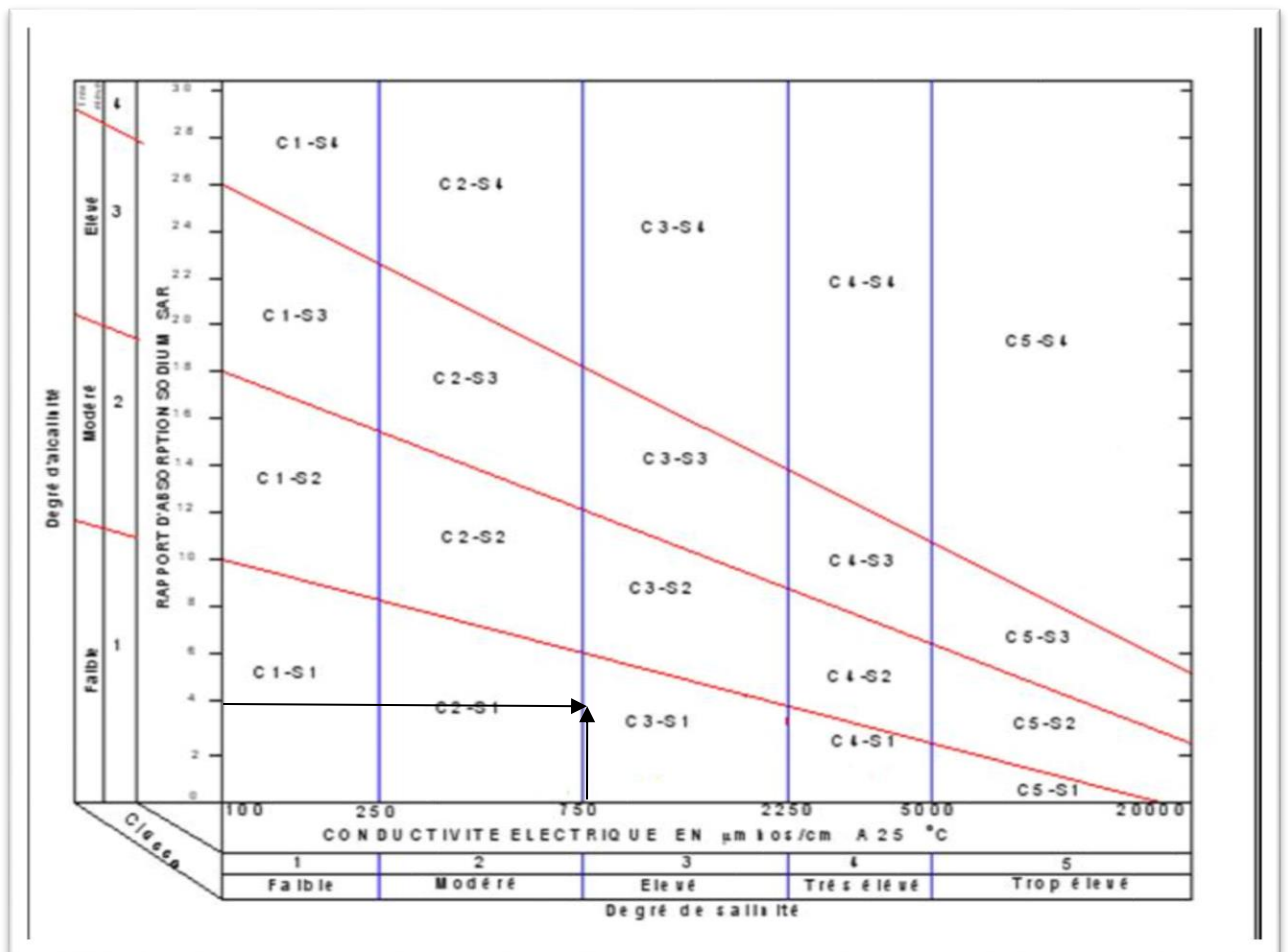
D'après les analyses faites au laboratoire de l'ANRH, la composition chimique moyenne de l'eau est donnée dans le tableau suivant :

**Tableau III.3** Composition chimique de l'eau du barrage.

Elément	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	NO3 (mgN/l)	SO4 (mg/l)	CE (Mmhos/cm)	Alcalinité totale (mg/CaCO <sub>3</sub> )	PH
Barrage	<b>70</b>	<b>26</b>	<b>17</b>	<b>0.3</b>	<b>167</b>	<b>0.760</b>	<b>130</b>	<b>7.9</b>

Le calcul du S.A.R donne le résultat suivant :

$$S.A.R = \frac{17}{\sqrt{\frac{70+26}{2}}} = 2.45$$



**Figure III.4** Diagramme (selon RIVERSIDE) de classification des eaux d'irrigation.

D'après les valeurs moyennes de la CE et du S.A.R des résultats d'analyse, l'eau du barrage de MAHOUANE est classée en C3 S1, avec une salinité qui fluctue entre moyenne et relativement forte.

### III.4 Etude hydrologique

L'étude hydrologique est nécessaire dans les projets d'irrigation, le but du présent volet est de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro hydro-agricole.

L'étude consiste à :

- Homogénéisation des séries pluviométrique ;
- L'étude fréquentielle de la série pluviométrique par des lois statistiques, et déterminer l'année de calcul.

#### III.4.1 Choix de la station pluviométrique

Pour la station pluviométrique on a choisi la station météorologique de l'aéroport de Setif a Ain Arnat pour l'estimation des précipitations dans le bassin versant, ce choix s'explique par l'emplacement géologique de cette station et la période d'observation et les données récentes de cette station. Les coordonnées des deux stations sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau III.4** Caractéristiques de la station pluviométrique.

La station pluviométrique	Code		Coordonnées Lambert		Coordonnées degré		Altitude	Période d'observation	Nombre d'années d'observation
			X(Km)	Y(Km)	Longitude	Latitude			
Aéroport de Setif (ain arnat)	<b>AITA</b>	<b>OACI</b>	<b>736.62</b>	<b>323.43</b>	<b>36° 10'</b>	<b>5° 19'</b>	<b>1038</b>	<b>1980/2017</b>	<b>38</b>
	<b>QSF</b>	<b>DAAS</b>			<b>43" N</b>	<b>48" E</b>			
<b>FERMATO</b>	<b>150610</b>		<b>742</b>	<b>328.6</b>	<b>36° 13'</b> <b>34" N</b>	<b>5° 23'</b> <b>38" E</b>	<b>1030</b>	<b>1980/2013</b>	<b>34</b>

La série pluviométrique de la station météorologique de l'aéroport de Setif (Ain arnat) est donnée dans le tableau suivant :

**Tableau III.5** Pluie moyenne mensuelle observé de la station de Aéroport de Setif

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Tot
1980	10.9	15.2	24.5	97.9	23.5	22	45.1	27.7	16.1	25.6	0	26.7	335.2
1981	30	30.8	10.4	63.5	96	54.3	57.9	80.9	30	30.7	0	13.8	498.3
1982	47.5	52.3	50.6	57.9	143.1	39.2	63.5	123.1	108.7	32.2	0	3	721.1
1983	0	28.6	28.3	20.3	6	24.7	32	24.4	40.3	10.5	14	36.9	266
1984	13.3	85.2	24.3	76	84.1	103.7	32.6	52.3	45.3	18.1	1	8.5	544.4
1985	65.7	61.9	35.8	46.8	50.3	19.3	91.4	33.1	80.9	2.1	32	0	519.3
1986	29	147.1	75.3	65.3	52.1	57.5	77.3	46.5	64.3	24.6	18.1	12.3	669.4

Tableau III.5 Suite et fin.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Tot
1987	8.6	57.9	69.5	52	36.1	92.2	18	20.4	84.9	18.6	58.1	14.1	530.4
1988	36.3	7.8	51.1	109	31.8	19.1	46.3	54.2	88.9	80.3	22.9	0	547.7
1989	56.5	8.3	94.6	34.5	45.8	4	32.5	60.7	94.2	44.3	28	23.1	526.5
1990	35.2	149	39	32.9	10	37.3	84.9	43.9	98.5	15.9	12.1	4	562.7
1991	90	29.3	61	140	56.2	52.8	45.9	53.9	91.3	32	59.3	4	715.7
1992	53.7	105	100.4	56.9	27	25	45.8	16.6	98.8	183.4	2	39.3	753.9
1993	132.9	62	11.6	19	24	34	44.1	30.9	6.3	0	10	12.1	386.9
1994	132.9	62	11.6	19	24	34	44.1	30.9	6.3	0	10	12.1	386.9
1995	71	62.5	38.9	33.9	114.2	42.5	87.9	43.8	6	78	0	6.5	585.2
1996	23	18.7	24.9	33.9	96.6	98.1	73.3	50	104.9	40.5	18.5	35.9	618.3
1997	60.4	82.1	91.2	73.6	48.3	18.2	9.6	60	37	42	8.4	45.7	576.5
1998	194.7	32	63.4	18	9.5	51.9	18	76.4	139.7	38.5	2	24.9	669
1999	4.1	51.1	33.2	85.7	0	0	5	7.1	8.1	30.6	0	0	224.9
2000	68	60.5	20.2	62.1	10.7	11.7	143.8	48.9	88.3	37	0.8	47.7	599.7
2001	61.6	21.3	37.3	9.4	106.9	31	9.6	14	32	0.8	1.6	48	373.5
2002	8	16	105	91	23	24	29	5	5	0	45	26	377
2003	15	61	7	88	130	27	38	88	37	37	35	28	591
2004	13	28	52	87	50	13	25	65	67	8	0	23	431
2005	30	21	67	55	32	41	11	52	3	27	22	4	365
2006	54	0	9	51	53	36	7	39	81	4	14	2	350
2007	80	21	16	9	9	28	101	89	26	59	3	2	443
2008	43	61	21	34	10	22	41	22	68	28	38	19	407
2009	63	8	27	25	61	42	35	88	5	5	3	29	391
2010	5	41	46	17	31	43	39	55	73	21	0	28	399
2011	6	43	34	23	11	96	35	80	45	24	2	15	414
2012	11	27	0	0	49	60	13	78	6	15	8	12.9	279.9
2013	29	49	18	31	23.6	8.2	46	0	0	2	10	24	240.8
2014	30	50	21	0	66	55	50	5	26	26	8	23	360
2015	30	50	21	0	66	55	50	5	26	26	8	18	355
2016	11	14	28	6	16	37	70	41	40	7	5	0	275
2017	31	10	55	30	46	18	0	5	8	56	0	8	267
Moy	44.32	45.54	40.11	46.17	46.65	38.89	44.7	45.18	49.65	29.75	13.15	17.91	462.0



715,7	240,8	373.5	X	12	669	X	34
753,9	360	377	Y	13	669.4	X	35
386,99	355	386.9	X	14	715.7	X	36
386,9	275	386.99	X	15	721.1	X	37
585,2	267	391	Y	16	753.9	X	38
618,3		399	Y	17			
576,5		407	Y	18			
669		414	Y	19			
224,9		431	Y	20			
599,7		443	Y	21			
373,5		498.3	X	22			

On a alors selon le tableau :

$$n = 22.$$

$$m = 16.$$

$$W_{\min} = n(n+m+1)/2 - 1.96(nm(n+m+1)/12)^{1/2} = 362.7. \quad W_{\min} = 362.7.$$

$$W_{\max} = n(n+m+1)/2 + 1.96(nm(n+m+1)/12)^{1/2} = 495.3. \quad W_{\max} = 495.3.$$

$$W_x = 493.$$

- **Conclusion**

Intervalle de confiance : **95%**.

Donc la condition du test de Wilcoxon:  $W_{\min} < W_x < W_{\max}$  est vérifiée ( $362.7 < 493 < 495.3$ ).

Donc la série de la station pluviométrique est **homogène**.

Après avoir effectué les calculs on obtient :

La condition de Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station météorologique de l'aéroport de Sétif Ain Arnat est homogène.

### III.4.3 Ajustement statistique des pluies

Les séries pluviométriques peuvent être ajustées par de nombreuses lois statistiques, pour notre projet on utilise celles qui garantissent le meilleur ajustement possible.

Les Lois d'ajustement les plus utilisées sont les suivantes :

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

- **Ajustement des pluies annuelles a la loi de Gauss ou loi normale :**

La méthode de Gauss consiste à :

- Classer les valeurs des précipitations annuelles par ordre croissant.
- Affecter un numéro d'ordre aux valeurs classées.
- Classer les fréquences des valeurs observées par la formule :

$$F_{(x)} = \frac{n - 0.5}{N} \quad (\text{III.3})$$

Avec :

n : Numéro d'ordre

N: nombre d'années observées

Les étapes du calcul de l'ajustement :

- Calculer la moyenne arithmétique :  $\bar{X} = \sum \frac{X_i}{n}$
- Calculer l'écart type :  $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}}$  pour  $n > 30$
- Calculer la variable réduite de Gauss :  $U = \frac{X - \bar{X}}{\sigma}$
- Calculer les caractéristiques empiriques : ( $\bar{X}$  ;  $\sigma$  ; CS=0).
- L'équation de la droite de Henry sur papier de probabilité gaussien :

$$X_p \% = \bar{X} + \sigma * U_p \%$$

Avec :

$X_p$ : Précipitation de probabilité P%

$U_p$ : Variable réduite de Gauss

$\bar{X}$ : Moyenne arithmétique

$\sigma$  : Ecart type



**Remarque**

Pour les calculs de la figure et les calculs suivants, nous avons opté pour l'utilisation du logiciel hydraulique **HYFRAN** et le logiciel **HYDROLAB** ;

Station : Aéroport Sétif Ain Arnat.

**Résultat de l'ajustement à la loi normale (maximum de vraisemblance)**

**Nombre d'observation : 38**

**Quantiles :**

En statistiques et en théorie des probabilités, les quantiles sont les valeurs qui divisent un jeu de données en intervalles contenant le même nombre de données. Il y a donc un quantile de moins que le nombre de groupes créés. Ainsi les quartiles sont les trois quantiles qui divisent un ensemble de données en quatre groupes de taille égale. La médiane quant à elle est le quantile qui sépare le jeu

$q = F(x)$  (probabilité au non dépassement)

$T = 1 / (1 - q)$  (Période de retour)

**Tableau III.7** Ajustement à la loi normale.

T (ans)	Fréquence	XT (mm)	Ecart type	Intervalle de confiance (95%)
200	0.9950	836	49.4	739-933
100	0.9900	799	45.8	710-889
50	0.9800	760	41.9	678-842
20	0.9500	701	36.4	629-772
10	0.9000	648	32	585-710
5	0.8000	584	27.5	530-638
3	0.6667	524	24.6	476-572
2	0.5000	462	23.5	416-508

**Tableau III.8** Les résultats de l'ajustement selon la loi de GAUSS.

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeurs expérimentales	Valeurs théoriques	Borne inférieure	Borne supérieure
335.2	224.9	1	0.0132	-2.222	224.9	139.880	32.311	213.151
498.3	240.8	2	0.039	-1.757	240.8	207.260	116.262	271.135
721.1	266	3	0.066	-1.5062617	266	243.592	161.025	302.904
266	267	4	0.092	-1.3285393	267	269.362	192.484	325.729
544.4	275	5	0.118	-1.1850441	275	290.169	217.670	344.372
519.3	279.9	6	0.145	-1.0581216	279.9	308.572	239.761	361.048
669.4	335.2	7	0.171	-0.9502209	335.2	324.218	258.383	375.383
530.4	350	8	0.197	-0.8523858	350	338.404	275.129	388.519
547.7	355	9	0.223	-0.7621005	355	351.495	290.454	400.771
526.5	360	10	0.25	-0.674489	360	364.199	305.195	412.789
562.7	365	11	0.276	-0.5947658	365	375.759	318.491	423.844
715.7	373.5	12	0.303	-0.5157915	373.5	387.210	331.543	434.914
753.9	377	13	0.329	-0.4426761	377	397.812	343.514	445.275
386.99	386.9	14	0.355	-0.3718560	386.9	408.081	355.003	455.418
386.9	386.99	15	0.382	-0.3002322	386.99	418.466	366.509	465.788

Tableau III.8 : Suite et fin.

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeurs expérimentales	Valeurs théoriques	Borne inférieure	Borne supérieure
618.3	399	17	0.434	-0.1661994	399	437.901	387.727	485.509
576.5	407	18	0.461	-0.0979147	407	447.802	398.373	495.719
669	414	19	0.487	-0.0325919	414	457.274	408.453	505.592
224.9	431	20	0.513	0.03259194	431	466.726	418.408	515.547
599.7	443	21	0.539	0.09791473	443	476.198	428.280	525.626
373.5	498.3	22	0.566	0.16619944	498.3	486.098	438.491	536.273
377	519.3	23	0.592	0.23269275	519.3	495.740	448.327	546.746
591	526.5	24	0.618	0.30023226	526.5	505.534	458.212	557.490
431	530.4	25	0.644	0.36917136	530.4	515.530	468.195	568.563
365	544.4	26	0.671	0.44267614	544.4	526.188	478.725	580.485
350	547.7	27	0.697	0.51579156	547.7	536.790	489.086	592.457
443	562.7	28	0.723	0.59177689	562.7	547.808	499.739	605.012
407	576.5	29	0.75	0.67448975	576.5	559.801	511.211	618.804
391	585.2	30	0.77	0.73884685	585.2	569.133	520.052	629.620
399	591	31	0.802	0.84878669	591	585.074	534.995	648.257
414	599.7	32	0.829	0.95022094	599.7	599.782	548.617	665.617
279.9	618.3	33	0.855	1.05812162	618.3	615.428	562.951	684.239
240.8	669	34	0.881	1.18000054	669	633.100	578.969	705.448
360	669.4	35	0.908	1.32853933	669.4	654.638	598.271	731.516
355	715.7	36	0.934	1.50626172	715.7	680.408	621.095	762.975
275	721.1	37	0.961	1.7624103	721.1	717.549	653.569	808.739
267	753.9	38	0.987	2.22621177	753.9	784.801	711.430	892.541
618.3	399	17	0.434	-0.1661994	399	437.901	387.727	485.509

Fréquences	U.GAUSS	Valeurs théoriques	Borne inférieure	Borne supérieure	Valeurs	Fréquences théoriques	Périodes de retour
<b>0.2</b>	<b>-0.841</b>	340.055	277.0691576	390.0570241	340.055	0.200	5.0
<b>0.5</b>	<b>0</b>	462	413.4431905	510.5568095	462	0.500	2.0
<b>0.8</b>	<b>0.841</b>	583.945	533.9429759	646.9308424	583.945	0.800	5.0

Paramètres	Valeurs
Minimum (min)	224
Maximum (max)	753
Moyenne (moyé)	462
Ecart type ( $\delta$ )	145
Médiane (Me)	423
Coefficient de variation (Cv)	0.314
Coefficient d'asymétrie (Cs)	0.277
Coefficient d'aplatissement (Ck)	1.97
Paramètre de localisation ( $\mu$ )	461.711
Paramètre d'échelle ( $\sigma$ )	145.163

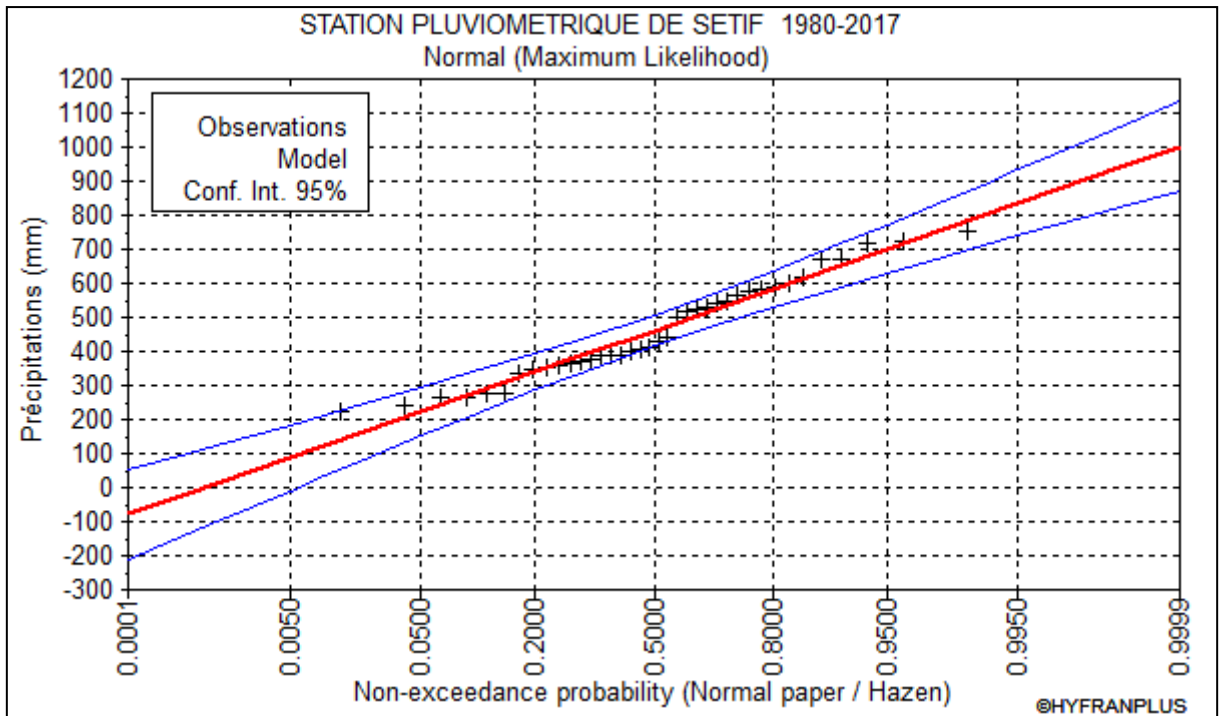


Figure III.5 Ajustement à la loi normale.

• **Ajustement des pluies annuelles a la loi Log Normale :**

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

- Les données statistiques des pluies sont rapportées à l'échelle log-normale.

L'équation de la droite de Galton s'écrit comme suit :

$$\text{Log}(X_p\%) = \overline{\text{Log}(X)} + \delta \text{Log} * (U_p\%) \quad (\text{III.4})$$

Avec:

$X_p\%$  : Précipitation probable à P% ;

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

$\delta \text{Log}$  : La variance calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique sa formule s'écrit comme suit :

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

$U_p\%$ : variable réduite de Gauss

**Remarque**

Pour les calculs de la figure et les calculs suivants nous avons opté pour l'utilisation du logiciel hydraulique **HYFRAN** et le logiciel **HYDROLAB**

Station: Sétif, Ain Arnat

**Résultat de l'ajustement à la loi normale (maximum de vraisemblance) :**

**Nombre d'observation:** 38

**Quantiles:**

$q = F(x)$  (probabilité au non dépassement)

$T = 1 / (1 - q)$

**Tableau III.9** Ajustement à la loi log normale.

T (ans)	Fréquence	XT (mm)	Ecart type	Intervalle de confiance (95%)
200	0.9950	1020	113	797-1240
100	0.9900	939	96.8	749-1130
50	0.9800	859	81.1	700-1020
20	0.9500	752	61.6	631-873
10	0.9000	668	48.1	573-762
5	0.8000	578	35.8	508-648
3	0.6667	505	28	450-560
2	0.5000	439	23.3	393-485

Fréquences	U.GAUSS	Valeurs théoriques	Borne inférieure	Borne supérieure	Valeurs	Fréquences théoriques	Périodes de retour
<b>0.2</b>	<b>-0.841</b>	336.70	292.75	376.24	336.7	0.200	5.0
<b>0.5</b>	<b>0</b>	441.42	396.30	491.68	441,42	0.500	2.0
<b>0.8</b>	<b>0.841</b>	578.71	517.89	665.59	578.71	0.800	5.0

**Tableau III.10** Les résultats de l'ajustement selon la loi Log Normal.

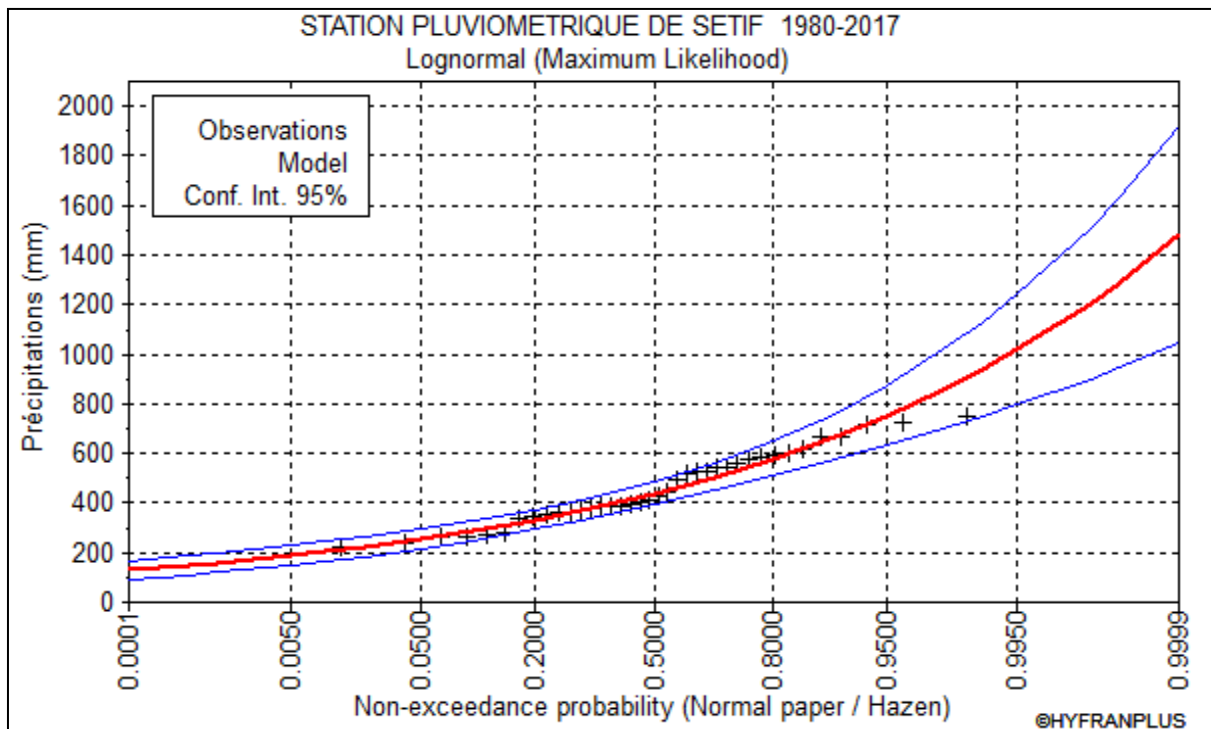
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeurs expérimentales	Valeurs théoriques	Borne inférieure	Borne supérieure
335.2	224.9	1	0.0132	-2.222	224.9	215.87	170.00	254.01
498.3	240.8	2	0.039	-1.757	240.8	250.6972	204.82501	288.905
721.1	266	3	0.066	-1.5062617	266	271.7775	226.2472	310.039
266	267	4	0.092	-1.3285393	267	287.784	242.61826	326.159
544.4	275	5	0.118	-1.1850441	275	301.3932	256.57462	339.945
519.3	279.9	6	0.145	-1.0581216	279.9	313.966	269.47495	352.77
669.4	335.2	7	0.171	-0.9502209	335.2	325.0662	280.8528	364.18
530.4	350	8	0.197	-0.8523858	350	335.4697	291.49377	374.961
547.7	355	9	0.223	-0.7621005	355	345.3656	301.58437	385.303
526.5	360	10	0.25	-0.674489	360	355.2474	311.62069	395.724
562.7	365	11	0.276	-0.5947658	365	364.485	320.95863	405.559
715.7	373.5	12	0.303	-0.5157915	373.5	373.8726	330.39729	415.653
753.9	377	13	0.329	-0.4426761	377	382.7792	339.29878	425.327
386.99	386.9	14	0.355	-0.3718560	386.9	391.6084	348.06633	435.016
386.9	386.99	15	0.382	-0.3002322	386.99	400.745	357.07501	445.15
585.2	391	16	0.408	-0.2326927	391	409.5557	365.69682	455.03
618.3	399	17	0.434	-0.1661994	399	418.4192	374.30206	465.079
576.5	407	18	0.461	-0.0979147	407	427.7212	383.2568	475.744
669	414	19	0.487	-0.0325919	414	436.8131	391.93205	486.29
224.9	431	20	0.513	0.03259194	431	446.0783	400.69281	497.16
599.7	443	21	0.539	0.09791473	443	455.5605	409.57468	508.413
373.5	498.3	22	0.566	0.16619944	498.3	465.6882	418.96758	520.577
377	519.3	23	0.592	0.23269275	519.3	475.7664	428.21972	532.826
591	526.5	24	0.618	0.30023226	526.5	486.2266	437.72403	545.692
431	530.4	25	0.644	0.36917136	530.4	497.1407	447.5367	559.277
365	544.4	26	0.671	0.44267614	544.4	509.0477	458.12465	574.281
350	547.7	27	0.697	0.51579156	547.7	521.1745	468.78728	589.753

Tableau III.10 Suite et fin.

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeurs expérimentales	Valeurs théoriques	Borne inférieure	Borne supérieure
443	562.7	28	0.723	0.59177689	562.7	534.0835	480.01002	606.428
407	576.5	29	0.75	0.67448975	576.5	548.4991	492.39547	625.289
391	585.2	30	0.77	0.73884685	585.2	559.9843	502.15828	640.49
399	591	31	0.802	0.84878669	591	580.1631	519.10144	667.553
414	599.7	32	0.829	0.95022094	599.7	599.4252	535.04484	693.79
279.9	618.3	33	0.855	1.05812162	618.3	620.6176	552.35041	723.083
240.8	669	34	0.881	1.18000054	669	645.458	572.35101	757.954
360	669.4	35	0.908	1.32853933	669.4	677.0802	597.4177	803.125
355	715.7	36	0.934	1.50626172	715.7	716.9573	628.47845	861.239
275	721.1	37	0.961	1.7624103	721.1	778.599	675.47402	953.367
267	753.9	38	0.987	2.22621177	753.9	904.0098	768.08944	1148.37

Paramètres	Valeurs
Minimum (min)	224
Maximum (max)	753
Moyenne (moyé)	462
Ecart type ( $\delta$ )	145
Médiane (Me)	423
Coefficient de variation (Cv)	0.314
Coefficient d'asymétrie (Cs)	0.277
Coefficient d'aplatissement (Ck)	1.97
Paramètre de localisation ( $\mu$ )	6.08458
Paramètre d'échelle ( $\sigma$ )	0.326885





**Figure III.6** Ajustement à la loi Log normale.

• **Test de validité d'un ajustement :**

La loi choisie pour ajuster la distribution statistique de l'échantillon, ne représente qu'approximativement l'échantillon étudié, l'erreur commise en adoptant une loi donnée est une erreur d'adéquation. Il convient par conséquent de comparer l'adéquation de ces lois afin d'adopter le meilleur ajustement. L'un des tests le plus employé, est le test du Khi-deux ( $\chi^2$ ).

Ce test permet de juger la qualité de l'ajustement d'une distribution théorique à une distribution expérimentale.

A partir du logiciel HYFRAN on obtient les résultats suivants :

**Tableau III.11** Test de validité de l'ajustement.

	Loi normal	Loi log-normal
$\chi^2$ calculée	9.16	7.89
$\alpha$	0.05	0.05
$\gamma$	5	5

A partir du tableau de Pearson on peut tirer la valeur de  $\chi^2$  théorique, tel que:

$$\chi^2 \text{ théorique} = f(\gamma, \alpha)$$

Le test de khi-deux ( $\chi^2$ ) montre que les deux lois présentent une même adéquation, sur la table de Pearson khi-deux ( $\chi^2$ ) théorique = 11.070, pour :  $\alpha = 0.05$  et  $\gamma = 5$

Donc :  $\chi^2$  calculée <  $\chi^2$  théorique (pour les deux lois)

L'adéquation de la loi est bien définie, ce qui résulte que l'ajustement est correct avec une certaine probabilité:  $1-\alpha$  soit 95%.

Après l'examen d'ajustement sur les deux lois, il en résulte que la loi normale s'ajuste mieux à la série des pluies annuelles pour la station de Sétif.

#### III.4.4 DETERMINATION de l'année de calcul :

Le but principal de la détermination de l'année de calcul, est de connaître la quantité de pluie qui peut être utilisée par la plante, c'est une fraction de la pluie efficace (pluie de probabilité 80%).

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

$$P_{i,80\% \text{ de chaque mois}} = P_{i,\text{moy de chaque mois}} \times \frac{P_{\text{théorique } 80\% (\text{annuel})}}{P_{\text{théorique } 50\% (\text{annuel})}} \quad (\text{III.5})$$

D'après le tableau d'ajustement à la loi normale on trouve :

$$P_{80\%} = 340,055 \text{ mm} \quad P_{50\%} = 462 \text{ mm} \quad \text{d'où: } \frac{P_{80\%}}{P_{50\%}} = 0.736$$

A partir du tableau de l'ajustement à la loi normale :

Donc  $P_{i,80\%}$  de chaque mois est donnée dans le tableau suivant:

**Tableau III.12** Année de calcul.

Mois	Sep	oct	nov	Dec	Jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
$P_{\text{moy}}$ (mm)	44.32	45.54	40.11	46.17	46.65	38.89	44.7	45.18	49.65	29.75	13.15	17.91
$P_{80\%}$ (mm)	32.62	33.52	29.52	33.98	34.33	28.62	32.90	33.25	36.54	21.90	9.678	13.18

## **Conclusion**

La mobilisation des ressources en eau est une étape importante pour l'élaboration d'un projet hydro-agricole. Dans notre cas, le périmètre des plaines sétifiennes sera irrigué à partir du barrage de Mahouane. Ce dernier représente une opportunité pour la région vue la rareté de la ressource en eau.

Les eaux du barrage de Mahouane ont un pH normal compatible pour l'irrigation, l'eau contenant une faible quantité de sodium, alcalinité moyenne et une salinité qui peut être utilisée pour l'irrigation.

L'irrigation du périmètre à partir du barrage de Mahouane est donc sans contraintes.

L'étude hydrologique a permis de reconstituer l'année de pluie mensuelle de probabilité 80%, afin de connaître la quantité de pluie qui peut être utilisée par la plante, afin de satisfaire ses besoins.

## IV Besoins en eau des cultures

### Introduction

Pour satisfaire les besoins en eau des cultures, il convient de les mettre dans des conditions hydriques optimales afin d'atteindre les objectifs de hauts rendements. Ces conditions peuvent être déterminées grâce à une bonne connaissance des besoins en eau de la culture (Evapotranspiration), des stocks d'eau dans le sol et des apports d'eau extérieurs (pluie, irrigation) au cours des divers stades de croissance de ces cultures.

### IV.1 Occupation du périmètre : les cultures envisageables

Afin de quantifier les besoins en eau des cultures, il faut étudier et prévoir l'évolution de la répartition culturelle de la situation existante et celle projetée dans le périmètre. En outre la wilaya de Sétif s'est classée 1ère ville à l'Est du pays en matière de production céréalière, au titre de l'exercice 2017-2018 avec une production céréalière de l'ordre 3,6954 millions de quintaux (q), réalisée sur une surface de plus de 197 100 hectares (ha). De plus, la direction des services agricoles de la wilaya tend à accroître les exploitations céréalières en offrant des avantages et des facilités aux investisseurs.

Il faut noter que les superficies agricoles réservées à la culture céréalière à Sétif, a connu une hausse de 400 hectares par rapport à l'exercice précédent.

Le système agraire des Plaines Sétifiennes peut être défini comme un système classique Agraire extensif privilégiant l'assolement biennal (céréales – jachère) en association avec l'élevage ovin et bovin. Dans ce chapitre on visera l'augmentation des superficies occupées par les cultures rémunératrices. Tels que : la maraichère en plein champs, ainsi que l'arboriculture fruitée, mais en gardant la spécificité de la région qui est connue par le grenier de blé.

La situation actuelle des cultures à la zone à aménager se résume dans le tableau suivant :

**Tableau IV.1** La situation des cultures à la zone à aménager.

Occupation	Nombre parcelles	Surface agricole	Répartition (%)
Maraîchères	194	997.58	6.33%
Céréale	1449	14136.93	89.68%
Improductif	17	38.39	0.24%
Foret	1	13.03	0.02%
Terrain de parcours	14	219.98	1.40%
Inconnu et autres	89	367.54	2.33%
Total	1764	15764.80	100.00%

## IV.2 Besoins en eau des cultures

Selon (07. Doorenbos & Pruitt, 1976) : « Le besoin en eau d'une culture est la quantité d'eau nécessaire pour compenser l'évapotranspiration d'une culture en bon état sanitaire, établi dans un champ de grande superficie, dans des conditions de sol non limitant du point de vue de la disponibilité de l'eau et de la fertilité, et conduisant au rendement cultural potentiel dans des conditions climatiques données ».

La détermination des besoins en eau d'une culture nécessite une bonne connaissance des plantes et aussi les données climatique et pédologique de la région pour pouvoir estimer la réserve en eau utile du sol 'RU' et la réserve facilement utilisable par la plante 'RFU'.

### IV.2.1 Calcul de l'évapotranspiration

L'évapotranspiration est un phénomène complexe intégrant à la fois l'évaporation de l'eau du sol (phénomène physique) et la transpiration de la couverture végétale (phénomène physiologique). Sous le nom l'évapotranspiration, englobe la totalité de la consommation d'eau d'une plante mise en place, pour éviter le stress hydrique.

On distingue l'évapotranspiration de référence ( $ET_0$ ), l'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR).

### IV.2.2 Calcul de l'évapotranspiration potentielle de référence ( $ET_0$ )

Décrit le transport de l'eau depuis la surface vers l'atmosphère, ou la quantité maximale d'eau susceptible d'être perdue en phase vapeur, sous un climat donné, par un couvert végétal continu spécifié (gazon) bien alimenté en eau et pour un végétal en pleine croissance ; l' $ET_0$  caractérise la demande en fonction des conditions climatiques exprimer en mm/j.

Il existe deux méthodes pour estimer l' $ET_0$  :

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

Vu la complexité de la mise en œuvre d'un dispositif de mesure de l'évapotranspiration potentielle et à défaut de mesures directes. Il existe plusieurs formules de calcul, les principales sont :

- Formule de Turc (1960) ;
- Formule de Thornthwaite (1955) ;
- Formule de Blaney-Criddle (1959) ;
- Formule de Penman ou Formule de Bilan d'énergie (1948) ;
- Méthode de Doorenbos et Pruitt (1977) dans le cadre de la FAO.

La formule de Penman-Monteith est la méthode la plus utilisée sous tous les climats. Son seul inconvénient est qu'elle nécessite un nombre important d'informations climatiques, qui sont rarement toutes disponibles sur une même station.

Les experts de la FAO, recommandent la méthode de Penman-Monteith (modifiée) comme méthode privilégiée d'estimation de  $ET_0$ .

### IV.2.2.1 Formule Modifiée de Penman-Monteith

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

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{Cste}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (IV.1)$$

Avec :

$ET_0$  : évapotranspiration de référence [mm jour<sup>-1</sup>],

$Rn$  : rayonnement net à la surface de la culture [MJ m<sup>-2</sup> jour<sup>-1</sup>],

$G$  : densité de flux de chaleur dans le sol [MJ m<sup>-2</sup> jour<sup>-1</sup>],

$T$  : température journalière moyenne de l'air à une hauteur de 2 m [°C]

$u_2$  : vitesse du vent à une hauteur de 2 m [m s<sup>-1</sup>],

$e_s$  : pression de vapeur saturante [kPa],

$e_a$  : pression de vapeur réelle [kPa],

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

$D$  : pente de la courbe de pression de vapeur saturante [kPa °C<sup>-1</sup>],

$g$  : constante psychrométrique [kPa °C<sup>-1</sup>].

Pour l'exécution des calculs, nous avons appliqué le logiciel CROPWAT, où nous avons introduit les données mensuelles de la station météorologique de l'aéroport de Sétif (Ain Arnat):

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

Les résultats de l'évapotranspiration de référence  $ET_0$  calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0. Les résultats trouvés pour la station de l'aéroport de Sétif (Ain Arnat) récapitulés dans le tableau IV-2.

**Tableau IV.2** Calcul de l'évapotranspiration de référence à l'aide de CROPWAT 8.0.

Mois	Températures min °C	Températures max °C	Humidité (%)	Vent (m/s)	Insolation (h)	Radiation (MJ/m <sup>2</sup> .jour)	ETo- penman (mm/mois)
Janvier	1.2	9.9	83	2.9	6.3	10.0	33.94
Février	1.8	11.2	77	3.1	7.9	13.9	46.58
Mars	3.9	14.5	76	3.1	7.5	16.6	72.35
Avril	6.3	18.0	72	2.9	8.6	20.7	98.67
Mai	10.5	23.4	65	2.9	8.5	22.2	136.86
Juin	15.1	29.6	62	2.9	11.1	26.4	178.35
Juillet	18.7	33.8	52	2.7	11.9	27.2	217.83
Août	18.7	33.2	50	2.8	10.1	23.3	203.45
Septembre	14.8	27.4	85	2.7	9.3	19.7	115.37
Octobre	10.8	21.9	73	2.8	7.2	14.0	89.57
Novembre	5.6	14.8	81	2.8	5.7	10.0	46.91
Décembre	2.3	10.7	85	2.8	4.0	7.4	30.98
Moy	9.1	20.7	72	2.9	8.2	17.6	105.9

#### IV.2.3 Calcul de l'évapotranspiration maximale (ETM) :

L'Evapotranspiration maximale c'est la valeur maximale de l'évaporation d'une culture, elle dépend du stade phénologique de la culture (une culture peu couvrante évapore moins qu'une culture pleinement développée) et elle dépend aussi des conditions pédologiques et climatiques.

L'évapotranspiration maximale (ETM) est mesurée comme suit :

$$ETM = Kc * ET_0 \quad (IV.2)$$

#### IV.2.4 Les coefficients cultureux (Kc)

Les valeurs du coefficient cultural (Kc) de chaque culture ont été ressorties, en fonction du stade végétatif de la plante, de la vitesse du vent et de la valeur moyenne de l'humidité moyenne de l'air régnant au niveau de notre périmètre d'étude, à partir du bulletin « irrigation et drainage », (08. FAO, 2005).

### IV.3 Besoins en eau d'irrigation

Par définition le bilan hydrique d'une culture donnée est la différence entre d'une part les besoins en eau des cultures tels que déterminés par le climat et les caractéristiques végétales (ETM) et d'autre part la somme des apports effectifs des précipitations.

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

$$B_i = ETM - (P_{eff} + RFU_{i-1}) \quad (IV.3)$$

Avec :

ETM : évapotranspiration potentielle de référence (mm/mois) ;

Peff : pluie efficace (mm) ;

RFU : Réserve du sol assimilée à la réserve facilement utilisable disponible au début de la période ;

Le calcul de la RFU se fait comme suit :

$$RFU = Y * (H_{cc} - H_{pf}) * D_a * Z \quad (IV.4)$$

Avec :

Y : degré de tarissement ;

Da : densité apparente (1.4) ;

Z : profondeur d'enracinement (mm) ;

H<sub>cc</sub> : humidité à la capacité au champ, dans notre cas. On prend (27%) ;

H<sub>pf</sub> : humidité au point de flétrissement, dans notre cas. On prend (13%).

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

#### IV.3.1 Détermination de la pluie efficace

La pluie efficace correspond à la différence entre les précipitations totales et l'évapotranspiration réelle de la culture. L'eau des précipitations efficaces est répartie, au niveau du sol, en deux fractions : l'écoulement superficiel et l'infiltration.

Il existe plusieurs méthodes pour calculer Peff ici on va utiliser celle de pourcentage fixe (80%) :

**Tableau IV.3** Calcul des pluies efficaces pour chaque mois en mm.

Mois	Sept	oct	Nov	Déc	Jan	fév	mars	Avr	mai	juin	juil	aout	An
Pluie	32.6	33.5	29.5	34.0	34.3	28.6	32.9	33.3	36.5	21.9	9.7	13.2	340
Peff	26.08	26.8	23.6	27.2	27.44	22.88	26.32	26.64	29.2	17.52	7.76	10.56	272



### IV.3.2 Choix des cultures

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

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

#### IV.3.2.1 Culture proposées

Les scénarios d'occupation des sols retenus pour le projet sont donnés par le tableau IV.4 :

**Tableau IV.4** Scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre.

Scénario	Céréales %	Fourrages %	Maraichage %	Arboriculture %	Total %
1	50	10	25	15	100
2	42	5	41	12	100
3	37	13	32	18	100
4	30	10	35	25	100

Dans notre mémoire on propose le scénario 2 qui garde toujours la dominance des céréales (une dominance légère) mais en réduisant son pourcentage pour donner l'espace aussi aux autres cultures qui sont faiblement cultivées dans cette région (maraichage, arboriculture et cultures fourragères). La gamme des cultures proposées relatives aux cultures envisageables dans notre scénario est indiquée dans le tableau IV.5.

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

Les cultures	Surface (%)	Surface (Ha)
<b>La céréaliculture :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Blé</li> <li>▪ Avoine</li> <li>▪ Orge en vert</li> </ul>	42%	736.554 ≈ 736.6
<b>Le maraîchage :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Melon</li> <li>▪ Choux</li> <li>▪ Haricot vert</li> <li>▪ Pomme de terre</li> <li>▪ Tomate</li> </ul>	41%	719.017 ≈ 718.9

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ail</li> <li>▪ Fève</li> <li>▪ Oignon</li> <li>▪ Pois chiche</li> <li>▪ Carotte</li> <li>▪ Betterave sucrière</li> </ul>		
<b>Culture Fourragères :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Luzerne</li> </ul>	5%	87.68 ≈ 87.7
<b>L'arboriculture :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pêcher</li> <li>▪ Pommiers</li> </ul>	12%	210.44 ≈ 210.5
<b>Total</b>	100%	1753.7

#### IV.3.2.2 Identification des principaux types d'assolement

La pratique des assolements a pour but principal de maximiser les revenus et minimiser les risques de fluctuation de la fertilité de sol, d'une année à l'autre, elle permet l'association et la combinaison des grandes classes de cultures, à savoir : les maraîchages, arboriculture, céréaliculture, fourragères suivant la taille des exploitations, les moyens financiers, les capacités techniques et de la gestion des agriculteurs.

L'assolement proposé est détaillé dans le tableau IV.6:

**Tableau IV.6** Les assolements proposés.

Assolement 1	Assolement 2
Blé tendre	Avoine et Pois chiche
Orge en vert	Blé tendre
Haricots vert	Choux
Fève	Melon
Oignon vert	Pomme de terre (été)
Luzerne	Betterave sucrière
Carotte	Ail
Tomate	Carotte
Arboriculture : Pêcher, pommier.	Arboriculture : Pêcher, pommier.

**IV.3.2.3 Avantages de la rotation des cultures**

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

- Réserves minérales : la rotation permet aux plantes selon leur exigence et la zone de développement des racines d'exploiter au mieux les ressources minérales ;
- Propriétés des sols : certaines plantes tendent à détériorer la structure du sol, d'autre plantes sécrètent des toxines racinaires, mais il existe par contre des cultures améliorantes ;
- La rotation constitue un moyen de lutte contre les mauvaises herbes, les maladies et les parasites.

**IV.3.3 Cycle végétatif des cultures**

Le cycle végétatif des différentes cultures sont présentés dans le tableau IV.7 :

**Tableau IV.7** Cycle végétatif des cultures.

Cultures	sep	oct	Nov	Dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juill	Aout
<b>Blé tendre et Avoine</b>			←—————→									
<b>Orge en vert</b>			←—————→									
<b>Haricots vert</b>	→										↙	→
<b>luzerne</b>	←	—————→										
<b>Melon</b>							←—————→					
<b>Ail et oignon</b>		←—————→										
<b>Pois chiche</b>							←—————→					
<b>Choux</b>	←—————→											
<b>Fève</b>					←—————→							
<b>Pomme de terre (été)</b>	→										↙	→
<b>Betterave sucrière</b>							←—————→					
<b>Tomate</b>							←—————→					
<b>Carotte</b>	←—————→											
<b>Pêcher</b>	←—————→											
<b>pommiers</b>	←—————→											

#### IV.4 Calcul des besoins en eau des cultures

Les besoins en eau sont calculés comme suit

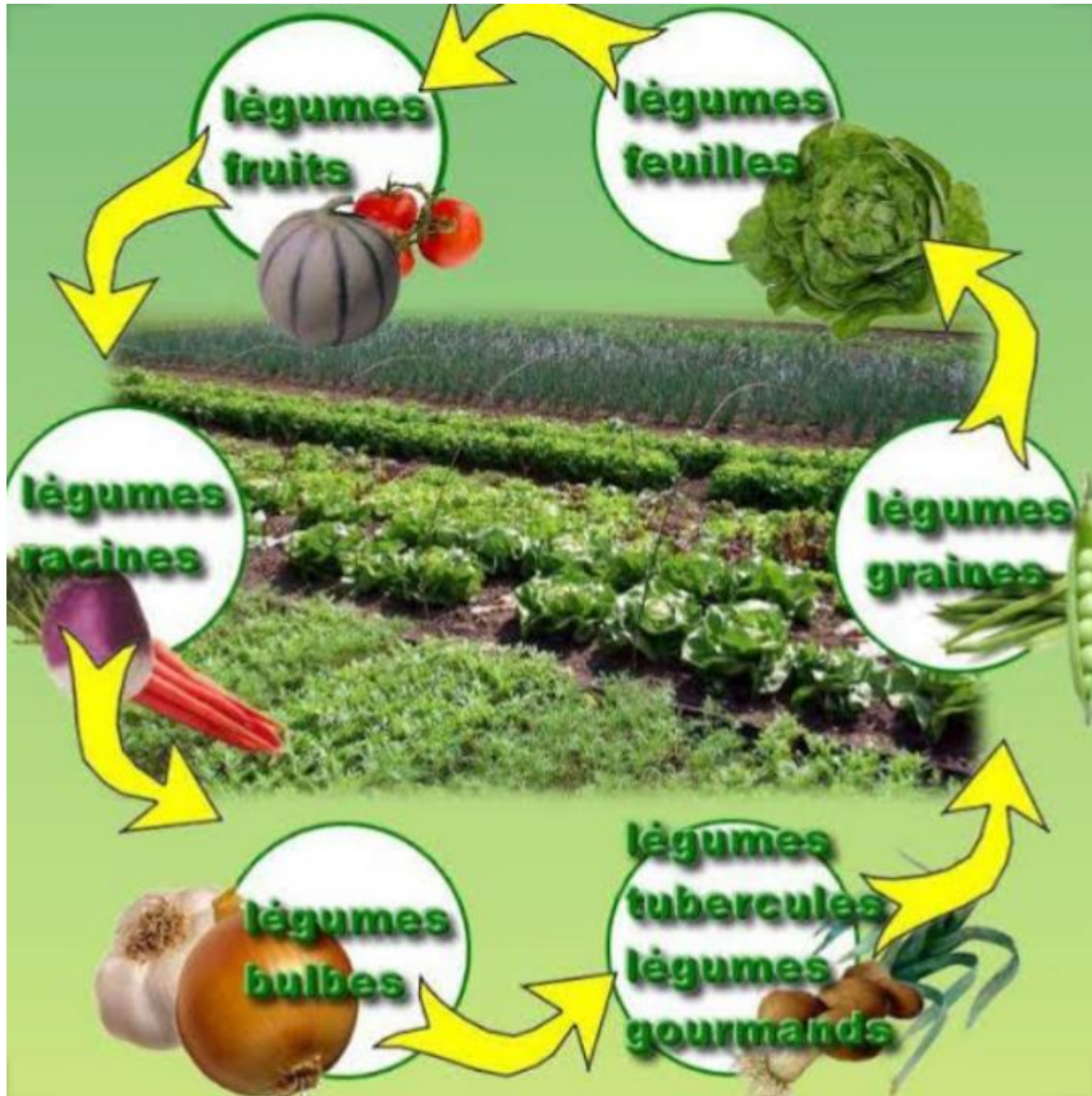


Figure IV.1 Rotation des légumes (Source: Center Blog 2017 )

**Tableau IV.8** Calcul des besoins en eau du blé tendre.

Mois	P80%	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
<b>Septembre</b>	32.6	26.1	115.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Octobre</b>	33.5	26.8	89.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Novembre</b>	29.5	23.6	46.91	0.3	39.2	19.6	0.4	18.764	0.00
<b>Décembre</b>	34.0	27.2	30.98	0.4	65.33	13.067	0.75	23.235	0.00
<b>Janvier</b>	34.3	27.4	33.94	0.5	65.33	21.778	0.90	30.546	0.00
<b>Février</b>	28.6	22.9	46.58	0.5	78.4	21.778	1.00	46.58	1.902
<b>Mars</b>	32.9	26.3	72.35	0.6	78.4	0.00	1.1	79.585	53.285
<b>Avril</b>	33.3	26.6	98.67	0.6	78.4	0.00	1.15	113.4705	86.8705
<b>Mai</b>	36.5	29.2	136.86	0.7	78.4	0.00	0.85	116.331	87.131
<b>Juin</b>	21.9	17.5	178.35	0.7	78.4	0.00	0.8	142.68	125.18
<b>Juillet</b>	9.7	7.8	217.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Août</b>	13.2	10.6	203.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Tableau IV.9** Calcul des besoins en eau du l'orge en vert.

Mois	P80%	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
<b>Septembre</b>	32.6	26.1	115.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Octobre</b>	33.5	26.8	89.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Novembre</b>	29.5	23.6	46.91	0.30	39.2	19.6	0.30	14.073	0.00
<b>Décembre</b>	34.0	27.2	30.98	0.50	65.333	19.6	0.30	9.294	0.00
<b>Janvier</b>	34.3	27.4	33.94	0.50	65.333	32.667	0.50	16.97	0.00
<b>Février</b>	28.6	22.9	46.58	0.60	78.4	21.778	0.50	23.29	0.00
<b>Mars</b>	32.9	26.3	72.35	0.60	78.4	0.00	1.00	72.35	46.05
<b>Avril</b>	33.3	26.6	98.67	0.60	78.4	0.00	1.15	113.4705	86.8705
<b>Mai</b>	36.5	29.2	136.86	0.70	91.467	0.00	1.00	136.86	107.66
<b>Juin</b>	21.9	17.5	178.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Juillet</b>	9.7	7.8	217.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Août</b>	13.2	10.6	203.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Tableau IV.10** Calcul des besoins en eau d'avoine.

Mois	P80%	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
<b>Septembre</b>	32.6	26.1	115.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Octobre</b>	33.5	26.8	89.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Novembre</b>	29.5	23.6	46.91	0.30	39.201	13.067	0.40	18.764	0.00
<b>Décembre</b>	34.0	27.2	30.98	0.50	65.335	13.067	0.70	21.686	0.00
<b>Janvier</b>	34.3	27.4	33.94	0.50	65.335	21.778	0.85	28.849	0.00
<b>Février</b>	28.6	22.9	46.58	0.60	78.402	21.778	0.95	44.251	0.00
<b>Mars</b>	32.9	26.3	72.35	0.60	78.402	0.00	1.05	75.9675	49.6675
<b>Avril</b>	33.3	26.6	98.67	0.60	78.402	0.00	1.05	103.6035	77.0035
<b>Mai</b>	36.5	29.2	136.86	0.60	78.402	0.00	0.80	109.488	80.288
<b>Juin</b>	21.9	17.5	178.35	0.60	78.402	0.00	0.7	124.845	107.345
<b>Juillet</b>	9.7	7.8	217.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Août</b>	13.2	10.6	203.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Tableau IV.11** Calcul des besoins en eau du pois chiche.

Mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
<b>Septembre</b>	32.6	26.1	115.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Octobre</b>	33.5	26.8	89.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Novembre</b>	29.5	23.6	46.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Décembre</b>	34.0	27.2	30.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Janvier</b>	34.3	27.4	33.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Février</b>	28.6	22.9	46.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Mars</b>	32.9	26.3	72.35	0.3	39.201	13.067	0.4	28.94	0.00
<b>Avril</b>	33.3	26.6	98.67	0.7	91.469	0.00	0.8	78.936	52.336
<b>Mai</b>	36.5	29.2	136.86	1.00	130.67	0.00	1.15	157.389	128.189
<b>Juin</b>	21.9	17.5	178.35	1.00	130.67	0.00	0.35	62.4225	44.9225
<b>Juillet</b>	9.7	7.8	217.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Août</b>	13.2	10.6	203.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



**Tableau IV.12** Calcul des besoins en eau du haricot vert.

Mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
<b>Septembre</b>	32.6	26.1	115.37	0.70	91.469	0	0.8	103.833	77.733
<b>Octobre</b>	33.5	26.8	89.57	0.00	0.00	45.7345	0.00	0.00	0.00
<b>Novembre</b>	29.5	23.6	46.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Décembre</b>	34.0	27.2	30.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Janvier</b>	34.3	27.4	33.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Février</b>	28.6	22.9	46.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Mars</b>	32.9	26.3	72.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Avril</b>	33.3	26.6	98.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Mai</b>	36.5	29.2	136.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Juin</b>	21.9	17.5	178.35	0.30	39.201	0.00	0.60	107.01	89.51
<b>Juillet</b>	9.7	7.8	217.83	0.50	65.335	0.00	0.75	163.3725	155.5725
<b>Août</b>	13.2	10.6	203.45	0.70	91.469	0.00	0.95	193.2775	182.6775

**Tableau IV.13** Calcul des besoins en eau du chou.

Mois	P80%	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
<b>Septembre</b>	32.6	26.1	115.37	0.3	39.2	0.00	0.5	57.685	31.585
<b>Octobre</b>	33.5	26.8	89.57	0.4	52.2666667	0.00	0.7	62.699	35.899
<b>Novembre</b>	29.5	23.6	46.91	0.5	65.33333333	17.42	0.95	44.5645	3.5445
<b>Décembre</b>	34.0	27.2	30.98	0.6	78.4	21.78	0.8	24.784	0.00
<b>Janvier</b>	34.3	27.4	33.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Février</b>	28.6	22.9	46.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Mars</b>	32.9	26.3	72.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Avril</b>	33.3	26.6	98.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Mai</b>	36.5	29.2	136.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Juin</b>	21.9	17.5	178.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Juillet</b>	9.7	7.8	217.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Août</b>	13.2	10.6	203.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Tableau IV.14** Calcul des besoins en eau du melon.

<b>Mois</b>	<b>P80%</b>	<b>Pe<sub>eff</sub>(mm)</b>	<b>ETP(mm/mois)</b>	<b>Z (m)</b>	<b>RFU_THEO</b>	<b>RFU_REEL</b>	<b>KC</b>	<b>ETM</b>	<b>B(mm)</b>
<b>Septembre</b>	32.6	26.1	115.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Octobre</b>	33.5	26.8	89.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Novembre</b>	29.5	23.6	46.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Décembre</b>	34.0	27.2	30.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Janvier</b>	34.3	27.4	33.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Février</b>	28.6	22.9	46.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Mars</b>	32.9	26.3	72.35	0.30	39.201	13.067	0.50	36.175	0.00
<b>Avril</b>	33.3	26.6	98.67	0.70	91.469	0.00	0.70	69.069	9.6683333
<b>Mai</b>	36.5	29.2	136.86	0.90	117.603	0.00	0.90	123.174	66.602
<b>Juin</b>	21.9	17.5	178.35	1.00	130.67	0.00	0.85	160.515	71.675
<b>Juillet</b>	9.7	7.8	217.83	1.00	130.67	0.00	0.75	163.3725	101.115
<b>Août</b>	13.2	10.6	203.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Tableau IV.15** Calcul des besoins en eau du Fève.

Mois	P80%	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
<b>Septembre</b>	32.6	26.1	115.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Octobre</b>	33.5	26.8	89.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Novembre</b>	29.5	23.6	46.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Décembre</b>	34.0	27.2	30.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Janvier</b>	34.3	27.4	33.94	0.3	91.467	45.7335	0.4	13.576	0.00
<b>Février</b>	28.6	22.9	46.58	0.4	91.467	30.489	0.65	30.277	0.00
<b>Mars</b>	32.9	26.3	72.35	0.5	91.467	0.00	1.05	75.9675	49.6675
<b>Avril</b>	33.3	26.6	98.67	0.6	91.467	0.00	0.9	88.803	62.203
<b>Mai</b>	36.5	29.2	136.86	0.7	65.335	0.00	0.4	54.744	25.544
<b>Juin</b>	21.9	17.5	178.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Juillet</b>	9.7	7.8	217.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Août</b>	13.2	10.6	203.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Tableau IV.16** Calcul des besoins en eau d'ail.

Mois	P80%	Peff(mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
<b>Septembre</b>	32.6	26.1	115.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Octobre</b>	33.5	26.8	89.57	0.3	39.2	13.067	0.5	44.785	4.918
<b>Novembre</b>	29.5	23.6	46.91	0.4	52.267	13.067	0.75	35.1825	0.00
<b>Décembre</b>	34.0	27.2	30.98	0.4	52.267	17.422	1	30.98	0.00
<b>Janvier</b>	34.3	27.4	33.94	0.4	52.267	17.422	1	33.94	0.00
<b>Février</b>	28.6	22.9	46.58	0.4	52.267	17.422	0.75	34.935	0.00
<b>Mars</b>	32.9	26.3	72.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Avril</b>	33.3	26.6	98.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Mai</b>	36.5	29.2	136.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Juin</b>	21.9	17.5	178.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Juillet</b>	9.7	7.8	217.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Août</b>	13.2	10.6	203.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Tableau IV.17** Calcul des besoins en eau de la pomme de terre (été).

Mois	P80%	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
<b>Septembre</b>	32.6	26.1	115.37	0.6	78.4	0.00	1.05	121.1385	95.0385
<b>Octobre</b>	33.5	26.8	89.57	0.6	78.4	26.133	0.75	67.1775	14.2445
<b>Novembre</b>	29.5	23.6	46.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Décembre</b>	34.0	27.2	30.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Janvier</b>	34.3	27.4	33.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Février</b>	28.6	22.9	46.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Mars</b>	32.9	26.3	72.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Avril</b>	33.3	26.6	98.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Mai</b>	36.5	29.2	136.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Juin</b>	21.9	17.5	178.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Juillet</b>	9.7	7.8	217.83	0.4	52.267	0.00	0.5	108.915	101.115
<b>Août</b>	13.2	10.6	203.45	0.6	78.4	0.00	0.75	152.5875	141.9875

**Tableau IV.18** Calcul des besoins en eau de la luzerne.

<b>Mois</b>	<b>P80%</b>	<b>Peff(mm)</b>	<b>ETP(mm/mois)</b>	<b>Z (m)</b>	<b>RFU_THEO</b>	<b>RFU_REEL</b>	<b>KC</b>	<b>ETM</b>	<b>B(mm)</b>
<b>Septembre</b>	32.6	26.1	115.37	0.40	52.268	0.00	0.65	74.9905	48.8905
<b>Octobre</b>	33.5	26.8	89.57	0.40	52.268	17.42	0.65	58.2205	14.0005
<b>Novembre</b>	29.5	23.6	46.91	0.70	91.469	17.42	0.70	32.837	0.00
<b>Décembre</b>	34.0	27.2	30.98	0.90	117.603	45.7345	0.80	24.784	0.00
<b>Janvier</b>	34.3	27.4	33.94	1.00	130.67	39.201	0.90	30.546	0.00
<b>Février</b>	28.6	22.9	46.58	1.20	156.804	43.556	0.95	44.251	0.00
<b>Mars</b>	32.9	26.3	72.35	1.20	156.804	0.00	1.05	75.9675	49.6675
<b>Avril</b>	33.3	26.6	98.67	1.20	156.804	0.00	1.05	103.6035	77.0035
<b>Mai</b>	36.5	29.2	136.86	1.20	156.804	0.00	1.15	157.389	128.189
<b>Juin</b>	21.9	17.5	178.35	1.20	156.804	0.00	1.20	214.02	196.52
<b>Juillet</b>	9.7	7.8	217.83	1.20	156.804	0.00	0.80	174.264	166.464
<b>Août</b>	13.2	10.6	203.45	1.20	156.804	0.00	0.80	162.76	152.16

**Tableau IV.19** Calcul des besoins en eau de la betterave sucrière.

Mois	P80%	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
<b>Septembre</b>	32.6	26.1	115.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Octobre</b>	33.5	26.8	89.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Novembre</b>	29.5	23.6	46.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Décembre</b>	34.0	27.2	30.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Janvier</b>	34.3	27.4	33.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Février</b>	28.6	22.9	46.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Mars</b>	32.9	26.3	72.35	0.30	39.201	13.067	0.35	25.3225	0.00
<b>Avril</b>	33.3	26.6	98.67	0.50	65.335	0.00	0.70	69.069	42.469
<b>Mai</b>	36.5	29.2	136.86	0.60	78.402	0.00	0.95	130.017	100.817
<b>Juin</b>	21.9	17.5	178.35	1.00	130.67	0.00	1	178.35	160.85
<b>Juillet</b>	9.7	7.8	217.83	1.00	130.67	0.00	0.85	185.155	177.35
<b>Août</b>	13.2	10.6	203.45	1.00	130.67	0.00	0.70	142.415	131.815



**Tableau IV.20** Calcul des besoins en eau d'oignon

Mois	P80%	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
<b>Septembre</b>	32.6	26.1	115.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Octobre</b>	33.5	26.8	89.57	0.3	39.2	13.067	0.5	44.785	4.918
<b>Novembre</b>	29.5	23.6	46.91	0.4	52.267	13.067	0.75	35.1825	0.00
<b>Décembre</b>	34.0	27.2	30.98	0.4	52.267	17.422	1	30.98	0.00
<b>Janvier</b>	34.3	27.4	33.94	0.4	52.267	17.422	1	33.94	0.00
<b>Février</b>	28.6	22.9	46.58	0.4	52.267	17.422	0.75	34.935	0.00
<b>Mars</b>	32.9	26.3	72.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Avril</b>	33.3	26.6	98.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Mai</b>	36.5	29.2	136.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Juin</b>	21.9	17.5	178.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Juillet</b>	9.7	7.8	217.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Août</b>	13.2	10.6	203.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Tableau IV.21** Calcul des besoins en eau de la carotte.

Mois	P80%	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
<b>Septembre</b>	32.6	26.1	115.37	0.30	39.201	0.00	0.70	80.759	54.659
<b>Octobre</b>	33.5	26.8	89.57	0.60	78.402	0.00	0.90	80.613	53.813
<b>Novembre</b>	29.5	23.6	46.91	0.90	117.603	26.134	1.05	49.2555	0.00
<b>Décembre</b>	34.0	27.2	30.98	0.90	117.603	39.201	1.00	30.98	0.00
<b>Janvier</b>	34.3	27.4	33.94	0.90	117.603	39.201	0.95	32.243	0.00
<b>Février</b>	28.6	22.9	46.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Mars</b>	32.9	26.3	72.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Avril</b>	33.3	26.6	98.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Mai</b>	36.5	29.2	136.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Juin</b>	21.9	17.5	178.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Juillet</b>	9.7	7.8	217.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Août</b>	13.2	10.6	203.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Tableau IV.22** Calcul des besoins en eau des pêcher.

Mois	P80%	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
<b>Septembre</b>	32.6	26.1	115.37	1.5	196.005	0.00	0.70	80.759	54.659
<b>Octobre</b>	33.5	26.8	89.57	1.5	196.005	0.00	0.90	80.613	53.813
<b>Novembre</b>	29.5	23.6	46.91	1.5	196.005	65.335	0.90	42.219	0.00
<b>Décembre</b>	34.0	27.2	30.98	1.5	196.005	65.335	0.90	27.882	0.00
<b>Janvier</b>	34.3	27.4	33.94	1.5	196.005	65.335	0.70	23.758	0.00
<b>Février</b>	28.6	22.9	46.58	1.5	196.005	65.335	0.65	30.277	0.00
<b>Mars</b>	32.9	26.3	72.35	1.5	196.005	65.335	0.55	39.7925	0.00
<b>Avril</b>	33.3	26.6	98.67	1.5	196.005	0.00	0.55	54.2685	27.6685
<b>Mai</b>	36.5	29.2	136.86	1.5	196.005	0.00	0.55	75.273	46.073
<b>Juin</b>	21.9	17.5	178.35	1.5	196.005	0.00	0.55	98.0925	80.5925
<b>Juillet</b>	9.7	7.8	217.83	1.5	196.005	0.00	0.55	119.8065	112.0065
<b>Août</b>	13.2	10.6	203.45	1.5	196.005	0.00	0.55	111.8975	101.2975

**Tableau IV.23** Calcul des besoins en eau des pommiers.

Mois	P80%	Pe <sub>eff</sub> (mm)	ETP(mm/mois)	Z (m)	RFU_THEO	RFU_REEL	KC	ETM	B(mm)
<b>Septembre</b>	32.6	26.1	115.37	1.5	196.005	0.00	0.95	109.6015	83.5015
<b>Octobre</b>	33.5	26.8	89.57	1.5	196.005	0.00	0.95	85.0915	58.2915
<b>Novembre</b>	29.5	23.6	46.91	1.5	196.005	65.335	0.95	44.5645	0.00
<b>Décembre</b>	34.0	27.2	30.98	1.5	196.005	65.335	0.90	27.882	0.00
<b>Janvier</b>	34.3	27.4	33.94	1.5	196.005	65.335	0.80	27.152	0.00
<b>Février</b>	28.6	22.9	46.58	1.5	196.005	65.335	0.70	32.606	0.00
<b>Mars</b>	32.9	26.3	72.35	1.5	196.005	65.335	0.50	36.175	0.00
<b>Avril</b>	33.3	26.6	98.67	1.5	196.005	0.00	0.50	49.335	22.735
<b>Mai</b>	36.5	29.2	136.86	1.5	196.005	0.00	0.50	68.43	39.23
<b>Juin</b>	21.9	17.5	178.35	1.5	196.005	0.00	0.60	107.01	89.51
<b>Juillet</b>	9.7	7.8	217.83	1.5	196.005	0.00	0.60	130.698	122.898
<b>Août</b>	13.2	10.6	203.45	1.5	196.005	0.00	0.70	142.415	131.815

L'Estimation des besoins en eau pour chaque culture pour chaque assolement est donnée dans les tableaux, tableau IV.24 et tableau IV.25:

**Tableau IV.24** Récapitulatif des besoins pour l'assolement I.

Mois	Blé tendre	Orge en vert	Melon	Fève	oignon	Luzerne	Carotte	Betterave sucrière	Pêcher	Pommier	Max	Total
Sep	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.8905	54.659	0.00	54.659	83.5015	83.5015	241.71
Oct	0.00	0.00	0.00	0.00	4.918	14.0005	53.813	0.00	53.813	58.2915	58.2915	184.836
Nov	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Déc	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Jan	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fév	1.902	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.902	1.902
Mars	53.285	46.05	0.00	49.6675	0.00	49.6675	0.00	0.00	0.00	0.00	53.285	198.67
Avr	86.8705	86.8705	9.6683333	62.203	0.00	77.0035	0.00	42.469	27.6685	22.735	86.8705	415.4883
Mai	87.131	107.66	66.602	25.544	0.00	128.189	0.00	100.817	46.073	39.23	128.189	601.246
Jui	125.18	0.00	71.675	0.00	0.00	196.52	0.00	160.85	80.5925	89.51	196.52	724.3275
Juill	0.00	0.00	101.115	0.00	0.00	166.464	0.00	177.35	112.0065	122.898	177.35	679.8335
Août	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	152.16	0.00	131.815	101.2975	131.815	152.16	517.0875

**Tableau IV.25** Récapitulatif des besoins pour l'assolement II.

Mois	Pois chiche	Avoine	Blé tendre	Choux	Haricot vert	Pomme de Terre (été)	Betterave sucrière	Ail	Oignon	Pêcher	Pommier	Max	Total
<b>Sep</b>	0.00	0.00	0.00	31.585	77.733	95.0385	0.00	0.00	0.00	54.659	83.5015	95.0385	342.517
<b>Oct</b>	0.00	0.00	0.00	35.899	0.00	14.2445	0.00	4.918	4.918	53.813	58.2915	58.2915	172.084
<b>Nov</b>	0.00	0.00	0.00	3.5445	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.5445	3.5445
<b>Déc</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Jan</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Fév</b>	0.00	0.00	1.902	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.902	1.902
<b>Mars</b>	0.00	49.6675	53.285	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	53.285	102.9525
<b>Avr</b>	52.336	77.0035	86.8705	0.00	0.00	0.00	42.469	0.00	0.00	27.6685	22.735	86.8705	309.0825
<b>Mai</b>	128.189	80.288	87.131	0.00	0.00	0.00	100.817	0.00	0.00	46.073	39.23	128.189	481.728
<b>Jui</b>	44.9225	107.345	125.18	0.00	89.51	0.00	160.85	0.00	0.00	80.5925	89.51	160.85	697.91
<b>Juill</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	155.5725	101.115	177.35	0.00	0.00	112.0065	122.898	177.35	668.942
<b>Août</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	182.6775	141.9875	131.815	0.00	0.00	101.2975	131.815	182.6775	689.5925

#### IV.4.1 Calcul du débit spécifique

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

$$qs = \frac{Bnet * 10 * 1000}{Nj * Ni * 3600 * Ei} \text{ l/s/ha} \quad (IV.1)$$

Avec :

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

Ni : nombre des heures d'irrigation=24h ;

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

Ei : Efficience d'irrigation=75%.

D'où les besoins de pointe correspondent au mois de Juin,

**Bnet =724.3275mm/mois.**

➔ **qs=3.726 l/s/ha > 1.5 l/s/ha**

Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1.5. Il y'a un risque de surdimensionnement

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

- Prendre la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures ;
- Prendre en considération la moyenne des débits spécifiques des cultures les plus exigeantes ;
- On prend donc le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe.

Pour notre cas on prend le débit spécifique de la culture la plus exigeante (Luzerne=196.52mm).

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

➔ qs =1.01 l/s /ha ; ce débit est largement inférieur à 1.5 l/s/ha donc le choix de ce débit reste valable.

#### IV.4.2 Evaluation du débit caractéristique

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

$$Qcar = qs. S$$

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

S : la superficie nette à irriguer = 1753.7 ha

➔ **Qcar = qs. S = 1.01\*1753.7 = 1771.237l/s.**

**IV.4.3 Estimation des volumes d'eau d'irrigation**

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

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

Les volumes des besoins en eau pour notre périmètre sont présentés dans le Tableau IV.24.

**Tableau IV.26** Volume d'eau d'irrigation.

Type des cultures	Surface (Ha)	Besoins en eau net (mm)	Besoins en eau net (m <sup>3</sup> /ha)	Besoins en eau brut (m <sup>3</sup> /ha)	Besoins brut totaux (m <sup>3</sup> )
<b>La céréaliculture</b>	<b>736.6Ha</b>				
-Blé tendre	580	354.3685	3543.685	4724.9133	2740449.7
Orge en vert	156.6	240.5805	2405.805	3207.74	502332.08
<b>Les fourragères</b>	<b>87.7Ha</b>				
-Luzerne	87.7	832.895	8328.95	11105.267	973931.89
<b>Le maraichage</b>	<b>666.4Ha</b>				
Melon	90	249.06033	2490.6033	3320.8044	298872.4
Fève	168.1	137.4145	1374.145	1832.1933	307991.7
Carotte	170.8	108.472	1084.72	1446.2933	247026.9
Betterave sucrière	90	613.301	6133.01	8177.3467	735961.2
Oignon	200	4.918	49.18	65.573333	13114.667
<b>Les arboricultures</b>	<b>263Ha</b>				
Pêcher	110.5	476.11	4761.1	6348.1333	701468.73
Pommiers	100	547.981	5479.81	7306.4133	730641.33
				<b>Besoins total</b>	<b>7251790.6 m<sup>3</sup></b>



On remarque que le volume nécessaire pour les besoins des cultures sur notre périmètre durant toute leur période végétative est de l'ordre de  $7.25 \text{ Hm}^3$ . Le barrage d'alimentation est de capacité de  $149 \text{ Hm}^3$ , et donc on peut extraire ce volume à partir du barrage El Mahouane.

### **Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons choisi les cultures qu'on va implanter dans notre périmètre (secteur 3 1753.7 ha) et nous avons déterminé leurs besoins en eau, ce qui nous a permis d'estimer le débit spécifique de notre périmètre en tenant compte de la culture la plus exigeante a causes des contraintes agricoles et agronomique. Aussi, nous avons calculé les besoins en eau totaux du périmètre qui frôle les  $7.3 \text{ Hm}^3$  ou on a constaté que les cultures céréalières demandent plus d'eau par rapport aux autres cultures, par ailleurs la luzerne est la culture la plus consommatrice d'eau avec un besoin en eau brut qui dépasse les  $11600 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

## V Etude du système d'adduction

### Introduction

La conception d'un périmètre exige en premier lieu une gestion rationnelle et efficace d'un système d'irrigation et une organisation convenable de ce système.

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

### V.1 Alimentation en eau du périmètre

Le périmètre de Sétif (secteur 3) dont la superficie est de 1753.7 Ha, sera irrigué à partir du barrage de Mahouan qui a une capacité initiale de 149Hm<sup>3</sup>.

### V.2 Organisation et structure du périmètre

L'organisation du périmètre est la première contrainte dans l'aménagement d'un périmètre d'irrigation.

Le périmètre de la pleine sétifienne est situé à l'aval du barrage de Mahouan, il englobe 368 ilots organisés en 13 secteurs, la surface totale est de 15764.8 ha. Pour notre étude on s'intéressera juste au secteur 3 (26 ilots et une surface de 1753.7 ha).

#### V.2.1 Ilots et bornes d'irrigation

Le terme « Ilot d'irrigation » décrit l'unité hydro-agricole alimenté par une borne d'irrigation. L'organisation d'un périmètre en ilots résulte d'un compromis de plusieurs facteurs topographiques, technico-économique, taille et nombre de parcelles...etc.

On admet généralement que l'implantation des bornes pour les zones de petites et moyennes exploitations doivent répondre aux critères suivants :

- Une prise par ilot d'exploitations ;
- Quatre (04) prises maximum sur une même borne ;
- Bornes implantées en limites d'ilots ou au centre pour les grands ilots.

#### V.2.2 Rôle et fonction de la borne d'irrigation

Chaque ilot sera équipé d'un ouvrage de desserte appelé borne d'irrigation, qui comporte une ou plusieurs sorties ou « prises » suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément.

Chaque borne, et même chaque sortie, doit assurer toutes les fonctions d'une prise c'est-à-dire :

- Régler le débit, ou plus exactement le limiter au débit de l'ilot ;
- Régler la pression ;
- Encaisser les suppressions accidentelles ;
- Compter les volumes distribués par la prise.

### V.2.3 Calcul hydraulique aux bornes

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

$$Q_b = q_s S_i \quad (V.1)$$

Avec :

$Q_b$  : Débit de chaque ilot (l/s) ;

$q_s$  : Débit spécifique (l/s/ha) ;

$S_i$  : Superficie de l'ilot (ha).

### V.2.4 Choix du diamètre et du type des bornes

Le choix du type de borne dépend de la surface de l'ilot et du nombre de parcelles. Généralement on admet :

- Pour les ilots qui ont un nombre de parcelles entre [4 -8], et dont la superficie est inférieure à 15 ha, on prend la borne à quatre prises (Borne de type A4) ;
- Pour les ilots qui ont deux parcelles et dont la superficie est inférieure à 15 ha, on prend la borne à deux prises (borne de type A2) ;
- Pour les ilots qui ont deux parcelles et dont la superficie dépasse 15 ha, on prend la borne à deux prises (Borne de type B) ;
- Pour les grands ilots ( $S > 50$  ha) on prévoit des bornes de type C.

**Tableau V.1** Volume d'eau d'irrigation.

Débit fourni	Diamètre de la borne
$Q < 40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11) l/s	D= 65mm
$40 \text{ m}^3/\text{h}$ (11.11l/s) $< Q < 80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22 l/s)	D= 100mm
$80 \text{ m}^3/\text{h}$ (22.22 l/s) $< Q < 1200 \text{ m}^3/\text{h}$ (33.33 l/s)	D= 150mm
$Q > 1200 \text{ m}^3/\text{h}$ (33.33 l/s)	D= 200 mm

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

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

N° des bornes	Nombre de parcelles	Surface planimétrique (ha)	TOTAL	Débit spécifique (l/s/ha)	Débit brut (l/s)	Débit de la borne (l/s)	Diamètre de la borne (mm)
Borne 5	1	52.79	52.79	1.01	53.3179	53.3179	200
Borne 6	1	22.23	44.65	1.01	22.4523	45.0965	200
	2	22.42		1.01	22.6442		
Borne 4	1	25.51	42.07	1.01	25.7651	42.4907	200
	2	16.56		1.01	16.7256		
Borne 2	1	8.26	79.81	1.01	8.3426	80.6081	200
	2	13.08		1.01	13.2108		
	3	8.57		1.01	8.6557		
	4	49.9		1.01	50.399		
Borne 3	1	3.62	48.76	1.01	5.6459	49.2476	200
	2	3.85		1.01	5.0803		
	3	2.01		1.01	6.5751		
	4	3.85		1.01	2.5553		
	5	10.65		1.01	3.939		
	6	15.37		1.01	25.452		
Borne 8	1	38.06	82.62	1.01	38.4406	83.4462	200
	2	44.56		1.01	45.0056		
Borne 1	1	40.59	40.59	1.01	40.9959	40.9959	200
Borne 18	1	6.53	57.49	1.01	6.5953	58.0649	200
	2	6.37		1.01	6.4337		
	3	23.85		1.01	24.0885		
	4	20.74		1.01	20.9474		
Borne 7	1	25.49	100.94	1.01	25.7449	101.949	200
	2	30.59		1.01	30.8959		
	3	7.81		1.01	7.8881		
	4	37.05		1.01	37.4205		
Borne 14	1	73.23	73.23	1.01	73.9623	73.9623	200
Borne 16	1	32.65	62.75	1.01	32.9765	63.3775	200
	2	30.1		1.01	30.401		
Borne 9	1	52.53	52.53	1.01	53.0553	53.0553	200
Borne 10	1	45.18	45.18	1.01	45.6318	45.6318	200
Borne 11	1	21.48	42.84	1.01	21.6948	43.2684	200
	2	21.36		1.01	21.5736		
Borne 12	1	162.48	162.48	1.01	164.105	164.105	200
Borne 13	1	20.66	20.66	1.01	20.8666	20.8666	100
Borne 22	1	88.35	88.35	1.01	89.2335	89.2335	200
Borne 23	1	125.12	125.12	1.01	126.371	126.371	200
Borne 24	1	15.91	104.69	1.01	16.0691	105.737	200
	2	15.08		1.01	15.2308		
	3	15.91		1.01	16.0691		
	4	0.58		1.01	0.5858		
	5	1.07		1.01	1.0807		

	6	0.45		1.01	0.4545		
	7	55.69		1.01	56.2469		
Borne 15	1	7.41	93	1.01	7.4841	93.93	200
	2	78.75		1.01	79.5375		
	3	6.84		1.01	6.9084		
Borne 20	1	99.59	105.16	1.01	100.586	106.212	200
	2	5.57		1.01	5.6257		
Borne 21	1	17.91	35.59	1.01	18.0891	35.9459	200
	2	7.41		1.01	7.4841		
	3	5.78		1.01	5.8378		
	4	4.49		1.01	4.5349		
Borne 19	1	13.39	37.92	1.01	13.5239	38.2992	200
	2	24.53		1.01	24.7753		
Borne 17	1	10.04	56.67	1.01	10.1404	57.2367	200
	2	46.63		1.01	47.0963		
Borne 25	1	16.33	47.58	1.01	16.4933	48.0558	200
	2	7.87		1.01	7.9487		
	3	7.15		1.01	7.2215		
	4	16.23		1.01	16.3923		
Borne 26	1	27.6	50.23	1.01	27.876	50.7323	200
	2	5.49		1.01	5.5449		
	3	2.48		1.01	2.5048		
	4	14.66		1.01	14.8066		

### V.3 Schéma d'aménagement hydro-agricole et variantes d'aménagement

#### a) Schéma d'adduction :

L'eau du système d'irrigation des plaines Sétifiennes sera fournie par le barrage de Mahouane situé à 14 km au nord du côté du périmètre. Ce barrage a une capacité utile d'exploitation de 147.4 Mm<sup>3</sup>, une cote de crête de 1 149m et une cote minimale d'exploitation pour l'irrigation de 1 106 m.

La conduite d'adduction part du barrage de Mahouane en parallèle à l'oued Bousalem. Tout le système est irrigué par pression naturelle, et toutes les conduites d'adduction sont en fonte, matériel qui permet de supporter les pressions du système avec de nombreux avantages d'installation et de maintenance.

Cependant, dans le cas où la pression entre la chambre de vanne et la tête de secteur est importante (>10 bars) on préconise soit :

- La réalisation d'un réservoir de stockage (de régulation) pour baisser la charge hydrostatique dans les canalisations ;
- L'installation des brises charge.

Etant donné une différence de charge importante supérieure à 11 bars, la variante retenue sera une adduction du barrage vers un bassin (réservoir de régulation).

### b) Schéma de distribution (conduites secondaires et tertiaires) :

Pour le réseau de distribution, des canalisations secondaires et tertiaires alimenteront les parcelles à partir de la conduite principale.

#### V.3.1 Dimensionnement du réservoir de distribution

Pour le dimensionnement de ce réservoir, nous avons pris en considération les données suivantes :

Le volume du réservoir est calculé comme suit :

$$V = QT_f \quad (V.2)$$

Avec :

Q est le besoin maximum journalier = 1771.237 l/s = 6376.45 m<sup>3</sup>/h

T<sub>f</sub> : 2h

Alors :

$$V = 6376.45 * 2 = 12752.9 \text{ m}^3.$$

Le bassin ou réservoir projeté est prévu rectangulaire en béton armé situé à une cote de 982m.

Les dimensions du réservoir sont comme suit:

- Hauteur et 7m.
- Longueur et 55 m.
- Largeur et 35 m.

#### V.4 Dimensionnement du réseau de distribution

Après avoir calculé les débits des ilots, nous procédons au dimensionnement des conduites et qui doit répondre aux normes hydrauliques suivantes :

- **La vitesse admissible :**

La vitesse admissible varie entre 0.5 m/s et 2.5 m/s. Dans notre étude, on prend la vitesse admissible dans la conduite égale à 1.25 m/s.

- **Le calcul du diamètre :**

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

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}} * 100 \quad (V.3)$$

Avec :

Q : Débit, exprimé en m<sup>3</sup>/s ;

D : Diamètre exprimé en mm ;

V : Vitesse économique de l'ordre de 1.25 m/s.

• **Calcul des pertes de charges :**

Les pertes de charge unitaires, ont été définies par la formule de Lechapt et Calmon, elle est donnée par l'expression suivante :

$$h_{Pu} = \frac{L * Q^M}{D^N} * C \quad (V.4)$$

Avec :

$h_{Pu}$  : perte de charge unitaire en m/ml ;

Q : débit en m<sup>3</sup>/s ;

D : diamètre de la conduite considérée ;

L, M et N : Paramètres en fonction de la rugosité absolue (Ks) des canalisations ;

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

$$J = L * Q^M / D^N \quad (V.5)$$

**Tableau V.3** Les paramètres de perte de charge.

<b>K (mm)</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>
0.1	1.2	1.89	5.01
0.5	1.4	1.96	5.19
1	1.6	1.975	5.25

## V.5 Choix du matériau des conduites

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

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

### V.5.1 Caractéristiques des canalisations

#### a) Conduites en fonte

Présentent plusieurs avantages :

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

Leur inconvénient est :

- Coût relativement important.

#### b) Conduites en PEHD

Ils sont les plus utilisés car ils présentent des avantages importants

- Bonne résistance à la corrosion ;
- Disponible sur le marché ;

- Une pose de canalisation facile ;
- Leur coût est relativement faible.

Leur inconvénient est :

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

### **V.5.2 Choix du matériau**

Dans le cas de notre étude, on choisira un matériau selon le diamètre de la conduite :

- Fonte pour les conduites de 400 à 1800 mm ;
- PEHD pour les conduites de diamètre inférieurs à 400 mm.

### **V.6 Points spéciaux d'une conduite**

Les points spéciaux d'une conduite sont :

- Les points hauts, où seront installées des ventouses trifonctionnelles d'entrée et de purge d'air ;
- Les points bas, où dans quelques-uns, seront installés des dérivations pour le vidage exceptionnel de la conduite ;
- Les dérivations vers les branches ;
- Les sectionnements intermédiaires.



Tableau V.4 Les paramètres de perte de charge

N° du tronçon		Longueur du tronçon L(m)	Surface	Débit spécifique Qsp (l/s)	Débit Q (l/s)	Débit Q (m³/s)	Diamètre calculé (mm)	Diam. norm (mm)	Vitesse réelle (m/s)	Perte de charge ΔH (m)	Perte charge total ΔHt (m)	Cote terrain aval Z (m)	Cote piezo (m)	Pression P (m)
Borne initiale	Borne finale													
B	R	10587	1753.7	1.01	1771.237	1.771237	1370.891	1500	1.00232	4.0907	4.4998	982	989	7
R	SF3	11027	1753.7	1.01	1771.237	1.771237	1370.891	1500	1.00232	4.2607	4.6868	936.46	984.3132	47.8532
SF3	N1	110.52	1753.7	1.01	1771.237	1.771237	1370.891	1500	1.00232	0.0427	0.047	936.24	984.2662	48.0262
N1	44	73.82	40.59	1.01	40.9959	0.0409959	208.562	200	1.30494	0.5599	0.6159	936.15	983.6503	47.5003
N1	N2	12	1712.10	1.01	1729.221	1.729221	1354.533	1500	0.97854	0.0044	0.0049	936.20	984.2613	48.0613
N2	41	72.62	79.81	1.01	80.6081	0.0806081	292.451	315	1.03435	0.2030	0.2233	936.1	984.038	47.938
N2	N3	382.68	1635.28	1.01	1651.6328	1.6516328	1323.796	1500	0.93463	0.1296	0.1425	933	984.1188	51.1188
N3	N4	12	189.27	1.01	191.1627	0.1911627	450.366	450	1.20196	0.0287	0.0316	933	984.0872	51.0872
N4	42	73.6	48.76	1.01	49.2476	0.0492476	228.590	250	1.00326	0.2581	0.2839	932	983.8033	51.8033
N4	N5	1114.71	140.52	1.01	141.9252	0.1419252	388.056	400	1.12940	2.7431	3.0174	938.37	981.0698	42.6998
N5	40	73.73	42.07	1.01	42.4907	0.0424907	212.330	250	0.86561	0.1956	0.2152	938	980.8546	42.8546
N5	N6	359.35	98.45	1.01	99.4345	0.0994345	324.813	315	1.27593	1.4939	1.6433	941.75	979.4265	37.6765
N6	38	73.82	52.79	1.01	53.3179	0.0533179	237.849	250	1.08618	0.3008	0.3309	942	979.0956	37.0956
N6	39	208.5	44.66	1.01	45.1066	0.0451066	218.768	250	0.91890	0.6194	0.6813	945.16	978.7452	34.5852
N3	N7	12	1446.01	1.01	1460.4701	1.4604701	1244.832	1300	1.10031	0.0032	0.0073	932.84	984.1115	51.2715
N7	46	74	100.94	1.01	101.9494	0.1019494	328.895	315	1.30820	0.3225	0.3548	931.95	983.7567	51.8067
N7	N8	591.38	1345.07	1.01	1358.5207	1.3585207	1200.598	1300	1.02350	0.4233	0.3118	926.9	983.7997	56.8997
N8	43	73.82	82.62	1.01	83.4462	0.0834462	297.555	315	1.07077	0.2203	0.2424	927.8	983.5573	55.7573
N8	N9	275.25	1262.46	1.01	1275.0846	1.2750846	1163.145	1300	0.96064	0.1748	0.1287	925.61	983.671	58.061
N9	N10	15.22	324.92	1.01	328.1692	0.3281692	590.083	600	1.16066	0.0239	0.0263	925.63	983.6447	58.0147
N10	49	74.2	52.53	1.01	53.0553	0.0530553	237.262	250	1.08083	0.2995	0.3295	924.5	983.3152	58.8152

Tableau V.4 Suite

N° du tronçon		Longueur du tronçon L(m)	Surface	Débit spécifique Qsp (l/s)	Débit Q (l/s)	Débit Q (m³/s)	Diamètre calculé (mm)	Diam. norm (mm)	Vitesse réelle (m /s)	Perte de charge ΔH (m)	Perte charge total ΔHt (m)	Cote terrain aval Z (m)	Cote piezo (m)	Pression P (m)
Borne initiale	Borne finale													
N10	N11	399.28	272.39	1.01	275.1139	0.2751139	540.282	600	0.97302	0.4502	0.4952	926.24	983.1495	56.9095
N11	50	73.82	45.18	1.01	45.6318	0.0456318	220.038	250	0.92960	0.2241	0.2465	925.5	982.903	57.403
N11	N12	377.36	227.21	1.01	229.4821	0.2294821	493.445	500	1.16874	0.7529	0.8282	928	982.3213	54.3213
N12	51	73.82	42.48	1.01	42.9048	0.0429048	213.362	250	0.87405	0.1995	0.2194	928.2	982.1019	53.9019
N12	N13	891.44	184.37	1.01	186.2137	0.1862137	444.498	450	1.17084	2.0315	2.2347	926.05	980.0866	54.0366
N13	52	599	163.71	1.01	165.3471	0.1653471	418.854	450	1.03964	1.0904	1.1995	925.5	978.8871	53.3871
N13	61	317.16	20.66	1.01	20.8666	0.0208666	148.796	160	1.03782	2.0531	2.2584	927.87	977.8282	49.9582
N9	N14	28	937.54	1.01	946.9154	0.9469154	1002.351	1000	1.20565	0.0253	0.0278	925.57	983.6432	58.0732
N14	47	73.82	73.23	1.01	73.9623	0.0739623	280.136	315	0.94907	0.1754	0.1930	924.5	983.4502	58.9502
N14	N15	1203.54	863.31	1.01	871.9431	0.8719431	961.853	1000	1.11019	0.9289	1.0218	923.69	982.6214	58.9314
N15	N16	492.44	212.42	1.01	214.5442	0.2145442	477.115	500	1.09266	0.8651	0.9516	921.7	981.6698	59.9698
N16	101	73.82	93	1.01	93.93	0.09393	315.694	315	1.20529	0.2756	0.3031	921.5	981.3667	59.8667
N16	N17	701.34	119.42	1.01	120.6142	0.1206142	357.737	400	0.95982	1.2690	1.3959	918.28	980.2739	61.9939
N17	48	73.82	62.75	1.01	63.3775	0.0633775	259.318	315	0.81325	0.1310	0.1441	916.31	980.1298	63.8198
N17	135	841.02	56.67	1.01	57.2367	0.0572367	246.435	250	1.16602	3.9186	4.3105	914.86	975.9634	61.1034
N15	N18	303.92	650.89	1.01	657.3989	0.6573989	835.178	900	1.03337	0.2332	0.2565	925.56	982.3649	56.8049
N18	N19	214.53	95.36	1.01	96.3136	0.0963136	319.675	315	1.23588	0.8397	0.9237	926.67	981.4412	54.7712
N19	45	73.82	57.49	1.01	58.0649	0.0580649	248.211	250	1.18289	0.3534	0.3888	926.65	981.0524	54.4024
N19	104	380.22	37.88	1.01	38.2588	0.0382588	201.479	200	1.21782	2.5307	2.7837	927.5	978.6575	51.1575
N18	N20	12	555.53	1.01	561.0853	0.5610853	771.576	800	1.11624	0.0123	0.0135	925.46	982.3514	56.8914
N20	102	73.82	105.16	1.01	106.2116	0.1062116	335.699	400	0.84521	0.1050	0.1155	924.05	982.2359	58.1859

Tableau V.4 Suite et fin.

N° du tronçon		Longueur du tronçon L(m)	Surface	Débit spécifique Qsp (l/s)	Débit Q (l/s)	Débit Q (m³/s)	Diamètre calculé (mm)	Diam. norm (mm)	Vitesse réelle (m /s)	Perte de charge ΔH (m)	Perte charge total ΔHt (m)	Cote terrain aval Z (m)	Cote piezo (m)	Pression P (m)
Borne initiale	Borne finale													
N20	N21	12	450.37	1.01	454.8737	0.4548737	694.720	700	1.18197	0.0162	0.0178	925.36	982.3336	56.9736
N21	103	73.82	35.59	1.01	35.9459	0.0359459	195.294	200	1.14419	0.4367	0.4804	925.4	981.8532	56.4532
N21	N22	1124.91	400.07	1.01	404.0707	0.4040707	654.777	700	1.04996	1.2117	1.3328	921.29	981.0008	59.7108
N22	96	73.82	88.35	1.01	89.2335	0.0892335	307.701	315	1.14503	0.2501	0.2751	920	980.7257	60.7257
N22	N23	646.50	311.72	1.01	314.8372	0.3148372	577.973	600	1.11351	0.9406	1.0347	918.22	979.9661	61.7461
N23	99	73.82	125.12	1.01	126.3712	0.1263712	366.175	400	1.00563	0.1459	0.1605	917.9	979.8056	61.9056
N23	N24	223.73	186.60	1.01	188.466	0.188466	447.179	450	1.18500	0.5216	0.5737	917.81	979.3924	61.5824
N24	100	75.54	104.69	1.01	105.7369	0.1057369	334.948	400	0.84143	0.1066	0.1172	917.3	979.2752	61.9752
N24	N25	792.61	97.82	1.01	98.7982	0.0987982	323.772	400	0.78621	0.9836	1.0820	913.2	978.3104	65.1104
N25	136	74.33	47.58	1.01	48.0558	0.0480558	225.807	250	0.97898	0.2489	0.2738	912.7	978.0366	65.3366
N25	137	617.77	50.23	1.01	50.7323	0.0507323	232.010	250	1.03351	2.2916	2.5207	910.7	975.7897	65.0897

## Conclusion

Dans Ce chapitre, nous avons étudié le système d'adduction du périmètre des plaines Sétifiennes.

Le secteur 3 est découpé en 26 ilots, et comporte 26 bornes, le réseau d'adduction projeté est constitué par une conduite gravitaire vers un réservoir brise charge, qui a son tour alimentera les parcelles.

Cette phase de calcul nous a permis :

- De calculer le réseau d'adduction qui est constitué d'une conduite de refoulement de diamètre 1500 mm.
- De projeter le réseau de distribution, du réservoir vers les bornes d'irrigation à travers un système de canalisation en fonte et en PEHD.
- De s'assurer des pressions des bornes, qui sont nécessaires à toute projection d'un réseau d'irrigation, ce qui permet d'utiliser plusieurs systèmes d'irrigation même les plus exigeants en pression (tel que l'aspersion) et de diversifier les cultures pour de meilleurs rendements.

## VI Les techniques d'irrigation

### Introduction

L'humidité du sol à l'état naturel est souvent insuffisante, et pour garantir un rendement optimum des cultures, on a recours à l'irrigation. Il existe plusieurs techniques ou modes d'irrigation. Dans ce chapitre on va étudier ces différentes techniques puis on va choisir la technique qui correspond avec les caractéristiques de notre périmètre.

### VI.1 Différentes techniques d'arrosages

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

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

#### VI.1.1 L'irrigation de surface

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

##### VI.1.1.1 L'irrigation par ruissellement

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

- **Les avantages de l'irrigation par ruissellement**
  - Les investissements pour l'équipement sont peu élevés ;
  - Pas de dépense pour la mise sous pression de l'eau ;
  - Possibilité de lessivage sans risques d'érosion ;
  - Matériel d'irrigation assez simple.
- **Les inconvénients de l'irrigation par ruissellement**
  - Temps d'irrigation important ;
  - Nécessité de nivellement et son entretien ;
  - Pertes importantes d'eau.

##### VI.1.1.2 L'irrigation par surpression

C'est l'une des techniques les plus anciennes. Son principe est d'apporter une hauteur d'eau au niveau d'une parcelle dans des planches façonnées au préalable. Elle est réservée aux cultures exigeantes en eau. C'est une technique qui ne demande ni technicité, ni matériel. Elle est moins coûteuse et ne demande pas de la main d'œuvre. Elle présente une fréquence d'irrigation plus lente et permet un bon lessivage des sols salins. Néanmoins, elle exige des quantités importantes d'eau et risque de provoquer une asphyxie racinaire.

### VI.1.1.3 L'irrigation par submersion

L'eau est acheminée aux cultures par pompage artificiel

- **Les avantages de la submersion**
  - Destruction des adventices ;
  - Protège contre le gel
- **Les inconvénients de la submersion**
  - Tassement du sol ;
  - Diminution de la porosité d'où diminution de la perméabilité ;
  - Nécessite un système de drainage pour assainir les eaux ;
  - Manque d'aération.

### VI.1.1.4 L'irrigation par infiltration

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

- **Les avantages**
  - Pas de danger d'érosion, ni de formation de croûtes ;
  - L'accès est facile au terrain.
- **Les inconvénients**
  - Grande perte d'eau ;
  - Exigence en main d'œuvre.

### VI.1.2 L'irrigation par aspersion (pivot)

C'est une technique d'irrigation récente. Il s'agit d'apporter l'eau sous forme de pluie artificielle grâce à des distributeurs appelés asperseurs qui fonctionnent sous pression. Une technique facile à appliquer et permettant l'exploitation du maximum de la surface cultivée en économisant une quantité importante d'eau. Toutefois, certains inconvénients sont à signaler à savoir ; le temps d'arrosage important et le tour d'irrigation faible. Elle nécessite une haute pression dans le réseau et donc une énergie à fournir. Les frais d'installation et d'énergie sont importants et le débit d'eau est élevé.

- **Description et principe de fonctionnement**

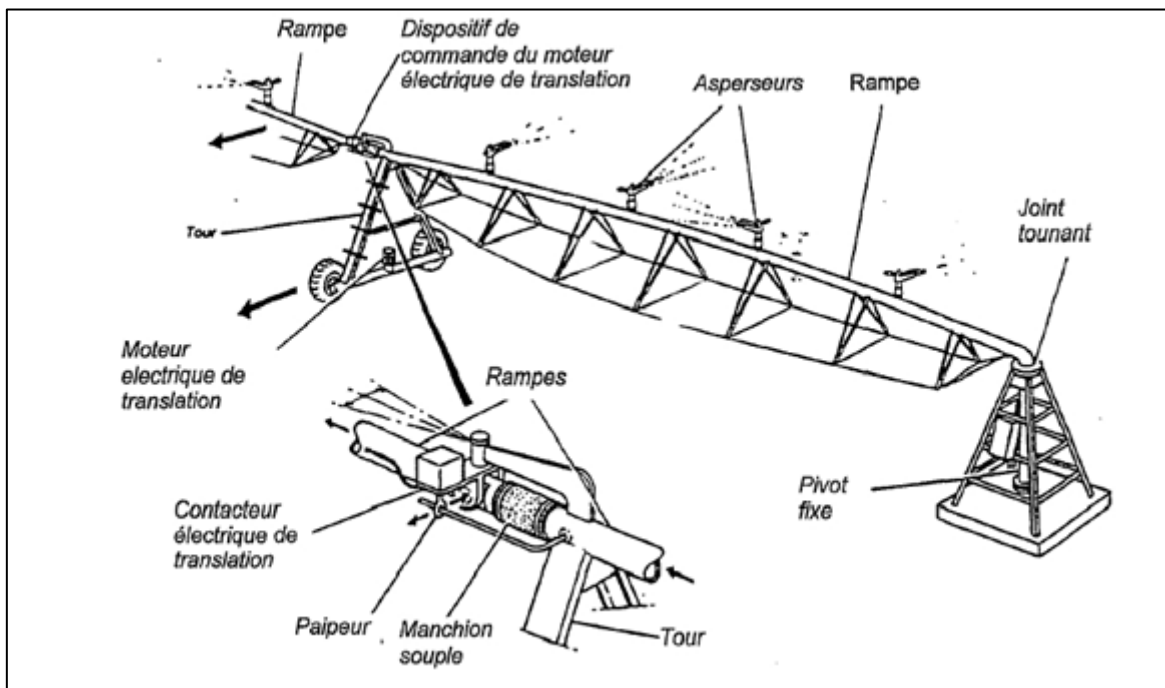
Le centre pivot ou encore rampe pivotante est un appareil d'irrigation constitué d'un tube galvanisé qui tourne autour d'un point fixe et supporté par des supports métalliques en forme (A) à l'aide d'une armature et fils métallique. Les supports sont distants de près de 30m et montés sur des roues. La longueur du tube pivotant est de 150 à 600 m et l'eau arrive à l'aide d'une conduite métallique, enterrée qui est reliée à une pompe d'eau montée généralement sur forage ou source d'eau.

En général, un pivot est constitué d'une tour centrale autour de laquelle tournent les autres éléments, d'une conduite d'eau assurant son alimentation en eau, des tours mobiles sous forme d'articulations de 30 à 75 cm de long et 3 mètres de hauteur et la longueur totale des tours est de 200 à 400 m et parfois jusqu'à 900 m, des organes d'arrosage (buses, asperseurs rotatifs et canons en extrémité), et un armoire de commande qui est constitué d'un interrupteur principal, un sélecteur de vitesse, un sélecteur de direction et un voltmètre.

Les buses et les asperseurs sont positionnés sur la conduite d'eau selon leur débit de telle sorte d'avoir une pluviométrie uniforme. Ceci est réalisé en gardant le même débit pour tous les organes et faire varier leur écartement ou bien en variant les débits et en fixant l'écartement. Le débit augmente en s'éloignant de l'axe. Les buses sont généralement montées sur la rampe (tête vers le bas) par des tubes verticaux de façon d'être plus proche du sol que la rampe, ce qui permet d'améliorer l'efficacité de l'arrosage en cas de vent et de réduire un peu la pression de service. Elles sont parfois dotées de pastilles de diamètres variables qui déterminent les caractéristiques de fonctionnement débit-pression pour une pression de 1 à 3 bars, un débit de 1 à 7 m<sup>3</sup>/heure.

Le mouvement du pivot est assuré soit d'une manière hydraulique ou électrique. Pour la première, on utilise l'énergie hydraulique obtenue par la pression de l'eau à l'intérieur du tube d'aspersion pour faire fonctionner un moteur hydraulique. Il y'a une maîtrise de la vitesse des tours donc la vitesse du tube d'aspersion. L'inconvénient de cette méthode c'est que l'appareil ne fonctionne qu'en cour de l'irrigation et ou ne peut déplacer le tube que s'il contient de l'eau La méthode électrique est basée sur l'utilisation de moteurs électriques séparés avec une puissance de 367.75 à 1104 Watt et qui fonctionnent en poussant les roues à tourner à l'aide d'une caisse trousse ou chaîne de mouvement.

La machine ne se déplace pas d'une façon continue mais à des séries de départs et arrêts qui sont contrôlés par la fréquence du mouvement du moteur. Lors du fonctionnement d'un pivot, il faut commencer par le réglage de la vitesse de déplacement des tours dont le mouvement est commandé par la dernière tour qui conditionne la vitesse du déplacement du pivot. Cette vitesse dépend essentiellement de la quantité d'eau à apporter, car si on veut apporter une grande dose, on doit diminuer la vitesse du pivot.



**Figure VI.1** L'irrigation par pivot (19. Saiyouri, 2012)



**Figure VI.2** La rampe frontale (12. Mbakwe, et al., s.d.).

- **Les avantages**
  - Ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer ;
  - Provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie ;
  - Economie d'eau ;
  - Favorise les conditions ambiantes ;
  - Possibilité d'automatisation du système d'irrigation ;
  - Nécessite moins de mains d'œuvres.
- **Les inconvénients**
  - Coût élevé (prix d'achat du matériel très important) ;
  - Tassement du sol ;
  - Favorise le développement des mauvaises herbes ;
  - L'homogénéité de l'arrosage est dégradée si la vitesse de vent est importante;
  - En cas d'utilisation des eaux salées, il y'aura danger pour le feuillage.

### **VI.1.3 L'irrigation localisée (goutte à goutte)**

Elle consiste à créer un bulbe d'humidité aux environs des racines en gardant le potentiel matriciel à un niveau très bas. Les débits délivrés sous de basses pressions sont faibles, selon les modèles des distributeurs. Elle a pour avantage l'économie d'eau et des engrais, la réduction de la main d'œuvre et de l'effort, la lutte contre les mauvaises herbes et facilite la conduite culturale.

Certains inconvénients peuvent être résumés en un coût d'installation élevé et au problème d'accumulation des sels aux alentours des cultures.



La technique d'irrigation la plus connue sous le nom de l'irrigation localisée est la goutte à goutte. L'irrigation au goutte à goutte est principalement une technique au moyen de laquelle eau et fertilisants peuvent être mis directement à la disposition du système racinaire de la culture grâce à des goutteurs conçus pour distribuer les faibles débits appropriés. C'est à dire arroser peu et souvent à proximité des racines des plantes

- **Les avantages**

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

- **Les inconvénients**

- Coût très élevé du matériel ;
- Risque d'obstruction des goutteurs ;
- Nécessité d'une main d'œuvres spécialisés.

## **VI.2 Choix des techniques d'arrosage**

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

### **VI.2.1 Les contraintes naturelles**

#### **VI.2.1.1 L'évaporation**

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

#### **VI.2.1.2 Le vent**

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

#### **VI.2.1.3 Le sol**

Les sols de périmètre de la plaine sétifienne présente une texture limoneux-argileuse, la perméabilité est moyenne, d'où l'irrigation de surface doit être prudente afin d'éviter l'asphyxie des plantes, dans ce cas l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisé ont des avantages du fait qu'on peut donner des faibles doses.

#### **VI.2.1.4 La pente**

Notre périmètre a une pente qui ne dépasse pas les 2% en général, donc cette dernière ne présente aucune contrainte particulière.

### **VI.2.2 Les contraintes techniques**

- Qualification de main d'œuvre ;
- Entretien du matériel.

### VI.2.3 Les contraintes agronomiques

Les types des cultures envisagées dans notre périmètre sont constitués de cultures fourragère, céréale, maraîchage, et arboriculture, pour des raisons d'économie d'eau essentiellement on retient l'irrigation par aspersion pour les cultures fourragères et maraîchages, et l'irrigation localisée pour les figuiers.

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

**Figure VI.3** Analyse multicritères de choix de technique d'arrosage.

Contraintes	Irrigation de surface par Rigole	Irrigation par Aspersion	Irrigation localisé
<b>Contraintes naturelles</b>			
Evaporation	+	++	++
Vent (2.9 m/s)	+++	+	+++
Texture(limono-argileuse)	++	++	+++
Perméabilité (moy)	+++	+++	+++
Pente (2%)	+++	+++	+++
Qualité d'eau d'irrigation (bonne)	+++	++	+++
<b>Contrainte agronomique</b>			
Maraichage	+++		+++
Fourragère et céréales	X	+++	X
Arbres	+++	X	+++
<b>Contraintes économique</b>			
Economie d'eau	X	+++	+++

#### Remarque

**X** : Déconseillé ;

**+** : Adapté avec réserve ;

**++** : Adapté ;

**+++** : Très adapté.

**Conclusion**

L'irrigation est grande consommatrice d'eau. Elle est nécessaire pour compenser les pertes des plantes et du sol.

Pour éviter d'utiliser trop d'eau, les quantités correctement calculées et nécessaires aux cultures doivent donc être soigneusement estimées.

Pour le cas de notre étude, nous nous sommes basés sur les techniques d'irrigation modernes telles que l'aspersion et le goutte à goutte qui seront utilisées dans notre périmètre.

## VII Dimensionnement à la parcelle

### Introduction

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production et permettre leur développement normal, en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides.

Parmi les différentes options techniques qui sont à envisager lors de l'élaboration d'un schéma d'aménagement, le choix de la technique d'irrigation constitue un point primordial.

Ce chapitre est dédié au dimensionnement d'un réseau d'irrigation à la parcelle à savoir l'aspersion et le système goutte à goutte en tenant compte des contraintes de la zone du périmètre.

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

### VII.1 Dimensionnement du réseau d'irrigation par aspersion

Le dimensionnement par aspersion, nécessite au préalable la quantification de certains paramètres nécessaires à la mise en œuvre de cette technique.

#### VII.1.1 Données générales

- **Choix de la culture** : étant donné les cultures mises en places sont très appréciées dans la région, nous avons choisi l'irrigation du blé par aspersion ;
- **Choix de la parcelle** : la parcelle choisie pour l'arrosage par aspersion est située à l'ilot N°3, la parcelle P°4 est d'une superficie de 3.85 ha, qui dispose d'une pression aux bornes de 5.12 bars ;
- **Choix du mode de couverture** : pour des raisons économiques, on adopte pour la couverture totale ;
- **Temps de travail** : 22 heures par jour, et 26 jours par mois ;
- **Besoins en eau de pointes** : 125.18 mm pour le mois de juin ;
- **Perméabilité du sol** : le sol est de type limoneux-argileux avec une perméabilité estimée de :  $K=7\text{mm/h}$  ;
- **Calcul de la Dose pratique** : La RFU est calculée comme suit :

$$\text{RFU} = Y \times (\text{Hcc} - \text{Hpf}) \times \text{Da} \times Z \quad (\text{VII.1})$$

Avec :

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

Da : densité apparente : égale à 1.4 ;

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

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

Hpf : humidité au point de flétrissement (13%).

### VII.1.2 Dimensionnement théorique

#### A- Calcul du diamètre de l'ajutage :

La perméabilité du sol  $K= 7 \text{ mm/h}$  ;

On pose  $p \leq k$  tel que  $p$  est la pluviométrie de la buse.

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

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

D'où :

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

D'après la fiche technique d'un arroseur de type PERROT (Annexe 2), le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de **4.8mm**.

#### B- Calcul de la portée du jet (L) :

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

$$L = 3 \cdot d^{0.5} h^{0.25} \quad (\text{VII.3})$$

Tel que :

$d$  : diamètre de la buse en (mm)

$h$  : pression de la buse en (m), dans notre cas  $h=3.0 \text{ bars} = 30 \text{ m}$ .

$$L = 3 \times 4.805 \times 300.25 = 15.38 \text{ m}$$

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

D'après le catalogue du fournisseur Perrot (Annexe 2), pour le diamètre de la buse de 4,80mm à une pression de service minimale de 3.0 bars la portée calculée est de 16.0m.

#### C- Ecartement entre les rampes et les arroseurs

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

- L'écartement  $E_l$  entre les lignes d'arrosage est égal à 1.25 L pour un vent faible et à 1.02 L pour un vent fort.
- L'écartement  $E_a$  entre les arroseurs sur la rampe est égal à 0.8 L pour un vent faible et à 0.5 L pour un vent fort.

Notre zone d'étude présente des vitesses de vents oscillant entre 2.0 et 3.1 m/s, qui correspondent à des conditions de vent peu violents, donc on prend les valeurs suivantes :

$$E_l = 1.25 \times 16 = \mathbf{20\ m}$$

$$E_a = 0.8 \times 16 = \mathbf{12.8\ m}$$

On prend les valeurs normalisées des écartements, d'où :

$$E_l = \mathbf{18\ m}$$

$$E_a = \mathbf{12\ m}$$

#### D- Calcul du débit de l'asperseur :

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

$$q = 0.95 \times \frac{\pi \cdot d^2}{4} \times \sqrt{2gh} \quad (\text{VII.4})$$

$$q = 0.95 \times \frac{\pi \times (4.8)^2}{4} \times \sqrt{2 \times (9.81) \times 30} = 4.2 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = \mathbf{1.50\ m^3/h}$$

#### E- Verification de la pluviométrie de la buse :

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

$$p = \frac{q}{E_a \times E_l} \quad (\text{VII.5})$$

$$p = \frac{1.50 \times 1000}{12 \times 18} = 6.95 \text{ mm/h}$$

Donc le diamètre de la buse choisi va assurer une pluviométrie  $\mathbf{P \leq K = 7\text{mm/h}}$ .

#### F- Calcul du tour d'eau :

$$T_{eau} = \frac{\text{Dose}_{\text{RFU}} \times \text{NJ}}{B_{\text{pointe}}} \quad (\text{VII.6})$$

vec :

$$\text{Dose}_{\text{RFU}} = 78.4 \text{ mm}$$

$$\text{NJ} = 26 \text{ jours/mois}$$

$$B_{\text{pointe}} = 125.18 \text{ mm}$$

$$T_{eau} = \frac{78.4 \times 26}{125.18} = 16.284 \text{ jours}$$

Donc le nombre d'irrigation sera égal à 2 irrigations par mois, soit chaque 15 jour.

Efficiencce d'irrigation = **0.75**

Besoin journalier =  $125.18/30 = 4.17$  mm

La nouvelle dose réelle =  $10 \times 4.17 = 41.7$  mm

La nouvelle dose brute =  $41.7/0.75 = 55.6$  mm

Le temps d'arrosage par position sans dépasser la capacité d'infiltration :

$$T_a = \frac{\text{dose brute}}{P} \quad (\text{VII.7})$$

Pour  $P = 7$  mm/h on aura :

$T_a = 55.6 / 7 = 7.943$  le temps d'arrosage est de **8 heures**.

Donc on pourra adopter deux positions par jour pour chaque asperseur .

#### G- Calcul de l'unité d'arrosage $S_u$ :\*

La surface unitaire arrosée ou unité de surface se calcule comme suit :

$$S_u = \frac{S}{T \times n} \quad (\text{VII.8})$$

$$S_u = \frac{3.85}{15 \times 2} = 0.1283 \text{ Ha}$$

#### H- Nombre d'asperseurs requis :

$$N_{asp} = \frac{\text{Surface a arroser (m}^2\text{)}}{\text{Implantation}} \quad (\text{VII.9})$$

$$N_{asp} = \frac{0.1283 \times 10000}{18 \times 12} = 6 \text{ asperseurs}$$

#### i. Calcul du volume fourni par un asperseur par mois :

$V = \text{Nbre de position par jour} \times \text{Nbre d'irrigation par mois} \times \text{dose} \times E_l \times E_a$

$$V = \frac{2 \times 2 \times 78.4 \times 18 \times 12}{1000} = 67.74 \text{ m}^3$$

### VII.1.3 Dimensionnement hydraulique des rampes

Cette étape de dimensionnement diffère d'une parcelle à une autre car elle basée sur les dimensions de la parcelle ainsi que la façon dont on projette le réseau d'aspersion, dans notre cas nous avons : la longueur du terrain est de 245.6m, la largeur du terrain est de 156.8 m.

#### A) La longueur de la rampe

$$L_r = \frac{\text{Largeur du terrain}}{2} - \frac{E_a}{2} \quad (\text{VII.10})$$

$$L_r = \frac{165.8}{2} - \frac{12}{2} = 76.9 \text{ m}$$

On prend:  $L_r = 76.9 \text{ m}$

**B) Le nombre d'asperseurs par rampe**

$$N_{asp/rampe} = \frac{L_r}{E_a} \quad (\text{VII.11})$$

$$N_{asp/rampe} = \frac{76.9}{12} = 6 \text{ asperseurs}$$

**C) Nombre de rampes**

$$N_{rampes} = \frac{N_{asp}}{N_{asp/rampe}} = 1 \text{ rampe} \quad (\text{VII.12})$$

Donc on travaille avec une seule rampe

**D) Débit des rampes**

$$Q_{rampe} = Q_{asp} \times \text{nbre d'asperseurpar rampe} \quad (\text{VII.13})$$

a-  $Q_{rampe} = 1.50 \times 6 = 9 \text{ m}^3/\text{h}$

**b- Débit de la porte rampe**

$$Q_{porte rampe} = Q_{rampe} \times N_{rampes} \quad (\text{VII.14})$$

$$Q_{porte rampe} = 9 \times 1 = 9 \text{ m}^3/\text{h}$$

**c- Dimensionnement de la rampe et du porte-rampe**

Pour l'estimation du diamètre des canalisations on prend une vitesse  $V$  où :

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

On suppose que  $V = 1.3 \text{ m/s}$  et on calcule le diamètre des canalisations :

$$D_r = \sqrt{\frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times V}} = \sqrt{\frac{4 \times 2.5 \times 10^{-3}}{\pi \times 1.3}} = 0.05 \text{ m}$$

$$D_{Pr} = \sqrt{\frac{4 \times Q_r}{\pi \times V}} = \sqrt{\frac{4 \times 2.5 \times 10^{-3}}{\pi \times 1.3}} = 0.05 \text{ m}$$

En prend  $D_r = 50 \text{ mm}$

**d- Calcul des pertes de charge**

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

$$\Delta H = \left( \frac{3.592}{C_H} \right)^{1.852} \frac{L}{D^{4.87}} Q^{1.852} \quad (\text{VII.15})$$

Avec :

$\Delta H$  : Perte de charge unitaires (m/m) ;

$Q$  : Débit de la conduite en  $\text{m}^3/\text{s}$  ;



$C_H$  : coefficient équivalent à 130.

Pour la rampe on a :  $L=76.9$  m,  $D=0.050$  m,  $Q=0.00125$  m<sup>3</sup>/s →  $\Delta H=3.284$   
la perte de charge est importante, et donc on prendra  $D=0.063$ mm →  
 $\Delta H=1.066$

Pour le porte rampe on a :  $L=220$ m,  $D=0.05$ m,  $Q=0.0025$ m<sup>3</sup>/s →  $\Delta H=9.39$   
la perte de charge est très importante, et donc on prendra  $D=75$ mm →  
 $\Delta H=1.304$

L'application de la règle de Christiansen conduit à imposer une perte de charge maximale de 20% de la pression de fonctionnement ( $P=3$  bars, =30 m) entre le premier asperseur et l'asperseur le plus défavorisé, soit  $\Delta H = 6$ m.

Pour une perte de charge totale de  $2.37$  m < 6 m, la règle de Christiansen est donc respectée.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

**Tableau VII.1** Résultat du calcul pratique d'aspersion.

Paramètres	Porte rampe	Rampe
Longueur (m)	220	76.9
Diamètre (mm)	75	63
Débit (m <sup>3</sup> /s)	9	9
Vitesse (m/s)	0.65	0.8
Perte de charge totale (m)	1.304	1.066

#### VII.1.4 Calcul de la pression en tête du réseau

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

$$H = H_1 + H_2 + H_3 \quad (\text{VII.16})$$

Avec :

$H$  : pression à la tête de la parcelle.

$H_1$  : Pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (3bar).

$H_2$  : Perte de charge totale de la rampe

$H_3$  : La dénivelée. (0 m. terrain relativement plat)

$$H=30+2.37+0=32.37 \text{ m.}$$

$H=3.24$  bars, ce qui est largement suffisant vu la pression aux bornes qui est de plus de 5.0 bars.

## **VII.2 Dimensionnement du réseau d'irrigation goutte à goutte**

### **VII.2.1 Introduction**

L'irrigation localisée ou irrigation par le goutte à goutte peut être considérée comme une solution pratique aux problèmes de la sécheresse au même titre que les méthodes traditionnelles de l'irrigation de surface et de l'irrigation par aspersion elle permet une très grande efficacité de l'irrigation. Dans ce chapitre on va dimensionner une partie de notre périmètre par le goutte à goutte dont le but principal est d'économiser le maximum d'eau.

### **VII.2.2 Définition**

Le système d'irrigation goutte à goutte est un système qui permet une très grande efficacité de l'irrigation. Des perforations dans des tuyaux longeant les lignes de culture distribuent l'eau aux plantes de manière localisé et à très faible débit, évitant ainsi un maximum de déperdition.

Très économe en eau et en main d'œuvre, il demande par contre une très grande technicité de ces utilisateurs. Les rendements peuvent être très élevés, mais l'investissement est très important.

### **VII.2.3 Composition d'une installation goutte à goutte**

#### **VII.2.3.1 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 (22. Veschambre & Vaysse, s.d.).

#### **VII.2.3.2 Composition de l'unité de tête**

Cette unité est 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 porte-rampes ou même des rampes.

Pour introduire des éléments fertilisants, on utilise le plus souvent un réservoir que l'on remplit d'engrais solubles, azote en particulier : c'est un petit récipient sous pression avec une entrée et une sortie.



**Figure VII.1** Pompes doseuses pour engrais chimiques (Source: skyplant, greenhouse automatic proportional pump).

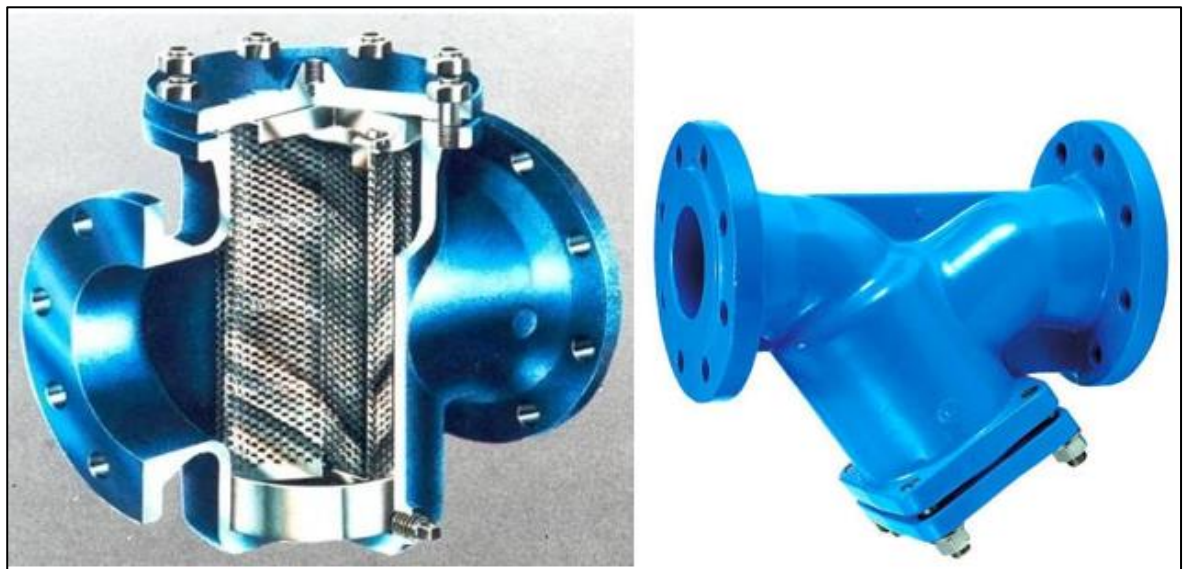
Les éléments fertilisants. L'installation comprend :

**a- Unité de filtration**

Elle constitue la partie essentielle de toute installation goutte à goutte. On distingue plusieurs sortes de filtres.

**b- Filtre à tamis**

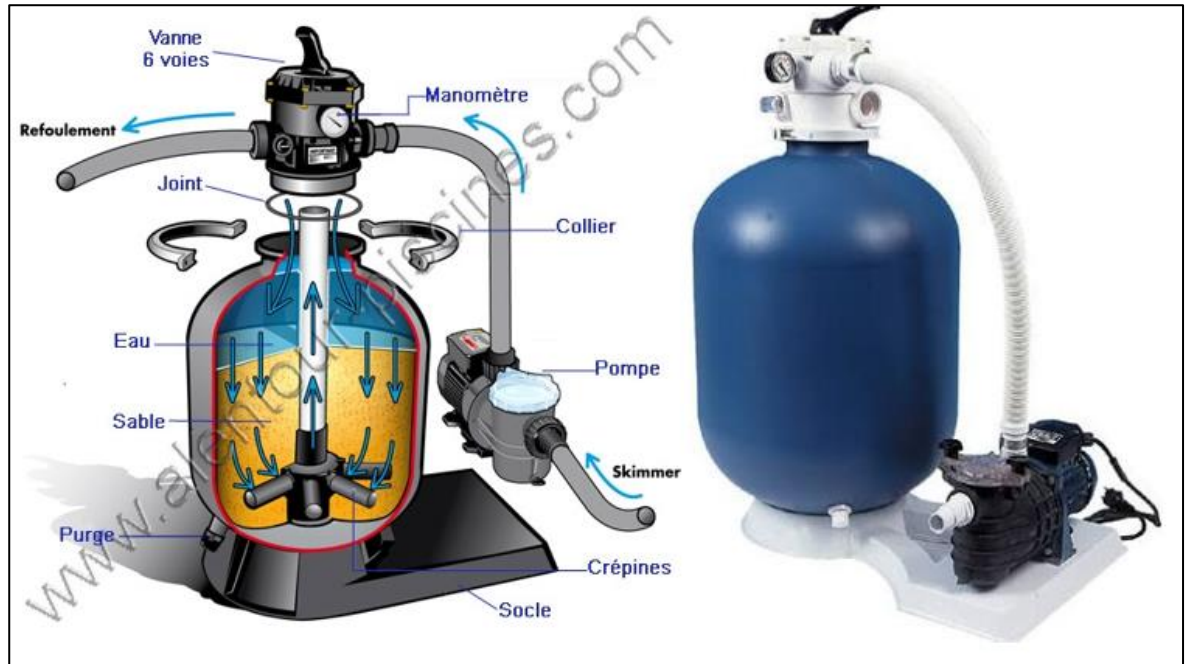
Il est constitué d'une toile fine ou des lamelles faiblement écartées



**Figure VII.2** Filtre à tamis (Source: Cours de filtration azprocede).

**c- Filtre à sable**

Constitué d'un certain nombre de couche de matériaux, de granulométrie bien définie et régulière.



**Figure VII.3** Filtre à sable (Source: Cours de filtration azprocede).

**d- Filtre à gravier**

Les filtres à sable ou à gravier sont donc considérés comme faisant partie des technologies conventionnelles déjà éprouvées. Les installations sont construites sur place sur la base de critères de conception définis dans la littérature.



**Figure VII.4** Filtre à gravier (Source: Cours de filtration azprocede).

**e- Injecteur d'engrais**

Il comporte une vanne montée entre l'entrée et la sortie d'arroseur qui permet de dévier une partie de la pression du réseau dans la cuve et d'agir sur la solution fertilisante.

Ainsi, la solution est aspirée par la crépine située dans la cuve.



**Figure VII.5** Injecteur d'engrais (Source: Cours de filtration azprocede).

**VII.2.3.3 La conduite principale**

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

**VII.2.3.4 Le porte rampe**

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.2.3.5 Les rampes**

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

**VII.2.3.6 Les distributeurs**

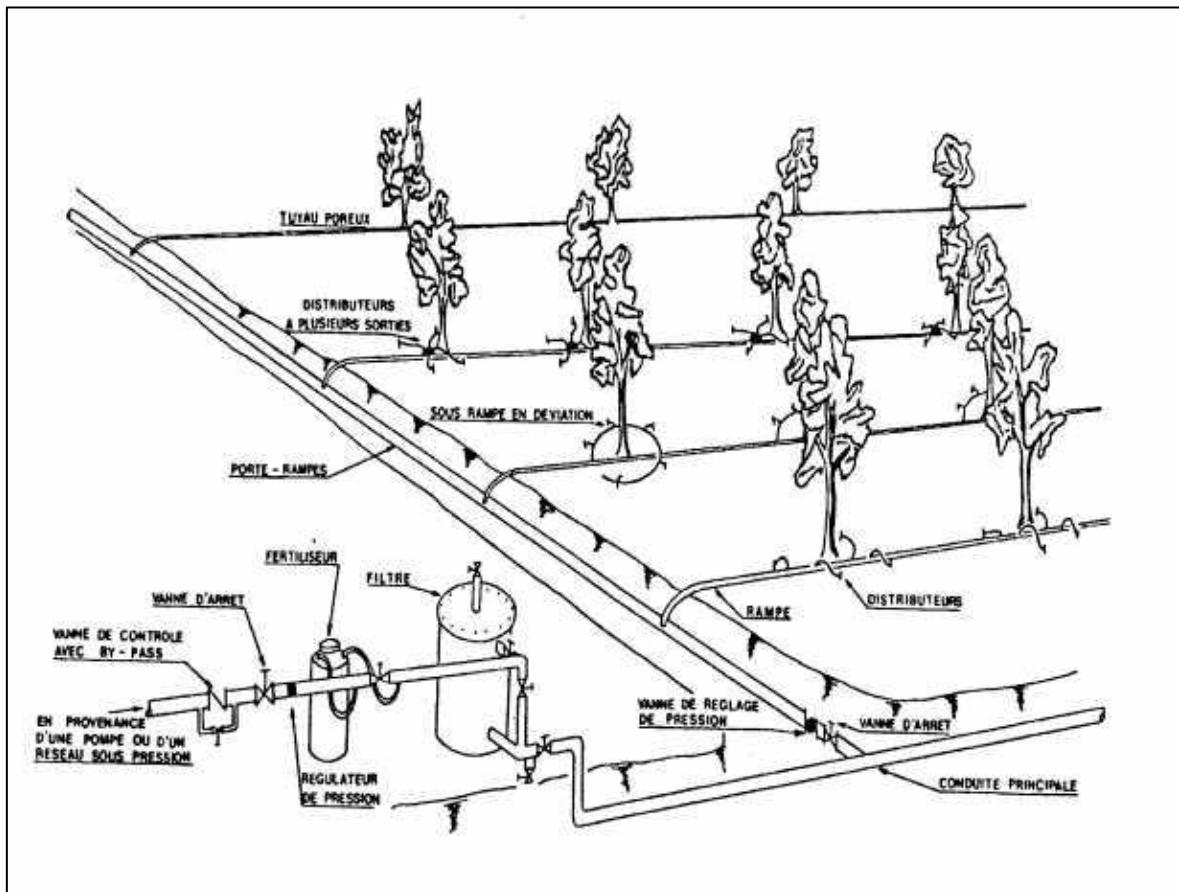
Les distributeurs constituent la partie essentielle de l'installation. C'est à partir d'eux que l'eau sort à la pression atmosphérique, en débits faibles et réguliers (quelques l/h). Il existe de nombreux types différents, des ajutages ou des mini diffuseurs dont le débit est un peu plus important (quelques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

La classification des goutteurs peut se faire selon :

- Des critères hydrauliques ;
- La façon dont le goutteur est fixé sur la rampe ;
- Le nombre de sorties dont est muni le goutteur.

### Différents types de distributeurs

- Goutteurs : les plus utilisés ont des débits de 2 l/h pour les cultures maraîchères et de 4 l/h pour les cultures pérennes. Ils sont placés en dérivation, en ligne ou intégrés dans les rampes ;
- Gains : destinée aux cultures maraîchères, peut être utilisée pour les vergers; elles assurent conjointement un rôle de transport et de distributeur;
- Tubes poreux : la paroi à structure poreuse laisse passer l'eau, ils sont généralement enterrés;
- Mini diffuseurs : ils sont toujours placés en dérivation, fixés directement sur la rampe, fonctionnent comme de petits asperseurs statiques ne couvrant qu'une partie de la surface du sol au voisinage des cultures.



**Figure VII.6** Schéma type d'un réseau d'irrigation en goutte à goutte (21. Vermeiren & Jobling, 1980)

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

#### VII.2.4 Données générales

Le dimensionnement du réseau d'irrigation localisée nécessite la connaissance de données de base comme la surface de la parcelle, les besoins journaliers et le temps maximum journalier de travail (17. Ollier & Poirée, 1983).

Le réseau d'irrigation sera installé sur l'ilot N°3, la parcelle N°3 alimentée par la borne N3° et dont les pressions calculées sont de l'ordre de 5.12 bars, ce qui est largement suffisant. La surface de l'exploitation est de 3.85 ha et présente une forme relativement rectangulaire.

- La culture : pommier ;
- Besoin de pointe : 131.815 mm en juillet ;
- Caractéristiques de la surface occupées par le pommier :
  - Surface : 3.85 ha ;
  - Longueur : 232.2 m ;
  - Largeur : 165.8 m
- Organisation du réseau : Avec un écartement de 4\*4m, et un espacement des goutteurs 2 m et 2 goutteurs pour chaque arbre ;
- Caractéristique du goutteur :
  - Débit nominal : 4l/h
  - Pression nominal : 10 m.c.e
  - Espacement des goutteurs : 2 m
  - Le nombre de goutteurs par arbre : 2

## VII.2.5 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée

### a. Influence du taux de couverture du sol

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

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

$K_r$  dépend du taux de couverture du sol ( $C_s = 60\%$ ) par les plantes et peut être calculé par diverses formules proposées ci-après (16. Ollier & Poirée, 1983):

- KELLER et KARMELI (1974) :

$$K_r = \frac{C_s}{0.85} \quad (\text{VII.17})$$

- La formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_s + 0.5(1 - C_s) \quad (\text{VII.18})$$

- La formule de Decrois (CTGREF) :

$$K_r = 0.1 + C_s \quad (\text{VII.19})$$

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

$K_r = 0.70$  Selon KELLER et KARMELI

$K_r = 0.80$  Selon Freeman et Garzoli

$K_r = 0.70$  Selon Decrois (CTGREF)

On prendra un coefficient  $K_r = 0.80$

$$B_{jl} = B_j \times K_r \quad (\text{VII.20})$$

Le besoin maximum = 131.815 mm (mois de pointe juillet)

$$B_{jl} = 4.39 \times 0.8 = \mathbf{3.512 \text{ mm/j}}$$

**b. Dose nette (Dose pratique)**

La deuxième étape en micro-irrigation, est la détermination d'une fraction ou pourcentage d'humidification du bulbe humide dans la zone racinaire. La différence par rapport aux autres systèmes (gravitaire ou par aspersion) est qu'il ne s'agit plus d'humidifier uniformément la totalité du sol sur une même profondeur  $h$  (17. Ollier & Poirée, 1983).

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

$$D_p = (H_{cc} - H_{pf}) \times Y \times Z \times d_a \times P \% = RFU \times P\% \quad (\text{VII.21})$$

Tel que :

$H_{cc}$  : humidité a la capacité au champ (27%) ;

$H_{pf}$  : humidité au point de flétrissement (13%) ;

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

$Z$  : profondeur d'enracinement en (1500 mm) ;

$D_a$  : Densité apparente 1.4 ;

$P$  : Pourcentage du sol humidifié

$$P\% = \frac{n \cdot S_{pd} \cdot S_h}{S_a \cdot S_r} \quad (\text{VII.22})$$

Avec :

$P$  : Volume du sol humidifié ;

$N$  : Nombre de point de distribution par arbre ;

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

$S_h$  : Largeur de la bande humidifiée ;

$S_r$  : Ecartement entre rangs d'arbre ;

$S_a$  : espacement des arbres sur les rangs

$$P\% = 25 \%$$

Donc :

$$D_p = (27 - 13) \times \frac{2}{3} \times 1500 \times 1.4 \times 25 \% = \mathbf{49 \text{ mm}}$$

**c. Calcul de la dose brute**

$$D_{brute} = \frac{D_p}{C_u \times E_{ff}} \quad (\text{VII.23})$$

Avec :

$C_u$  : Coefficient d'uniformité qui est égale à 90% ;



$E_{ff}$  : Efficience du réseau d'irrigation qui est égale à 90%.

D'où :

$$D_{brute} = \frac{35}{0.9 \times 0.9} = 60.49 \text{ mm/mois}$$

#### d. Calcul de la fréquence d'arrosage

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

$$F_r = \frac{\text{dose nette}}{B_{jl}} \quad (\text{VII.24})$$

$$F_r = \frac{49}{3.512} = 13.95 \text{ jours}$$

Donc on prend  $F_r = 14 \text{ jours}$ , et on recalcule la nouvelle dose réelle nette tel que:

$$D_r = 14 \times 3.512 = 49.17 \text{ mm}$$

La nouvelle dose brute est alors égale a :

$$D_{brute} = \frac{49.17}{0.9 \times 0.9} = 60.7 \text{ mm}$$

#### e. La durée d'arrosage par mois

$$\theta = \frac{D_{brute} \times S_d \times S_r}{n \times Q_g} \quad (\text{VII.25})$$

Avec :

$S_d$  : Espacement entre les distributeurs ;

$S_r$  : Espacement entre les rangs ;

$n$  : le nombre des goutteurs ;

$Q_g$ : Débit des goutteurs.

$$\theta = \frac{60.7 \times 2 \times 4}{4 \times 2} = 60.7 \text{ heures/mois}$$

#### f. Durée d'arrosage journalier

$$D_j = \frac{\text{Durée d'arrosage}}{F_r} \quad (\text{VII.26})$$

$$D_j = \frac{60.7}{14} = 4.35 \text{ heures/jours}$$

#### g. Nombre de poste

Le nombre de postes par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} \quad (\text{VII.27})$$

$$N = \frac{22}{4.35} = \mathbf{5.05 \text{ postes}}$$

On prend 5 postes.

#### **h. La surface du poste**

La surface du poste est définie par la formule suivante :

$$S_p = \frac{\text{La surface totale}}{\text{Le nombre de postes}} \quad (\text{VII.28})$$

$$S_p = \frac{3.85}{5} = \mathbf{0.77 \text{ ha}}$$

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

### **VII.2.6 Calculs hydrauliques**

#### **a- Conditions hydrauliques de base**

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

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\% \quad (\text{VII.29})$$

La variation maximale de la pression :

$$q = K \times H^X \quad (\text{VII.30})$$

Avec :

K : Constante dimensionnelle donnée par le fabricant ;

H : La pression dans la rampes en mètre colonne d'eau ;

X : Exposant caractérisant le goutteur.

Dans notre cas on prend X=0.5

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

Avec :

$q(g)$  : Débit nominal du goutteur ;

$H(n)$  : Pression nominale.

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

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

**b- Le débit**

$$Q_r = Q_g \times N_g \quad (\text{VII.31})$$

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r \quad (\text{VII.32})$$

Avec :

$Q_r$  : Débit de la rampe (l/h) ;

$Q_{pr}$  : Débit du porte rampe (l/h) ;

$N_r$  : Nombre de rampes ;

$N_g$  : Nombre de goutteurs.

Le porte rampe se situera dans la périphérie de la parcelle, sa longueur est de :160 m

La longueur de la porte rampe est de : 228 m

**c- Le nombre d'arbres par rampes**

$$N_{\text{arbres/rampe}} = \frac{L_r}{E_R} \quad (\text{VII.33})$$

$$N_{\text{arbres/rampe}} = \frac{160}{4} = 20 \text{ arbres}$$

**d- Le nombre de goutteurs par rampe**

$$N_{\text{goutteurs/rampe}} = N_{\text{arbres}} \times n \quad (\text{VII.34})$$

$$N_{\text{goutteurs/rampe}} = 20 \times 2 = 40 \text{ goutteurs}$$

**e- Le nombre des rampes**

$$N_r = \frac{L_{pr}}{E_r} \quad (\text{VII.35})$$

$$N_r = \frac{228}{4} = 57 \text{ rampes}$$

**f- Débit de la rampe**

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

$$Q_r = Q_g \times N_g \quad (\text{VII.36})$$

$$Q_r = 4 \times 40 = 160 \text{ l/h}$$

**g- Débit de la porte rampe**

$$Q_{pr} = Q_r \times N_r \quad (\text{VII.37})$$

$$Q_{pr} = 160 \times 57 = 9210 \text{ l/h}$$

**h- Le nombre de porte rampe**

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

### i- Débit de la conduite tertiaire

$$\begin{aligned} Q_{ct} &= Q_{pr} * N_{pr} \\ Q_{ct} &= 9210 * 1 = \mathbf{9210 \text{ l/h}} \end{aligned} \quad (\text{VII.38})$$

## VII.2.7 Dimensionnement des canalisations du réseau

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

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

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

- **Porte rampes :**

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

- **Les rampes :**

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

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

$$\varnothing r(cal) = \left[ \frac{P.d.c(r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \quad (\text{VII.39})$$

$$\varnothing pr(cal) = \left[ \frac{P.d.c(pr) * 2.75}{0.478 * Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \quad (\text{VII.40})$$

Avec :

Pdc(r) : la perte de charge dans la rampe ;

Q(r) : le débit de la rampe en l/h ;

L(r) : la longueur de la rampe en m ;

Ør (cal) : le diamètre de rampes ;

Øpr (cal) : le diamètre de porte rampe.

La répartition de la perte de charge est :

Sur les portes rampes p.d.c (pr) = 0.6 mce ;

Sur les rampes p.d.c (r) = 1.2 mce.

### VII.2.8 Vérification des pertes de charges

Pour la détermination des pertes de charges des différents tronçons de la canalisation après choix du diamètre, On recalcule les pertes de charge selon Hazen-Williams.

$$\Delta H = \left( \frac{3.592}{C_H} \right)^{1.852} \frac{L}{D^{4.87}} Q^{1.852} \quad (\text{VII.41})$$

Avec :

L : Longueur de la conduite ;

Q : Débit en (l/h) ;

D : Diamètre intérieur de la canalisation

### VII.2.9 Calcul du diamètre de la rampe et vérification des pertes de charges

#### a) Calcul du diamètre

$$\phi_{r(cal)} = \left[ \frac{P. d. c (r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} \quad (\text{VII.42})$$

$$\phi_{r(cal)} = 10.865 \text{ mm}$$

On prend un diamètre normalisé de 16 mm.

#### b) Vérification de la perte de charge

$$\Delta H = \left( \frac{3.592}{C_H} \right)^{1.852} \frac{L}{D^{4.87}} Q^{1.852} \quad (\text{VII.43})$$

CH=140 PEBD, L= 80 m, D=0.016 m, Q= 160 l/ h = 4.44×10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>/s

**ΔH\_Rampe= 0.44m**

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

### VII.2.10 Calcul du diamètre du porte rampe et vérification de la perte de charge

#### a) Calcul du diamètre

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

$$\phi_{pr(cal)} = 69.77 \text{ mm}$$

On prend un diamètre normalisé de 75 mm.

#### b) Vérification de la perte de charge

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

CH=140 PEBD, L= 228 m, D=0.09 m, Q= 9210 l/ h = 2.56×10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/s

**ΔH\_ Porte rampe= 1.23 m**

Les pertes de charges totales dans le réseau sont de 1.67 m, sont inférieures à 1.8 m. On remarque que la perte de charge totale ne dépasse pas la limite imposée par la règle de Christiansen.

### VII.2.11 Calcul du diamètre de la conduite tertiaire

Pour calculer le diamètre on doit fixer la vitesse d'écoulement (valeur optimale) d'environ 1.3 m/s tel que :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi V}} \quad (\text{VII.44})$$

Avec :

Q : Débit de la conduite considérée (m<sup>3</sup>/s) ;

V : Vitesse d'écoulement (m/s).

**Tableau VII.2** Calcul du diamètre de la conduite tertiaire.

Culture	L(m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	V supposée (m/s)	Dcal (mm)	Dn (mm)	Vcal (m/s)	hcal (m)
Pommier	267	0.00256	1.3	50	75	0.58	1.44

### VII.2.12 La pression d'eau à la borne de distribution

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

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

**Tableau VII.3** Tableau récapitulatif.

Paramètres	La rampe	Porte rampe	C. tertiaire
<b>Longueur(m)</b>	80	228	267
<b>Diamètre(m)</b>	0.016	0.075	0.075
<b>Débit (m<sup>3</sup>/s)</b>	4.44×10 <sup>-5</sup>	2.56×10 <sup>-3</sup>	2.56×10 <sup>-3</sup>
<b>Vitesse (m/s)</b>	0.22	0.402	0.402
<b>Pertes de charge(m)</b>	0.44	0.51	0.59

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

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

$$P(m) = 10+0.44+1.23+1.44= \mathbf{13.11 \text{ m}}$$

Les pertes de charges ainsi que la pression calculée sont de l'ordre de 1.154 bars ce qui est suffisant pour effectuer le système goutte à goutte dans cette parcelle.

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié le dimensionnement de deux systèmes d'irrigation : l'aspersion et le goutte à goutte.

Pour le réseau d'aspersion le choix de culture est tombé sur le blé tendre. En ce qui concerne le réseau d'irrigation par aspersion deux paramètres doivent être pris en compte : la perméabilité du sol et la vitesse du vent, de plus la vérification de la pression à la fin est indispensable afin d'assurer un bon dimensionnement et évité les anomalies.

Pour le système goutte à goutte, on a choisi le pommier. A la fin du dimensionnement du réseau localisé projeté sur la parcelle choisie, il est indispensable d'effectué une vérification de la pression à la sortie de la borne, afin d'assurer la pression nominale de 10 mce dans le goutteur le plus éloigné et cela pour assurer le bon fonctionnement des goutteurs on doit tenir en compte les facteurs agronomiques et hydrauliques afin d'aboutir à un bon dimensionnement.

## VIII Calcul technico-économique

### Introduction

L'étude du devis quantitatif et estimatif nous permet d'avoir une idée sur le coût de réalisation du projet d'irrigation projeté, ce calcul consiste à déterminer les quantités de tout le matériel ainsi que les différentes opérations à effectuer sur le terrain, et cela par la mise en œuvre des moyens nécessaires pour la réalisation et l'exécution des travaux dans les meilleures conditions et dans les plus brefs délais.

Pour notre projet nous allons calculer le cout des travaux suivants :

- Conduite d'adduction ;
- Réseau de distribution ;

### VIII.1 Les différents travaux à entreprendre

#### VIII.1.1 Travaux concernant l'adduction et le réseau de distribution

Les tâches constituant les travaux à faire pour la mise en place de l'adduction et le réseau distribution sont :

- **Exécution des tranchées**

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

- **Pose du lit de sable**

Cette opération consiste à poser un lit de sable au fond de la tranchée, ce lit aura une épaisseur de 14 cm dans notre cas.

- **Pose des conduites**

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

- **Epreuve de joint et de la canalisation**

Pour plus de sécurité, l'essai de pression des conduites et des joints se fait avant le remblaiement, on l'effectue à l'aide d'une pompe d'essai qui consiste au remplissage en eau de la conduite sous une pression de 1.8 fois la pression de service à laquelle sera soumise la conduite lors du fonctionnement. Cette épreuve doit durer 30 minutes environ où la variation ne doit pas excéder 0.2 bar.

- **Remblayage des tranchées**

C'est une opération de terrassement qui consiste à enterrer la conduite, en utilisant le remblai résultant de l'excavation.



- **Nivellement et compactage**

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

### VIII.1.2 Calcul des volumes des travaux de l'adduction et de distribution

#### a- Calcul du volume de terrassement

##### ➤ Largeur du fond de la tranchée

La largeur de la tranchée sera calculée en fonction du diamètre de la conduite on laisse 30 cm d'espace de chaque côté de la conduite.

La largeur d'ouverture de la tranchée est obtenue par la formule :

$$B = D + 0.6 \quad (\text{VIII.1})$$

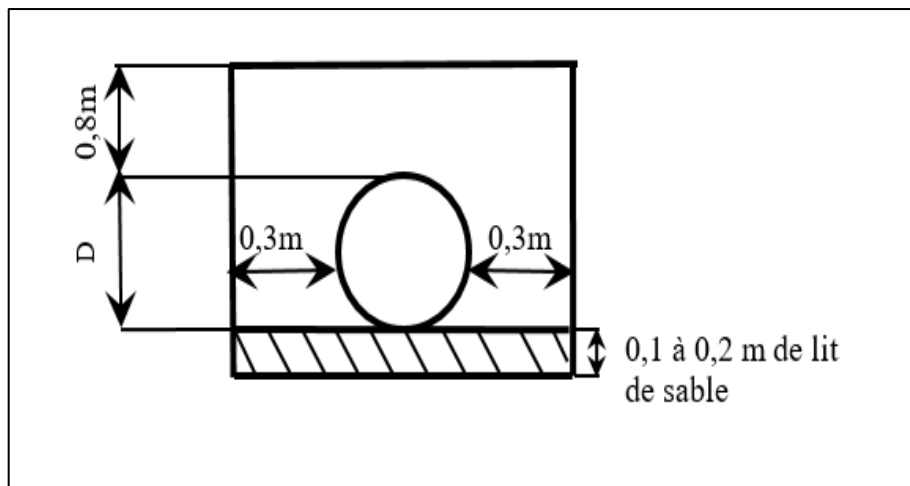
Avec :

B : Largeur de la tranchée (m) ;

D : Diamètre de la conduite (m).

##### ➤ Profondeur de la tranchée

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



**Figure VIII.1** Schéma d'une tranchée.

$$H_{tr} = e + D + h \quad (\text{VIII.2})$$

Avec :

$H_{tr}$  : Profondeur de la tranchée (m) ;

e : Hauteur du lit de pose (m) ;

D : Diamètre de la conduite (m) ;

h : La hauteur du remblai au-dessus de la conduite (m).

##### ➤ Section de la tranchée

Les sections des tranchées sont :

$$S_{tr} = B \times H_{tr} \quad (\text{VIII.3})$$

Avec :

$H_{tr}$  : Profondeur total de la tranchée (m) ;

b : Largeur du fond de la tranchée (m).

➤ **Volume à excaver**

Le volume d'excavation est :

$$V_d = S_{tr} \times L = (B \times H_{tr}) \times L \quad (\text{VIII.4})$$

Avec :

- $V_d$  : Volume du déblai ( $m^3$ ) ;
- $S_{tr}$  : La section de la tranchée ( $m^2$ ) ;
- $L$  : Longueur de la tranchée (m) ;
- $B$  : Largeur de la tranchée (m) ;
- $H_{tr}$  : La hauteur de la tranchée (m).

## VIII.2 Evaluation du cout de projet

### VIII.2.1 Dépense des travaux

Les frais de terrassement sont est égale à :

➤ **Pour les déblais :**

$$F_{deb} = V_{deb} \times K_{deb} \quad (\text{VIII.5})$$

Avec :

- $K_{deb}$  : Prix de 1  $m^3$  de déblai=200 DA ;
- $V_{deb}$  : Volume total de déblai.

➤ **Pour les remblais :**

$$F_{rem} = V_{rem} \times K_{rem} \quad (\text{VIII.6})$$

Avec :

- $K_{rem}$  : Prix de 1  $m^3$  de remblai=100 DA ;
- $V_{rem}$  : Volume total du remblai.

➤ **Calcul du volume de déblai et remblai**

La pose en terre des conduites s'effectue dans une tranchée dont la largeur de fond B sera donnée par la formule suivante :

$$B = D + (2 \times 0.3) \quad (\text{VIII.7})$$

Avec :

- D : Diamètre de la conduite (m).

La profondeur de la fouille est en fonction du diamètre de la conduite, de la température du lieu (max, min) et les sollicitations des charges mobiles.

$$H \geq D+0,8$$

$$\text{Déblai} = L \times H \times B \quad (\text{VIII.8})$$

$$\text{Remblai} = \text{déblai} - \left(\pi \times \frac{D^2}{4}\right) \times L \quad (\text{VIII.9})$$

### VIII.3 Calcul des volumes des travaux de l'adduction et de la distribution

#### VIII.3.1 Calcul du volume de déblai

$$H_{tr} = e + D + h = 2.44 \text{ m}$$

$$B = D + 0.6 = 1.5 + 0.6 = 2.1 \text{ m}$$

$$S_{tr} = B \times H_{tr} = 5.124 \text{ m}^2$$

$$V_d = S_{tr} \times L = (B \times H_{tr}) \times L = 5.124 \times 21614 = 110750.136 \text{ m}^3$$

Tableau VIII.1 Calcul du volume du déblai.

	Diamètre de la conduite (mm)	Longueur de la conduite (km)	Hauteur de la tranchée (m)	Largeur d'une tranchée b (m)	Le volume de déblai (m <sup>3</sup> )
La conduite gravitaire	1500	21.614	2.44	2.1	110750.136

#### VIII.3.2 Calcul du volume du lit de sable

Ce lit correspond à une couche de sable de 14cm sur le fond de la tranchée, c'est une surface constante le long de la tranchée, on calcule ce volume en utilisant la formule suivante:

$$V = e \times b \times L \quad (\text{VIII.10})$$

$$V = 0.14 \times 2.1 \times 21614 = 6354.516 \text{ (m}^3\text{)}$$

Tableau VIII.2 Calcul du volume du lit de sable.

	Hauteur (m)	Longueur (m)	Largeur (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
La conduite gravitaire	0.14	21614	2.1	6354.516

#### VIII.3.3 Calcul du volume de remblai

Ce volume est déduit à partir du volume du déblai, c'est le volume occupé par la conduite et le volume occupé par le lit de sable :

$$V_r = V_d - (V + V_s) \quad (\text{VIII.11})$$

Avec :

$V_r$  : Volume du remblai compacté (m<sup>3</sup>) ;

$V_d$  : Volume du déblai (m<sup>3</sup>) ;

$V_s$  : Volume du sable ;

$V$  : Volume occupé par la conduite (m<sup>3</sup>) ;  $V = L \times (\frac{\pi D^2}{4})$  ;

$L$  : Longueur de la conduite ;

$D$  : Diamètre de la conduite.

$$V_r = 110750.136 - (38195.09 + 6323.94) = 66231.196 \text{ m}^3$$

**Tableau VIII.3** Calcul du volume de remblai.

	Diamètre (mm)	Déblai (m <sup>3</sup> )	Volume de la Conduite (m <sup>3</sup> )	Volume du sable (m <sup>3</sup> )	Volume du remblai (m <sup>3</sup> )
La conduite gravitaire	1500	110750.136	38195.09	6323.94	66231.196

## VIII.4 Estimation du cout du projet

### VIII.4.1 Estimation du cout de pose de canalisation

**Tableau VIII.4** Estimation du cout de pose de la conduite d'adduction.

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
Déblai en terrain	m <sup>3</sup>	110750.136	200.00	22 150 027.20
Lit de sable	m <sup>3</sup>	6323.94	800.00	5 059 152.00
Remblai	m <sup>3</sup>	66231.196	100.00	6 623 119.60
Tube Ø 1500	ml	21 614	64 200.00	1 387 618 800.00
			<b>Total 1 (HT)</b>	<b>1421451098.8</b>
			<b>TVA 1 (19%)</b>	<b>270075708.8</b>
			<b>Montant TTC 1</b>	<b>1691526807.6</b>

### VIII.4.2 Estimation du cout du réseau de distribution

Le calcul du réseau de distribution est détaillé comme suit :

**Tableau VIII.5** Facture des différents types de conduites du réseau de distribution (Fourniture et pose).

Pièces	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montants (DA)
Tube Ø1500	m/l	517.2	64 200.00	33204240.00
Tube Ø1300	m/l	866.63	55 500.00	48097965.00
Tube Ø250	m/l	2258.43	2 510.95	5670804.81
Tube Ø315	m/l	1089.6	4 003.95	4362703.92
Tube Ø1000	m/l	1231.54	39 613.94	48786151.7
Tube Ø200	m/l	527.86	1 617.42	853771.321
Tube Ø160	m/l	317.16	1 033.79	327876.836
Tube Ø500	m/l	869.8	17 885.15	15556503.5
Tube Ø600	m/l	1061	22 831.78	24224518.6
Tube Ø700	m/l	1136.91	27777.32	31580312.9

Tube Ø800	m/l	12	31722.86	380674.32
1Tube Ø900	m/l	303.92	35668.40	10840340.1
4Tube Ø450	m/l	1726.17	1 000.79	1727533.67
6Tube Ø400	m/l	2831.84	6 424.42	18192929.5
<b>Total 1 (HT)</b>				<b>243806326</b>
<b>TVA 1 (19%)</b>				<b>46323201.94</b>
<b>Montant TTC 2</b>				<b>290 129 527.9</b>

Le devis total du projet dans le secteur 3 est estimé à : **1 389 859 003 DA**, soit un prix de 1 129 985.9 DA/Hectare, ce qui est conforme vu le linéaire important de la conduite d'adduction (21614 km) et la grande superficie du périmètre.

### VIII.5 Devis estimatif du projet

- Devis de l'adduction (Montant TTC1 = **1 691 526 807.6 DA**).
- Devis du réseau de distribution (Montant TTC2 = **290 129 527.9 DA**).

### Conclusion

Dans Ce chapitre nous avons déterminé le devis général de l'adduction et du réseau de distribution, en premier lieu nous avons fait une étude quantitative des volumes des travaux. Comme deuxième étape nous avons estimé le cout du projet qui est de **1 981 656 336 DA**.

Le cout du projet est relativement élevé, mais on doit noter que ce réseau est rentable à moyen terme.

## Conclusion générale

Au cours de ce travail, nous avons étudié les différentes composantes du projet d'irrigation des plaines Setifiennes, et nous avons réalisé l'étude nécessaire du système d'irrigation pour la mise en valeur de 1753.7 ha de surface à partir du barrage de MAHOUANE.

L'étude réalisée sur le périmètre des plaines Sétifiennes, nous a permis de conclure :

- ✓ L'étude du climat de notre région, a montré que la région appartient à un climat semi-aride, et que la période sèche s'étend sur plus de 5 mois ce qui confirme le caractère semi-aride de cette zone, d'où l'irrigation est importante pour l'intensification des cultures.
- ✓ L'analyse des échantillons du sol a montré l'existence de deux classes, les sols peu évolués et les sols calcimagnésiques, ce qui nous a permis de choisir les cultures, les plus appropriées.
- ✓ Dans le cas de l'aspersion, la méthode est déjà bien connue dans la région. L'irrigation est alors synonyme d'assurance sur la qualité des produits, pour en permettre l'utilisation industrielle.
- ✓ Dans le cas de l'irrigation localisée, les avantages sont assez significatifs, surtout en termes des économies d'eau possibles.
- ✓ Le devis général de l'adduction et du réseau de distribution est de **1 981 656 336** DA. Le cout du projet est relativement élevé, mais on doit noter que ce réseau est rentable à moyen terme.

De façon générale, les considérations techniques et économiques montrent qu'à long terme les méthodes d'irrigation dans les hautes Plaines Sétifiennes devraient évoluer vers l'adoption de l'aspersion pour les cultures annuelles et l'irrigation localisée pour l'arboriculture.

## Références

01. Aharbous, A., 2011. *La gouvernance de l'eau, un facteur principal du développement local. Communication in colloque international usage écologique, économique et sociaux de l'eau agricole méditerranée : quels enjeux pour quels services? Université de Provence, 20-21 Janvier.* Marseille: s.n.
02. Boudoukha & Athamena, 2012. *Caractérisation des eaux thermales de l'ensemble Sud sétifien, Est algérien. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science.* s.l.:s.n.
03. BOUDOUKHA & ATHMENA, 2010. *Caractérisation des eaux thermales de l'ensemble Sud sétifien. Est algérien.* s.l.:s.n.
04. CPCS, 1967. *Classification des sols.* s.l.:s.n.
05. Djebaili, S., 1978. *Recherches phytoécologiques et phytosociologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien. Thèse Doc. UST Languedoc.* s.l.:s.n.
06. Djellouli, Y., 1990. *Flores et climats en Algérie septentrionale. Déterminisme climatique de la répartition des plantes. Thèse Doc. USTHB Alger.* s.l.:s.n.
07. Doorenbos, J. & Pruitt, W. O., 1976. *Les besoins en eau des cultures. Rome, Bulletin FAO d'irrigation et de drainage n° 24.* s.l.:s.n.
08. FAO, B. N., 2005. *Calcul des besoins en eau des cultures.* s.l.:s.n.
09. Gobat, J.-M., Aragno, M. & Matthey, W., 2010. *Le sol vivant. Bases de pédologie-Biologie des sols. 3 ème édition revue et augmentée. Presses polytechniques et universitaires romandes.* s.l.:s.n.
10. Kerfouchi, M., 1984. *Le bassin du Saf-Saf (Algérie orientale) irrigation et aménagement des ressources en eau. Thèse Doc. 3ème cycle, UNV., Nancy II, France.* s.l.:s.n.
11. MANNING, D., 2015. *How will minerals feed the world in 2050?.* s.l.:The Geologists' Association (online).
12. Mbakwe, I., Stirzaker, R. & Annandale, J., s.d. *Development of the Chameleon soil moisture sensor: substituting numbers for colour patterns.* s.l.:s.n.
13. MEBARKI, A., 2009. *Ressources en eau et aménagement en Algérie. Les bassins hydrographiques de l'Est. Office des Publications Universitaires, Algérie.* s.l.:s.n.
14. Mihi, A., 2012. *La forêt de Zenadia (Haute Plaine Sétifienne) Diagnostic et perspective de protection. Mém. Mag. Uni. Ferhat Abbas.* s.l.:s.n.
15. MOREL, R., 1996. *Les sols cultivés. 2ème Edition : lavoisier Tec et Doc PARIS.* s.l.:s.n.
16. Ollier & Poirée, 1983. *Les réseaux d'irrigation théorie, technique et économie des arrosages...* Paris: Eyrolles, 1962.404 p. : Les réseaux d'irrigation théorie, technique et économie des arrosages Edición 2nd. ed.
17. Ollier, C. & Poirée, M., 1983. *Les réseaux d'irrigation théorie, technique et économie des arrosages, Paris.* s.l.:s.n.

## Bibliographie

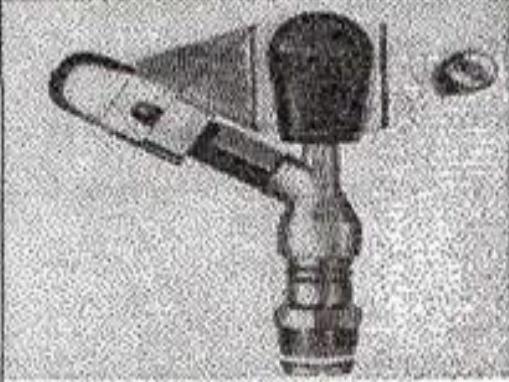
18. RUELLAN, A., 1970. *Contribution à la connaissance des sols des régions méditerranéennes: les sols à profil calcaire différencié des plaines de la Basse-Moulouya (Maroc oriental)*. Thèse université de Strasbourg. s.l.:s.n.
19. Saiyouri, N., 2012. *Méthodes d'irrigation en milieu aride*. s.l.:s.n.
20. Toubal & Boumaza, O., 1986. *Phytoécologie, biogéographie, et dynamique des principaux groupements végétaux du massif de l'Edough (Algérie Nord-Orientale) Cartographie à 1/25000*. Thèse Doc. Eco. Appl., UNV., Grenoble, France. s.l.:s.n.
21. Vermeiren & Jobling, 1980. *Localized irrigation: design, installation, operation and evaluation*. *Irrigation and Drainage Paper 36*, FAO., Rome.: s.n.
22. Veschambre, D. & Vaysse, P., s.d. *INRA Centre de Recherches d'Avignon, 84 - Montfavet (France)*. *Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Legumes, 75 - Paris (France)*. s.l.:s.n.
23. VILA, J., 1980. *La chaine alpine d'Algérie orientale et les confins algéro-tunisiens*. *Thèse de Doctorat, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, France*. s.l.:s.n.
24. Zerroug, K., 2012. *Elaboration d'un système d'information géographique (flore) dans la Wilaya de Sétif*. *Mém. Mag. Uni. Ferhat Abbas*. s.l.:s.n.



**Annexe****Annexe 1**

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

## Annexe 2 Fiche technique d'un arroseur



**Caractéristiques de  
l'asperseur circulaire  
PERROT ZF 30**

1 buse  
angle de jet 30°  
Raccord fileté 1"

dia la buse φ mm	pression à la buse bar	portée m	débit m³/h	espacement m		surface irriguée m²		densité d'aspersion mm/h	
				□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.	□ disp.	△ disp.
4,0	2,5	13	0,93	12/18	18/18	216	324	4,3	2,88
	3,0	14,5	1,02	18/18	18/24	324	432	3,16	2,36
	3,5	15,3	1,11	18/18	18/24	324	432	3,42	2,57
	4,0	16	1,19	18/18	18/24	324	432	3,71	2,76
4,2	2,5	13,5	1,04	12/18	18/24	324	432	4,8	2,42
	3,0	15	1,14	18/18	18/24	216	432	3,52	2,64
	3,5	15,8	1,23	18/18	18/24	324	432	3,8	2,85
	4,0	16,5	1,32	18/24	24/24	324	576	3,06	2,3
4,5	2,5	14	1,20	18/18	18/24	432	432	3,71	2,78
	3,0	15,5	1,32	18/18	18/24	324	432	4,07	3,05
	3,5	16,3	1,42	18/18	18/24	324	432	4,38	3,29
	4,0	17	1,52	18/24	24/24	324	576	3,52	2,64
4,8	2,5	14,5	1,38	18/18	18/24	432	432	4,27	3,2
	3,0	16	1,51	18/18	18/24	324	432	4,66	3,5
	3,5	16,5	1,63	18/24	24/24	324	576	3,78	2,82
	4,0	17	1,75	18/24	24/24	432	576	4,05	3,04
5,0	2,5	14,5	1,48	18/18	18/24	432	432	4,57	3,43
	3,0	16,5	1,63	18/18	18/24	432	432	5,04	3,77
	3,5	17	1,76	18/24	24/24	324	576	4,08	3,05
	4,0	17,5	1,88	18/24	24/24	324	576	4,35	3,26
5,5	2,5	15,2	1,82	18/18	18/24	432	432	5,62	4,22
	3,0	17	1,99	18/24	24/24	432	576	4,61	3,45
	3,5	17,5	2,14	18/24	24/24	324	576	4,95	3,71
	4,0	18	2,29	18/24	24/24	432	576	5,31	3,98
6,0	2,5	16,2	2,16	18/24	24/24	432	576	5,00	3,75
	3,0	17,5	2,37	18/24	24/24	432	576	5,50	4,12
	3,5	18	2,56	18/24	24/24	432	576	5,92	4,43
	4,0	18,5	2,74	18/24	24/24	432	576	6,35	4,76
7,0	2,5	17,5	2,96	18/24	24/24	432	576	6,9	5,1
	3,0	18,0	3,22	18/24	24/24	432	576	7,5	5,6
	3,5	18,5	3,48	24/24	24/24	576	576	6,0	6,0
	4,0	19,0	3,73	24/24	24/30	576	720	6,6	6,2

Figure IV.48 : fiche technique d'un arroseur

**Annexe 3** Les prix des conduites PEHD d'après l'entreprise kouGC

Réf é re nce	Désignation	Diamètre	Epaisseur	Qualité	Pression	Prix HT	Prix TTC
		Ext en MM	en MM	Produit	Service	le M/L	le M/L
11 003 0161	Tube PEHD	16	-----	PE80	10 Bars	-----	-----
11 003 0201	Tube PEHD	20	2,0	PE80	10 Bars	26,31	30,78
11 003 0251	Tube PEHD	25	2,0	PE80	10 Bars	33,85	39,60
11 003 0321	Tube PEHD	32	2,4	PE80	10 Bars	52,60	61,54
11 003 0401	Tube PEHD	40	3,0	PE80	10 Bars	82,33	96,33
11 003 0501	Tube PEHD	50	3,7	PE80	10 Bars	125,79	147,17
11 003 0631	Tube PEHD	63	4,7	PE80	10 Bars	198,97	232,79
11 003 0751	Tube PEHD	75	5,6	PE80	10 Bars	281,31	329,13
11 007 0901	Tube PEHD	90	5,4	PE100	10 Bars	335,47	392,50
11 007 1101	Tube PEHD	110	6,6	PE100	10 Bars	495,40	579,62
11 007 1251	Tube PEHD	125	7,4	PE100	10 Bars	631,13	738,42
11 007 1601	Tube PEHD	160	9,5	PE100	10 Bars	1 033,79	1 209,53
11 007 2001	Tube PEHD	200	11,9	PE100	10 Bars	1 617,42	1 892,38
11 007 2501	Tube PEHD	250	14,8	PE100	10 Bars	2 510,95	2 937,81
11 007 3151	Tube PEHD	315	18,7	PE100	10 Bars	4 003,95	4 684,62
11 007 4001	Tube PEHD	400	23,7	PE100	10 Bars	6 424,42	7 516,57
11 007 5001	Tube PEHD	500	29,7	PE100	10 Bars	10 021,19	11 724,79
11 007 6301	Tube PEHD	630	37,4	PE 100	10 Bars	15 153,49	17 729,58

## Annexe

**Annexe 4** Les prix des conduites en fonte d'après l'entreprise kouGC (Fourniture et pose).

<b>Diamètre en (mm)</b>	<b>Prix de ml (DA)</b>
60	2464.36
80	3422.31
100	6682.31
125	7836.22
150	8534.23
200	10323.10
250	11542.36
300	12336.05
350	13521.23
400	14910.06
450	15982.11
500	17885.15
600	22831.78
700	27777.32
800	31722.86
900	35668.40
1000	39613.94

## Annexe

**Annexe 5** Les prix des conduites au-dessus de Ø1000 en fonte d'après CHIALI SERVICES (Fourniture et pose).

1300	55 500.00
1500	64 200.00