

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE
«ARBAOUI Abdellah »

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE

Option : Conception Des Systèmes d'Irrigation et de Drainage

THEME :

**Etude d'extension du périmètre
d'irrigation de Sedrata sur une superficie
de 200ha à Zouabi**

Présenté par :

M^r: ATHMANI Nour-Eddine

Promoteur:

M^{me}: MEDJDOUB.S

Devant le jury composé de :

Président : M^r B. BENLAUKLI

Examineurs : M^{me} O.AZIEZ
M^{me} D.DJODAR
M^r R.REKEOUK
M^r D.KOLIAI

Décembre 2011

Remerciements

Ce travail a été réalisé sous la direction de Mme. MEDJDOUB.S et Mme. Bahbouh.LS des enseignantes à l'ENSH de BLIDA. Qu'elles trouvent ici mes vifs et sincères remerciements pour l'encadrement qu'elles m'ont assuré pour le soutien, les directives et les conseils précieux et fructueux qu'elles m'ont prodigué. Qu'elles trouvent aussi, l'expression de mon profond respect et de ma considération pour leurs compétences et leurs qualités humaines.

Je tiens à remercier aussi Mr BENLAOUKLI.B , qui nous a fait l'honneur de présider le jury.

Mes remerciements vont également à, Mme AZIEZ . M.DJOUDAR.D , M^R REKROUK.R et M^R KOLIAI , pour avoir accepté de juger mon travail.

Je tiens à remercier toute l'équipe de l'ONID, particulièrement Mr HANNI, pour sa précieuse aide et ses conseils déterminants.

Je voudrais aussi remercier Le personnel du bureau d'étude d' Aqua Engineerig.

Ainsi que celui de Mr. EL-hadi Mechentel.

Enfin, mes derniers remerciements mais non les moindres s'adressent à tout le corps enseignant et le personnel de L'ENSH, et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ma formation.

Dédicace

Je dédie ce travail...

À ma très chère mère.

&

À mon très cher père.

*En témoignage de tous les sacrifices
qu'ils ont consenti pour mon éducation
et ma formation.*

À mes frères et mes sœurs chacun

Avec son nom.

À tous mes amis.

*À tous mes camarades de la
promotion. Et à tous ceux qui m'ont
aidé de près ou de loin pour*

la réalisation de ce travail.



NOUREDDINE



SOMMAIRE

Introduction général.....	01
---------------------------	----

Chapitre I

Présentation du périmètre de Zouabi

Introduction.....	03
I-1. Situation Géographique.....	03
I-2. Climatologie.....	04
I-1-1. Classification du climat.....	08
I-2. Pédologie.....	11
I-3. Ressources En Eau.....	14
I-4. Hydrogéologie.....	15
I-4-1. Géomorphologie.....	15
I-5. Hydrologie.....	18
I-5-1. But de l'étude.....	18
I-5-2. Etude de l'échantillon et choix du type de loi.....	21
Conclusion.....	23

Chapitre II

Les besoins en eau des cultures

Introduction	24
II-1. L'occupation des sols et le choix des cultures	24
II-1-1. La céréaliculture.....	25
II-1-2. Cultures fourragères.....	25
II-1-3. Maraichages.....	25
II-1-4. Viticultures	25
II-2. Détermination des besoins en eau d'irrigation	26
II-2-1. Définition	26
II-2-2. Calcul des besoins en eau d'irrigation pour les cultures.....	26
II-2-3. Evapotranspiration réelle ou de culture (ETR OU ETC)	26
II-2-4. Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence.....	27
II-2-5. La pluie efficace	30
II-2-6. Durée de chaque culture.....	31
II-3. Efficience De L'irrigation.....	32
II-4. Besoins nets en eau d'irrigation.....	32
Conclusion.....	35

Chapitre III

Technique d'irrigation

Introduction.....	36
III -1. Différentes techniques d'arrosages	36
III-1-1. Irrigation gravitaire	36
III-1-1-1. Arrosage par ruissellement (par planches ou par calants)	37
III-1-1-2. Arrosage par infiltration (à la raie).....	37
III-1-1-3. Arrosage par submersion.....	37
III-1-1-4. Avantages de l'irrigation par gravité.....	37
III-1-1-5. Inconvénients de l'irrigation par gravité	38
III-1-2. Irrigation localisée.....	38
III-1-2-1. Caractéristiques	39
III-1-2-2. Avantage de l'irrigation localisée.....	40
III-1-2-3. Inconvénients de l'irrigation localisée	40
III-1-3. L'irrigation par aspersion.....	40
III-1-3-1. Caractéristiques	42
III-1-3-2. L'avantage de l'aspersion.....	42
III-1-3-3. Les inconvénients de l'aspersion.....	42
III- 2. Choix des techniques d'irrigation	43
Conclusion	44

Chapitre IV

Dimensionnement du réseau

Introduction.....	45
IV-1. Description et schéma d'aménagement du réseau de distribution.....	45
IV-1-1. Options relatif à l'amener de l'eau vers le périmètre.....	45
IV-1-2. Options relatif aux conduites de distribution à l'intérieur du périmètre.....	46
IV-2. Trace du réseau et positionnement des bornes.....	46
IV-2-1. Tracés de distribution.....	46
IV-2-2. Implantation des bornes d'irrigation.....	46
IV-3. Calcul du réseau.....	47
IV-4. Pressions hydrostatiques en des points critiques de la conduite principale.....	48
IV-5. Mode de régulation.....	48
IV-6. Délimitation des surfaces à irriguer.....	48

IV-7. Découpage du périmètre en ilots d'irrigation.....	49
IV-7-1. Ilots types	49
IV-7-2. Schéma D'ilots.....	52
IV-8. Calculs hydrauliques du réseau de distribution jusqu'a la prise dans la parcelle.....	52
IV-8-1. Critères et méthodes de dimensionnement.....	52
IV-8-2. Pertes de charge.....	54
IV-9. Appareillage d'équipement du réseau	57
IV-9-1. Les bornes d'irrigation.....	57
IV-9-2. Vannes	57
IV-10. Estimation économique du projet.....	57
IV-10-1. Conduites de distribution.....	57
IV-10-2. Coût total du projet	58
Conclusion	58
Conclusion général.....	59

Liste des tableaux

Tableau I-1 : Température maximales moyennes mensuelles (1991-2000).....	5
Tableau I-2 : Série pluviométrique (station d'Oum El Bouaghi 1971–1994).....	6
Tableau I-3 : les précipitations moyennes mensuelles. Période (1971-1994).....	6
Tableau I.4 : Moyenne Mensuelles De La Vitesse Du Vent.....	7
Tableau I.5 : Moyenne Mensuelles De L'Humidité de l'air.....	7
Tableau I.6 : Insolation moyenne mensuelle (1991-2000).....	7
Tableau I.7 : Evaporations moyennes mensuelles (1992-1999).....	7
Tableau I.8 : Classification du climat selon M ^f MARTONNE.....	8
Tableau I-9 : Les aptitudes culturelles associées à chaque zone.....	13
Tableau I-10 : Test de Wilcoxon de pour la station de Oum EL Boughi (140105).....	20
Tableau I-11 : Ajustement à la loi de Gumbel.....	21
Tableau I-12 : Précipitations moyennes mensuelles.....	23
Tableau I-13 : Précipitations moyennes mensuelles de l'année de calcule.....	23
Tableau II-1 : surface occupée par les différentes cultures.....	25
Tableau II-2 : Evapotranspiration de référence de la zone de projet selon Penman et Montheit.....	29
Tableau II-3 : les pluies efficace.....	30
Tableau. II-4 : Calendrier culturel.....	31
Tableau II-5 : Les besoins en eau des cultures.....	33
Tableau II-6 : Tableau récapitulatif des besoins totaux en eau.....	34
Tableau II-7 : les besoins du mois de pointe.....	35
Tableau IV-1 : Ilots d'irrigation types pour le périmètre.....	50
Tableau IV-2 : Récapitulatif des débits au niveau des bornes.....	51
Tableau IV-3 : Calculs hydrauliques sur les nœuds.....	54
Tableau IV-4 : Calculs hydrauliques sur les tuyaux.....	55
Tableau IV-5 : choix de diamètre de la borne.....	57
Tableau IV-6 : Coût de la conduite de distribution.....	57

Liste des figures

Figure I-1: Situation Géographique du périmètre de Zouabi.....	4
Figure I-2 : Climogramme de Gaussen.....	9
Figure I-3 : Diagramme d'emberger.....	10
Figure I-4: Carte des sols.....	11
Figure I-5 : carte d'aptitude culturale.....	13
Figure I-6: Principaux ensembles structuraux de l'Afrique du nord (D'après Caire, 1967).....	15
Figure I-7: Schéma structural des confins Algero-Tunisiens.....	16
Figure I-8 : Ajustement à la loi de Gumbel.....	22
Figure III-1 : Irrigation par seguia dans l'EAC 2.....	36
Figure III-2 : Différentes composantes dans une seguia.....	37
Figure III-3 : Parcelle équipée par système d'irrigation goutte à goutte.....	38
Figure III-4 : Composantes d'un système d'irrigation localisée.....	39
Figure III-5 : Irrigation par aspersion.....	41
Figure III-6 : Partie essentielle d'une installation en aspersion classique.....	41
Figure III-7 : les étapes fondamentales dans la conception d'un système d'irrigation sous Pression.....	43

Liste des planches

Planche N°01 : plan de situation

Planche N°02 : projection du réseau de distribution

Planche N°03 : profil en long du réseau de distribution

Planche N°04 : profil en long du réseau de distribution

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

Les ressources en eau superficielles et souterraines, en Algérie, sont estimées à environ 19,2 milliards de m³. En tenant compte de la sécheresse des 25 dernières années, les estimations des potentialités ont été revues à la baisse, et seraient plutôt de 17 milliards de m³/an. (MADR ,2007).

L'irrigation dans les périmètres publics est fortement subventionnée, l'eau est maintenue à un prix bas et les matériels modernes d'irrigation peuvent être pris en charge entre 60 et 80 % de leur coût dans le cadre du plan national de développement agricole (PNDA). (MADR ,2007).

En Algérie, les deux modes d'irrigation les plus répandus sont le gravitaire et le localisé, ce dernier a connu un essor exceptionnel au début de la décennie 2000 au détriment de l'aspersion. Le gravitaire prédomine dans toute l'Algérie sous une forme traditionnelle (micros raies et micros planches), il consomme beaucoup d'eau (efficacité globale de 60%) dans un contexte actuellement défavorable du fait du manque de pluies et d'une demande accrue en eau de la ville et de l'industrie. La consommation élevée en eau est due justement à cette faible efficacité.

Pour étudier ces différents aspects nous nous sommes maintenus sur notre . La zone d'étude qui est du périmètre de Zouabi se situant dans les monts de la Medjerda, avec une superficie de 200 ha.

En ce qui concerne l'irrigation actuelle dans le périmètre, il convient de faire la distinction entre les deux types suivants :

- L'irrigation formalisée, alimentée par un réseau d'irrigation public dans le cadre de l'ONID ;
- L'irrigation autonome, organisée au niveau des exploitations par les agriculteurs eux-mêmes. L'alimentation en eau pour ce type d'irrigation est assurée dans la plupart des cas, à partir des eaux superficielles ;

- Les 03 systèmes d'irrigation sont utilisés par les agriculteurs dans le périmètre :

Le système d'irrigation aspersion est dominant. Il représente 80% de la surface totale irriguée, ensuite c'est le système d'irrigation gravitaire qui arrive en deuxième position. Suivi du système d'irrigation goutte à goutte.

Afin de mieux comprendre le contexte dans lequel va se dérouler notre étude, nous avons jugé utile de présenter dans un premier chapitre, les différentes caractéristiques globale du site d'étude, du point de vue situation géographique ; conditions climatiques ; étude pédologique ; hydrogéologique ; hydrologique et ressources en eau ; dans un deuxième chapitre, quantifier les besoins en eau des cultures sur la base des informations définies auparavant, conditionnant la conception de notre projet; dans le troisième chapitre, nous aborderons les techniques pour les trois systèmes d'irrigation (gravitaire, localisé et par aspersion), le quatrième chapitre est consacré au dimensionnement du réseau de distribution d'eau à partir de deux piquages jusqu'aux différentes parcelles du périmètre à irrigué tout en faisant une estimation économique du projet.

Chapitre I

« Présentation du périmètre de Zouabi »

Introduction

Ce chapitre fera l'objet d'une présentation globale du site d'étude, du point de vue situation géographique ; conditions climatiques ; étude pédologique ; hydrogéologique ; hydrologique et ressources en eau.

L'étude détaillée des principaux facteurs climatiques, vont nous permettre de déterminer le type de climat caractérisant la zone d'étude.

I-1. Situation Géographique

Le périmètre de Zouabi s'insère dans les monts de la Medjerda, avec une superficie de 200 ha.

La zone d'étude est située à environ trois Kms au Nord- Ouest du chef lieu de la commune, Elle est limitée par :

- Au Nord : Des parcelles agricoles de Méchtat Trad en suite, Djebel Zouabi jusqu'à la route nationale (RN 81).
- Au Sud : Barrage d'**Oued El Charef**.
- A l'Est : Des espaces agricoles qui se prolongent jusqu'à la route nationale (RN 80).
- A l'Ouest : D'autres espaces agricoles qui se prolongent à méchtas Djémailia, Setha et méchtat Mélaha, jusqu'au barrage d'**Oued El Charef**.

Le périmètre à irrigué qui se trouve entre Chaabet Charef et Chaabet El Ghadraouat est divisée par un chemin rurale qui relie les différentes méchtats avec la commune, en deux parties:

La première partie : Se résulte par un ensemble des parcelles agricoles qui constituent la partie basse du périmètre où elle est limitée par le barrage d'Oued El Charef.

La seconde partie : constitue la partie haute du périmètre, elle est limitée par djebel Zouabi.

Le milieu naturel se caractérise par :

- ❖ Une superficie totale de 8000 HA, la superficie agricole utile(SAU) représente 50% du territoire et le reste porte des parcours, des prairies naturelles et autres.
- ❖ La superficie irriguée est insignifiante.
- ❖ L'altitude oscille entre 750 et 830 m.



Source (ONID CO)

Figure I-1: Situation Géographique du périmètre de Zouabi.

I-2. Climatologie

Dans l'aménagement d'un périmètre irrigué, l'étude climatologique revêt une importance capitale, car le climat est un facteur qui est déterminant pour le choix des cultures ainsi que pour l'estimation des doses d'irrigation nécessaires.

Cette étude va nous permettre de déterminer le climat de la région où se situe notre périmètre. Pour cela nous allons nous intéresser à un ensemble de phénomènes météorologique qui conditionne l'évolution de ce dernier.

Parmi ces phénomènes météorologiques on peut citer : les précipitations, les variations de température, l'évapotranspiration, le vent, l'humidité relative.....etc.

a. La température

Le tableau suivant représente les températures maximales moyennes mensuelles de la station d'Oum EL Boughi :

Tableau I-1 : Température maximales moyennes mensuelles (1991-2000).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
°C	7,4	8,3	10,3	13,0	18,1	22,3	25,8	26,1	21,7	17,4	12,1	8,7	15,9

Source (ANRH CO)

b. Les précipitations

La pluviométrie est un régime variable et irrégulier suivant les mois et les années :

Tableau I-2 : Série pluviométrique (station d'Oum El Bouaghi 1971–1994).

année	sep	oct	nov	déc	Jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aout	total
1971	68,4	43,7	12,2	13,9	91,5	13,6	23,5	88,1	29,7	17,2	0	9,9	411,7
1972	55,9	43,4	0	98,8	75,2	23,9	115	41,8	0	12,7	0,2	19,3	486,2
1973	16,1	26,5	4,6	0	13,5	33,9	41,4	22,9	20,2	1,6	6,9	1,7	189,3
1974	31,1	26,1	14,6	13,2	13,9	52	39,2	28	72,4	14	0	27,6	332,1
1975	43,5	1,8	25,9	12,6	16,1	31,3	48	31,8	43,3	37,5	56	18,6	366,4
1976	41,7	46	64,8	15,5	22,3	6,3	14,9	48,2	112,5	11,3	0	43,7	427,2
1977	0	1,7	43,1	2	16,2	23,8	29,7	25,5	28,7	2,2	0	16,2	189,1
1978	0	47,7	9,7	8	9,8	47,9	20	115,1	41,6	20,8	1,2	7	328,8
1979	58	16,3	20,5	4,1	33,2	17,9	61,9	42,7	47,1	10	0	0,4	312,1
1980	88,7	3,6	24,5	92,7	28,1	23,9	32	34,9	17	38,5	3,5	8,3	395,7
1981	48,3	24,9	9,8	25,8	32,7	37,1	62,3	27,2	56,1	1	0,3	1,5	327
1982	8,1	27,8	54,2	25,8	7,2	6,2	31,8	6,3	23,4	8,5	4,8	15,3	219,4
1983	0	7	30	30,4	65,1	81,9	14,7	12	0	13,1	0	7	261,2
1984	6,8	35,8	4,9	126,4	20,7	36,4	50,3	26,5	54,4	0	4,6	0	366,8
1985	90,1	19,4	10,1	1	18,1	9,9	37,5	10,1	10,3	18,8	1,3	4	230,6
1986	13,5	16,1	39,1	27,9	14,6	33,7	30,2	10,3	38,4	8,5	9,7	0,7	242,7
1987	0	21,1	19,7	3,9	18,2	4,9	14	15,2	28,4	32,6	11	4,9	173,9
1988	11,2	11,9	25,3	43	6,3	23	7,6	29,4	14,3	53,2	12	2,9	240,1
1989	51,3	21,7	11,2	4,3	31,8	0	11,7	8	66,2	2,5	6,5	4,6	219,8
1990	0	20,9	50,5	32,1	16,9	15,9	33,7	59,3	53,9	4,9	3,5	0	291,6
1991	10,4	65,7	17,9	3,7	12,4	58,3	40,8	73,4	73,5	5	65,9	21,7	448,7
1992	4,5	14	30,5	78,4	12,1	25,3	4	15,9	24,9	1,6	0	2,3	213,5
1993	0	3,7	0,3	72,8	14,7	24,1	11,7	25,8	6,4	0	10,2	0,6	170,3
1994	16,2	30,2	3,7	8,2	27,5	0	31,6	17,3	0	26,9	0	4,3	165,9

Source (ANRH CO)

Tableau I-3 : les précipitations moyennes mensuelles. Période (1971-1994).

mois	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aout	total
Pmoy mensuel(mm)	27,66	24,04	21,96	31,02	25,75	26,30	33,65	33,99	35,95	14,27	8,23	9,27	292,09

c. Vitesse du vent

Le vent exerce une influence directe sur les températures et l'humidité, et active l'évapotranspiration.

Tableau I.4: Moyenne Mensuelles De La Vitesse Du Vent.

mois	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	Aout
Vent moy(km /h)	11.23	8.96	11.09	11.84	12.78	14.08	14.83	13.82	11.30	12.02	12.02	10.73

Source (ANRH CO)

En général les vents dominants sont ceux du Nord-Ouest. Ils sont à l'origine de la pluviométrie durant l'hiver. Après les vents du Nord-Ouest viennent ceux du Nord-est qui sont des vents plus ou moins secs.

d. Humidité relative de l'air

Tableau I.5: Moyenne Mensuelles De L'Humidité de l'air.

mois	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	Aout
Humidité(%)	62,7	70,2	73,8	79,2	79,6	76,4	70,9	69,9	59,0	54,3	50,4	49,6

Source (ANRH CO)

e. Insolation :

L'insolation moyenne mensuelle figurée dans le tableau ci-après (relevée dans la station d'Oum El Bouaghi) illustre le paramètre climatique d'insolation dans la zone d'étude.

Tableau I.6 : Insolation moyenne mensuelle (1991-2000).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
Heures	160,4	190,1	242,3	249,7	281,9	288,9	353,7	304,6	243	220,3	182,6	165,6	240,2

Source (ANRH CO)

f. Evaporation

Le tableau suivant présente les valeurs de l'évaporation moyenne mensuelle de la Station Oum El Boughi (ONM) :

Tableau I.7 : Evaporations moyennes mensuelles (1992-1999).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
mm	46,0	49,0	52,0	69,0	91,0	105,0	119,0	127,0	103,0	76,0	68,0	58,0	963,00

Source (ANRH CO)

I-1-1. Classification du climat

a. Classification du climat selon l'indice de MARTON

L'indice d'aridité de MARTON, est un paramètre qui permet la classification du climat, afin de nous renseigner sur l'indisponibilité de l'irrigation par rapport au climat (voir tableau VI-8).

L'indice d'aridité est donné par l'expression (1) :

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

Avec :

I_A : Indice de MARTON

P : Précipitation annuelle moyenne de la région en (mm/an)

T : Température moyenne annuelle en (°C)

Tableau I.8: Classification du climat selon M^r MARTON.

Valeur de l'indice	Type de climat	irrigation
$I < 5$	Hyper-aride	Indispensable
$5 < I < 10$	Aride	Indispensable
$10 < I < 20$	Semi-aride	Souvent Indispensable
$20 < I < 30$	Sub-humide	Parfois utile
$30 < I < 60$	Humide	Inutile
$I > 60$	Hyper-humide	Inutile

Pour :

$$P = 292,09 \text{ mm/an}$$

$$T = 15,9^\circ\text{C}$$

On aura :

$$I = \frac{292,09}{15,9 + 10} = 11,28$$

$$I_A \approx 12$$

Selon l'indice d'aridité calculé, on constate d'après la classification ci-dessus que la région est soumise à un régime de climat **semi aride** par conséquent, **l'irrigation est utile**.

b. Climogramme de GAUSSEN

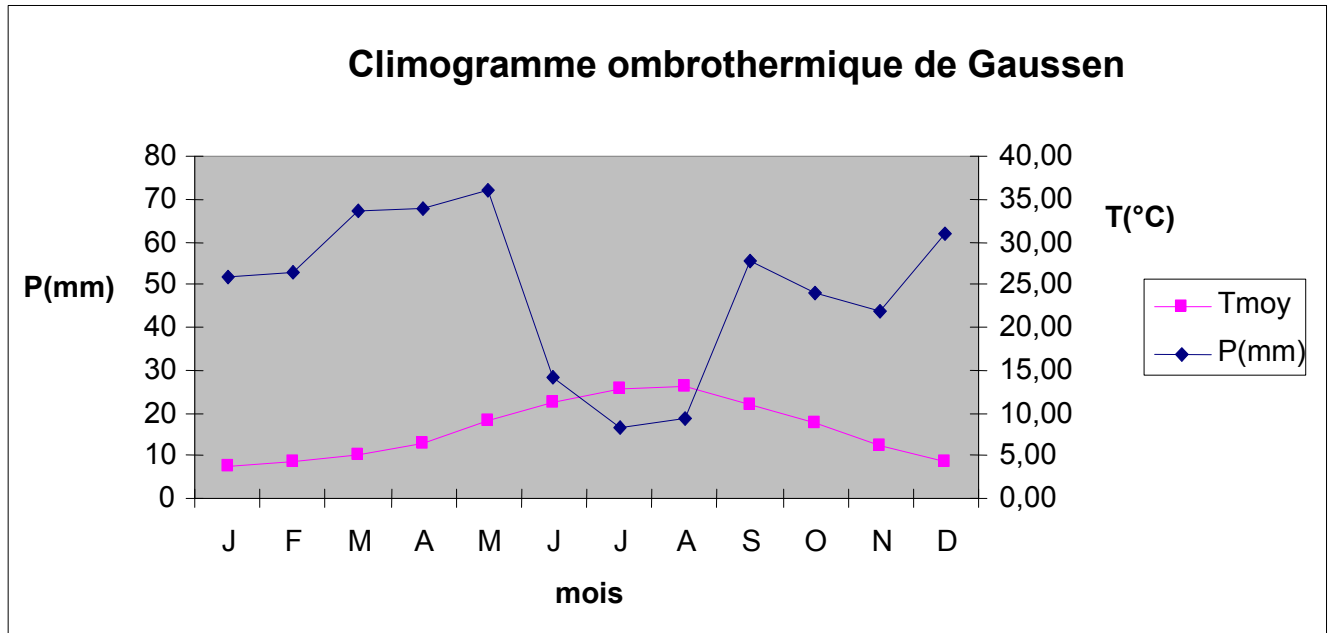


Figure I-2 : Climogramme de Gausсен.

D'après ce Climogramme on remarque que la période sèche s'étend de juin jusqu'au septembre (4 mois) ce qui confirme que le climat de cette zone est semi aride et pendant cette période l'irrigation est indispensable. Et la période humide s'étend de mois octobre jusqu'à mois de mai, pendant cette période l'irrigation peut être une nécessité si on enregistre un déficit en eau.

c. Classification du climat selon diagramme de Mr EMBERGER

La technique est fondée sur un diagramme dressé par Mr EMBERGER (figure I.3) qui nous renseigne sur le climat, ainsi que le type d'Hiver dominants d'une région.

Pour cela, nous avons calculé, par l'expression (2), le quotient de Mr EMBERGER, que nous avons projeté sur le Diagramme Bioclimatique.

$$Q = \frac{1000 \times P}{\left(\frac{M + m}{2}\right)(M - m)} \dots \quad (2)$$

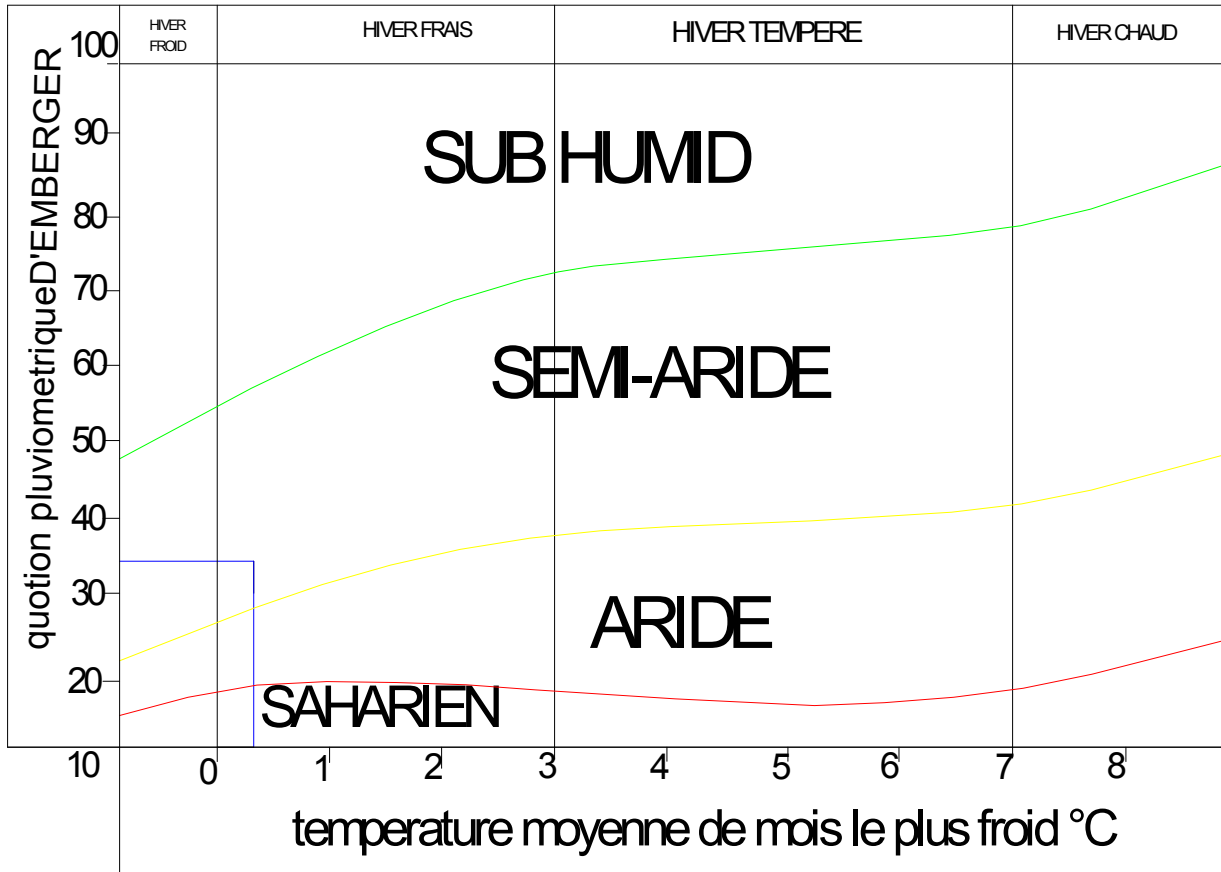


Figure I-3 : Diagramme d'Emberger.

Tel que :

Q : coefficient pluviométrique d'Emberger.

P : Précipitation moyenne annuelle de la région en (mm).

M : Température moyenne maximale du mois le plus chaud en (K°).

m : Température moyenne minimale du mois le plus froid en (K°).

Pour :

$$P = 292,09 \text{ mm}$$

$$M = 26,1^\circ \text{C}$$

$$m = 7,4^\circ \text{C}$$

On aura :

$$Q = \frac{2 * 1000 * 292,09}{(26,1 + 273)^2 - (7,4 + 273)^2} = 53,9$$

D'après le diagramme bioclimatique d'Emberger (fig I.3) les valeurs obtenues de Q correspondent à un climat **semi aride**.

Ces renseignements complètent celles obtenus précédemment par la méthode de MARTONNE, et qui sont d'une importance majeure.

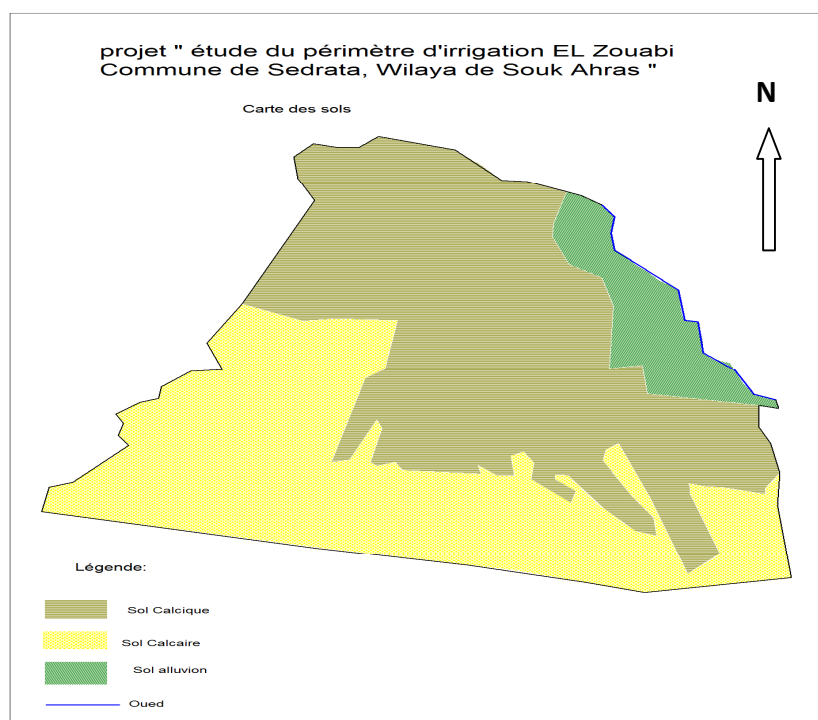
I-2. Pédologie

Des missions de prospection sur le terrain, avec sondages et échantillonnages et géoréférencement des sols, ont été réalisées. Les échantillons ont fait l'objet d'analyses physiques, chimiques et biologiques au laboratoire EST de l'INSID, Wilaya d'Oum-El-Bouaghi.

a. Classification des sols

La prospection pédologique réalisée à une échelle de 1/50.000^{ème} dévoile deux grandes unités cartographiques dans la zone d'étude, selon la CPCS (1967). Il s'agit de la classe des sols calcimagnésiques bruns calciques et la classe des sols peu évolués d'apport alluvial.

Les 2 classes de sols répertoriées sont présentées dans la figure suivante:



Source (ONID CO)

Figure I-4 : Carte des sols.

b. Salinité des sols

La salinité du sol n'est pas une contrainte pour le développement et la croissance des cultures vues son faible degré.

Le PH eau des sols est neutre. C'est un PH eau favorable pour la disponibilité en éléments nutritifs pour les plantes.

Le niveau de salinité exprimé par la conductivité électrique (CE) n'est pas une contrainte pour les cultures, vue les faibles valeurs de la CE enregistrées dans ces unités du sol.

c. Taux de Calcaire Actif

La salinité n'est pas une contrainte pour un bon nombre de cultures ; maraîchères, céréalières, fourragères et arboricoles mais les teneurs enregistrées de calcaire actif dans les deux types de sols à encroûtement calcaire et sol peu évolué nécessitent des variétés tolérantes au calcaire actif.

La teneur des sols de la région en calcaire total s'avère faible dans la zone des sols rendzines et moyenne à forte dans la zone des sols a encroûtement calcaire et sols peu évolué ce qui augmente dans ces derniers les risques de précipitation du phosphore assimilable ; les problèmes de rétrogradation et d'antagonisme entre les éléments nutritifs ; cela dit que le calcaire favorise le blocage de certains éléments nutritifs (chlorose ferrique) ce qui oblige le choix des variétés tolérantes aux calcaire.

d. Zones homogènes de mise en valeur

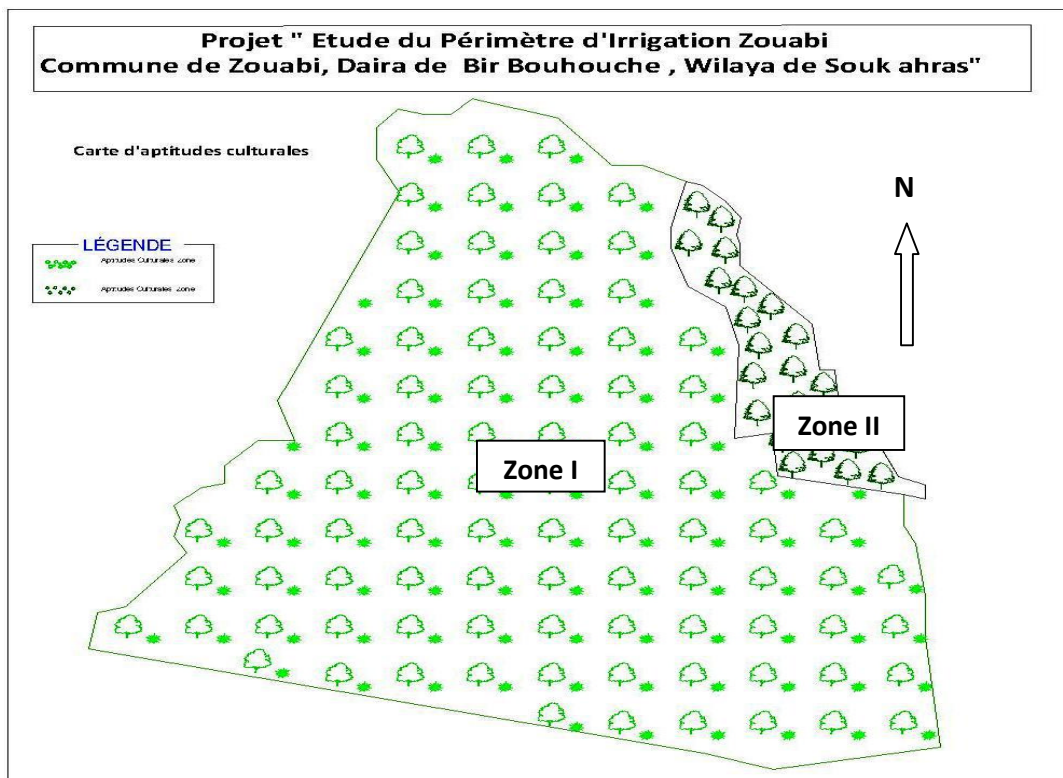
Les sols ont été groupés en zones homogènes de mise en valeur ayant les mêmes aptitudes aux cultures irriguées. Classées en zones I et II selon la nature granulométrique des sols de la région à savoir, lourde à légère et la teneur des sols en calcaire actif.

Les aptitudes culturales associées à chacune de ces zones sont détaillées dans le tableau ci-dessous :

Tableau I-9 : Les aptitudes culturales associées à chaque zone.

Zones		Zone I	Zone II
Propriétés		Zone des sols calcaire et calcique : moyennement légers, Terres peu profondes, à dominance limoneuse, à tendance battante, perméables, bien aérés mais vulnérables également au tassement.	des alluvions : lourds, Terres profondes à bon potentiel de fertilité parfois hydro-morphes, compacts en profondeur et vulnérables au tassement.
Aptitudes	Les cultures maraîchères	Tomate, oignon, ail, pomme de terre, haricot, pastèque, melon, aubergine	Pomme de terre, haricot, aubergine, épinard
	les cultures céréalières	Blé, orge	Blé, orge
	les cultures fourragères	Luzerne, Bersime, Sorgho, ray-grass.	Luzerne, Bersime, ray-grass,
	l'arboriculture fruitière	<ul style="list-style-type: none"> ▪ abricotiers sur le porte greffe (franc d'abricotier), ▪ amandier sur franc ou sur le porte greffe (pêcher x amandier), <ul style="list-style-type: none"> ▪ cerisier ▪ vigne (Vitisvinifera), ▪ pêcher sur porte greffe : amandier ou le porte greffe : prunier saint julien ; ▪ prunier sur la porte greffe : prunier myrobolan ou porte greffe : mariana et GF81, la vigne sur porte greffe : SO4 ou 41B ou 3309C 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ poirier ▪ Abricotier (porte greffe : prunier myrobolan), ▪ Amandier sur le porte greffe (pêcher x amandier), ▪ Pommier, Prunier sur le porte greffe : mariana et GF81, ▪ la vigne sur porte greffe : SO4 ou 41B. ▪ Pêcher sur porte greffe amandier.
Cultures Exclues		Epinard, Triticale, poirier, pommier,	Sorgho, Melon, pastèque, Cerisier, prunier

Source (ONID CO)



Source (ONID CO)

Figure I-5 : Carte d'aptitude culturale.

L'analyse physique de ces deux types de sol montre que ces derniers ne risquent pas d'adhérer au matériel aratoire sur une large gamme d'humidité allant de la teneur en eau au point de flétrissement à la teneur en eau à la capacité au champ.

Toutefois, ces sols restent vulnérables au tassement dans cet intervalle d'humidité. Ce qui permet de suggérer un passage des engins agricoles lorsque ces derniers sont à l'état sec pour éviter le tassement et la prise en masse.

Les apports en matière organique sont très indispensables vu les faibles niveaux

La teneur en potassium échangeable est généralement peu élevée dans les sols de la zone d'étude. A cet effet, il est conseillé de prévoir des apports de redressement et d'entretien selon le calendrier de fertilisation pour parer aux carences et aux risques de lixiviations surtout dans les sols peu évolués dans les années a suivent.

Un apport d'engrais azotée et phosphatée est à conseiller.

Pour les oligo-éléments l'apport sera par une ferti- irrigation par la suite.

I-3. Ressources En Eau

Comme on le sait déjà, la principale ressource en eau pour des zones de Zouabi est assurée à partir des eaux superficielles emmagasinées dans le barrage Oued El Charef.

Une section est allouée à la caractérisation de la ressource en eau et les capacités d'extension du périmètre de Zouabi, Bir Bouhouche, en tenant compte des besoins des périmètres : Ksar Sbahi et Sedrata.

a. Ressources effectivement disponibles

Le barrage d'Oued El Charef est un barrage en enrochement en terre, de 60 m de hauteur hors sol avec la cote de la retenue normale à 745 et la cote de la retenue maximale à 750. La cote du barrage se situe à la cote 752, sa largeur étant de 9 m. Le barrage a été construit par la Société COSIDER dans la période 1987-1995.

Le volume total de la retenue à la cote normale est voisin de 150 Hm³, sa surface étant de 12 Km². Le bilan hydrique de l'Oued Cherf au droit du barrage d'Oued El Charef est défini à partir des données disponibles pour la période de 1972-1993, fournies par l'ANRH.

La pluviométrie moyenne annuelle sur le bassin versant cité plus haut et de l'ordre de 319 mm, alors que le débit moyen a été de 1,235 m³ /s, ce qui présente l'apport moyen annuel de l'ordre de 38,05 Hm³.

L'évaporation à partir de la nappe à surface libre formée par le barrage d'Oued El Charef a été définie au niveau d'environ 1200 mm annuellement.

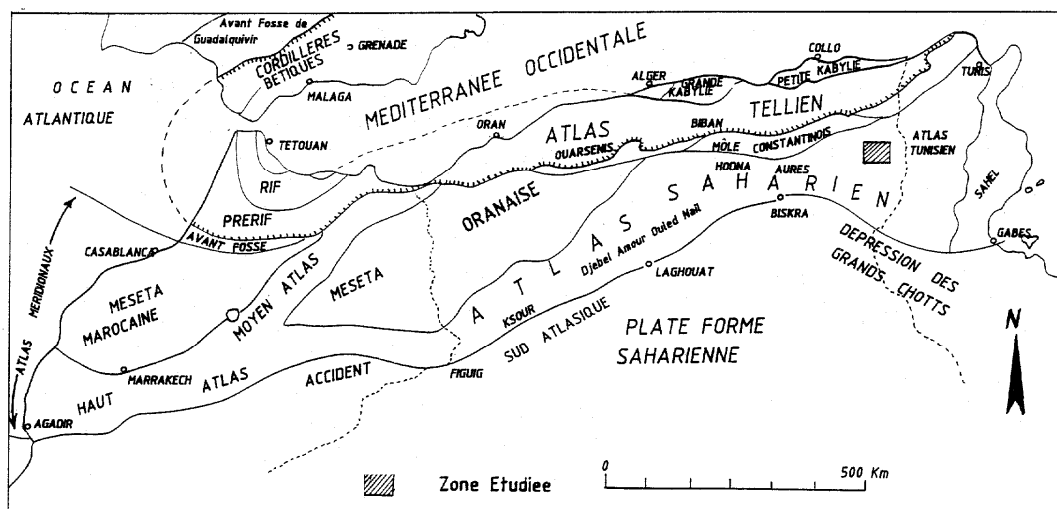
Avant a été évalué le rythme d'alluvionnement du barrage d'Oud El Charef. La conclusion était que l'alluvionnement du barrage pourra atteindre la cote 730 dans une période de 20 ans à peu près.

I-4. Hydrogéologie

I-4-1. Géomorphologie

La région d'étude qui s'insère dans les monts de la Medjerda. Constitue une zone charnière entre deux domaines structuraux distincts ; l'Atlas Saharien Oriental au sud, qui se poursuit en Tunisie par l'Atlas Tunisien, il s'agit d'une chaîne de montagne caractérisée par des anticlinaux et synclinaux perchés orientés suivant une ligne directrice SW-NE. L'Atlas Saharien est composée d'une série de plis synclinaux larges et d'anticlinaux plus étroits datant du crétacé. Leur couverture et généralement mince, elle présente une épaisseur de quelques milliers de mètres au maximum.

Les plis organisés en échelons et formant du SW vers le NW.

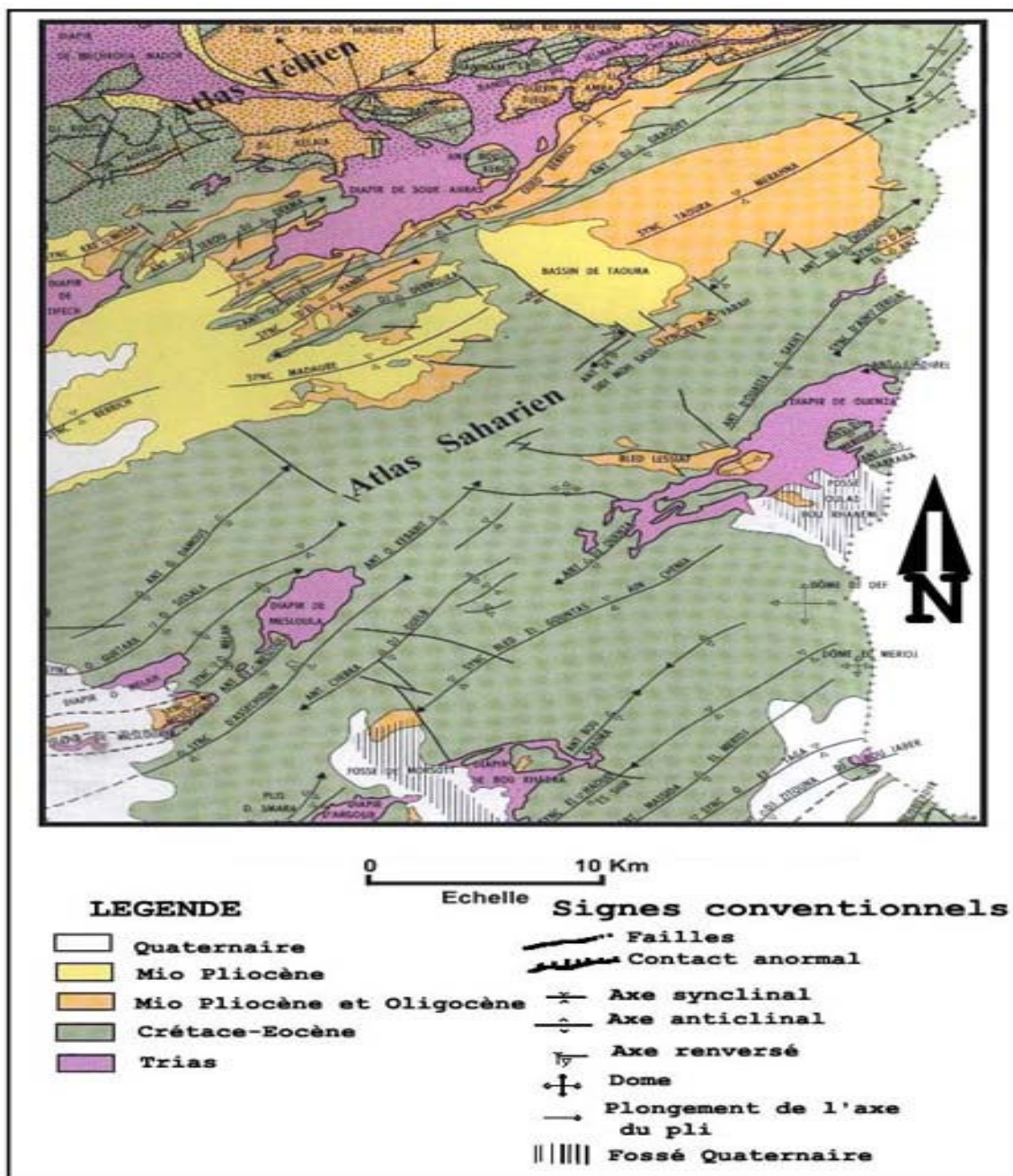


Source (ONID CO)

Figure I-6: Principaux ensembles structuraux de l'Afrique du nord (D'après Caire, 1967).

Le crétacé inférieur est représenté par des formations argilo-gréseuses, excepté à l'aptien ou elles sont calcaires dans la partie Nord. Au crétacé supérieur et à l'éocène les formations sont argileuses et calcaire, en fin elles sont argilo gréseuses à l'oligocène et au miocène.

Le périmètre étudié est limité vers le Nord par le synclinal perché de Kef Djakhadjikh, éloigné de quelques centaines de mètres seulement de la localité de Zouabi. Ce relief, orienté selon la direction atlasique (NE-SW).



Source (ONID CO)

Figure I-7: Schéma structural des confins Algero-Tunisiens.

La formation géologique est prédominée par les formations du crétacé (notamment mésocrétacé). Celle-ci se trouve partout à la périphérie des noyaux anticlinaux qui forme des dômes. Elles sont parfois en partie ou même en totalité masquées par des sédiments plus récents, qui se revêtent toujours par des traces discernables sous cette couverture. Ces formations notamment marno-calcaire constituent une transition entre le régime « anticlinal » et celui « synclinal » assez constant des terrains plus récents. Ces derniers du mio-pliocène, du miocène et quaternaire, correspondent à une phase d'accumulation intensive des dépôts détritiques.

Sur la base de ce substratum géologique assez varié, deux principales caractéristiques lithologiques ont identifiées dans cette zone à savoir :

- ✓ Une lithologie fortement résistante composée essentiellement de calcaire et de dolomie dure, rencontrée surtout au niveau des principaux reliefs.
- ✓ Une lithologie peu ou moyennement résistante constituée de calcaires friables, de marnes, de conglomérats et de dépôt alluviaux ou les zones subsidence et aux niveaux des vallées et cuvettes encaissées.

D'une façon générale, la lithologie de la région se présente comme suit :

❖ **Le Quaternaire**

Le quaternaire englobe toutes les formations postérieure à la dernière phase des plissements qui ont suivie le dépôt du miocène continental. Dans le territoire de la willaya de Souk Ahras le quaternaire couvre d'importantes superficies, il est présent pratiquement dans toutes les feuilles géologiques couvrant la willaya. Il se compose en général de formations continentales telles que les nappes d'épandage, les terrasses fluviatiles, des éboulis et des limons. Selon leur caractéristique.

Les plus anciennes formations continentales appartiennent au Quaternaire supérieure et chimique. Celui-ci est représenté par des alluvions récentes et actuelles des fonds de vallées caractérisées par des sédiments grossiers provenant de l'altération physique et chimique des roches mères. Ce sont généralement des sables. Gravier. Cailloux et blocs de forme arrondie et de nature variée. Il est à noter qu'aucun dépôt pliocène ou pléistocène ancien n'a été observé dans la région.

❖ **Le Miocène (Néogène)**

L'épaisseur du miocène peut atteindre une centaine de mètres(100).Il débute par des formations marines transgressives et discordantes sur les terrains anciens. Ils sont représentés par des calcaires roux, suivis de marnes très argileuses de couleur verte devenant rouge foncé et enfin par des argiles à intercalations de grés grossiers.

❖ **L'Eocène moyen et inférieur**

Constitués de calcaires et des marnes avec des intercalations de calcaires marneux et des marno-calcaires selon la teneur en carbonates.

- Le crétacé supérieur : Il est très abondant dans la région, est constitué de calcaires en bancs plus au moins épais.
- Le crétacé moyen : Est formé de calcaires marneux et des calcaires par endroits.
- Le crétacé inférieur : Est caractérisé par des marnes avec des intercalations minces

de calcaires marneux et des marno- calcaires.

- Le trias : Le trias des monts de la Medjerda est considéré comme étant diapirique. Les formations triasiques se rencontrent dans les parties centrales des structures anticlinales soulevées. Elles constituent des étendues chaotiques, intensément déformées, bréchifiées et écrasées.

Dans sa majeure partie ce trias est représenté par un mélange d'argiles bariolées, marnes, grès et gypse emballant des blocs rocheux insolubles de dolomies noires (dans la plus part des cas), de grès micacé, de calcaires, cargneules et ophites (du bourdieu 1956).

❖ La Tectonique

La région est dominée par les plisse anti-miocène de direction générale SW-NE. Alignés sur des axes anticlinaux de cette direction, les calcaires récifaux Aptiens forment d'imposants massifs dominant la platitude des étendues marneuses. Les massifs Aptiens sont crevés et disloqués par d'importantes remontées gypseuses du trias diapirique qui en commencé avec les premiers plissements. Des mouvements, de direction orthogonales aux plissements, postérieurs à eux mais encore anti-miocène, ont donné des failles et des lignes de fractures orientées SE-NW.

Ces fractures, alliées aux mouvements du Trias, ont eu pour conséquence le soulèvement actuel et général de la région par la mise en relief des formations continentales quaternaires et le creusement actuel des lits des Oueds.

I-5. Hydrologie

L'étude hydrologique est indispensable pour toutes mise en œuvre des projets : hydro-électrique, de distribution d'eau, de protection contre les crues, drainage d'irrigation, d'assainissement, barrage et de navigation fluviale.

L'étude hydrologique dans notre cas à pour but de déterminer les précipitations mensuelles de telle année on doit dimensionner notre réseau d'irrigation.

I-5-1. But de l'étude

L'analyse développée dans cette partie à pour objet d'évaluer la pluviométrie pour le périmètre irrigué, pour définir les précipitations de courte et de longue durée qui puissent inonder quelque périmètre de la région étudiée.

Homogénéité de la série pluviométrique :

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

La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé ci-dessous :

- On divise la série complète en deux sous séries : x et y tel que : N_1 et N_2

Représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N_1 < N_2$

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

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

$$W_x = |Rang|_x$$

W_x : Somme des rangs de sous-séries.

$$W_{\min} = \left[\left(\left(\frac{(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - 1}{2} \right) - 1,96 \times \left(\frac{N_1 \times N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \right) \right)^{1/2} \right] \quad (3)$$

$$W_{\max} = \left[(N_1 + N_2 + 1) \times N_1 - W_{\min} \right] \quad (4)$$

Tableau I-10 : Test de Wilcoxon de pour la station de Oum EL Boughi (140105).

rang	Série d'origine	Série x	Séries-y	TRI	x union y
1	411,7	411,7	366,8	486,2	X
2	486,2	486,2	230,6	448,7	Y
3	189,3	189,3	242,7	427,2	X
4	332,1	332,1	173,9	411,7	<u>X</u>
5	366,4	366,4	240,1	395,7	<u>X</u>
6	427,2	427,2	219,8	366,8	<u>Y</u>
7	189,1	189,1	291,6	366,4	<u>X</u>
8	328,8	328,8	448,7	332,1	<u>X</u>
9	312,1	312,1	213,5	328,8	<u>X</u>
10	395,7	395,7	170,3	327	<u>X</u>
11	327	327	165,9	312,1	<u>X</u>
12	219,4	219,4		291,6	<u>Y</u>
13	261,2	261,2		261,2	<u>X</u>
14	366,8			242,7	<u>Y</u>
15	230,6			240,1	<u>Y</u>
16	242,7			230,6	<u>Y</u>
17	173,9			219,8	<u>Y</u>
18	240,1			219,4	<u>X</u>
19	219,8			213,5	<u>Y</u>
20	291,6			189,3	<u>X</u>
21	448,7			189,1	<u>X</u>
22	213,5			173,9	<u>Y</u>
23	170,3			170,3	<u>Y</u>
24	165,9			165,9	<u>Y</u>

N1	N2	Wmin	Wy	Wmax
9	11	68,2	79	120,8

$$103,84 < W_y < 171,16$$

La condition de Mr Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelles de la station d'Oum El Boughi est homogène.

I-5-2. Etude de l'échantillon et choix du type de loi

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses, on utilise pour notre projet celle qui garantit le meilleur ajustement possible. La loi d'ajustement les plus communément employée est la suivante :

- Loi de Gumbel :

Elle est appelée aussi Loi des valeurs extrêmes, sa fonction est la suivante :

$$F(x) = e^{-e^{-u}}$$

Avec : $u = \frac{(x - x_0)}{g}$, g est un paramètre d'échelle qui représente la pente de la droite d'ajustement.

Tableau I-11: Ajustement à la loi de Gumbel.

Taille
n=24

Xo=248,71

g=75,17

I.C. à (en%)= 80

U Gauss= 1,2817

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
411,7	165,9	1	0,021	-1,354	165,9	146,9595	102,637	175,7481
486,2	170,3	2	0,063	-1,020	170,3	172,0513	135,219	197,4404
189,3	173,9	3	0,104	-0,816	173,9	187,3594	154,642	211,1294
332,1	189,1	4	0,146	-0,655	189,1	199,4675	169,667	222,2945
366,4	189,3	5	0,188	-0,515	189,3	209,9825	182,414	232,2923
427,2	213,5	6	0,229	-0,388	213,5	219,5817	193,762	241,7079
189,1	219,4	7	0,271	-0,267	219,4	228,6286	204,173	250,8659
328,8	219,8	8	0,313	-0,151	219,8	237,351	213,927	259,9781
312,1	230,6	9	0,354	-0,037	230,6	245,9094	223,217	269,2003
395,7	240,1	10	0,396	0,076	240,1	254,4298	232,188	278,6596
327	242,7	11	0,438	0,190	242,7	263,0207	240,961	288,4695
219,4	261,2	12	0,479	0,307	261,2	271,7848	249,647	298,7407
261,2	291,6	13	0,521	0,427	291,6	280,8274	258,356	309,5913
366,8	312,1	14	0,563	0,553	312,1	290,2647	267,203	321,1567
230,6	327	15	0,604	0,685	327	300,2339	276,321	333,603
242,7	328,8	16	0,646	0,827	328,8	310,906	285,863	347,1449
173,9	332,1	17	0,688	0,982	332,1	322,5064	296,027	362,0733
240,1	366,4	18	0,729	1,152	366,4	335,3484	307,076	378,802
219,8	366,8	19	0,771	1,346	366,8	349,8951	319,392	397,9515
291,6	395,7	20	0,813	1,572	395,7	366,8819	333,569	420,5178
448,7	411,7	21	0,854	1,848	411,7	387,5967	350,638	448,2555
213,5	427,2	22	0,896	2,207	427,2	414,6409	372,669	484,7224
170,3	448,7	23	0,938	2,740	448,7	454,7256	404,98	539,1163
165,9	486,2	24	0,979	3,861	486,2	538,9354	472,142	654,1039

Fréquence	U.Gumbel	Val.théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,2	-0,476	212,938	185,939	235,160	212,938	0,20	1,25
0,5	0,367	276,264	253,991	304,086	276,264	0,50	2,00
0,8	1,500	361,468	329,071	413,306	361,468	0,80	5,00

Ajustement à une loi de Gumbel

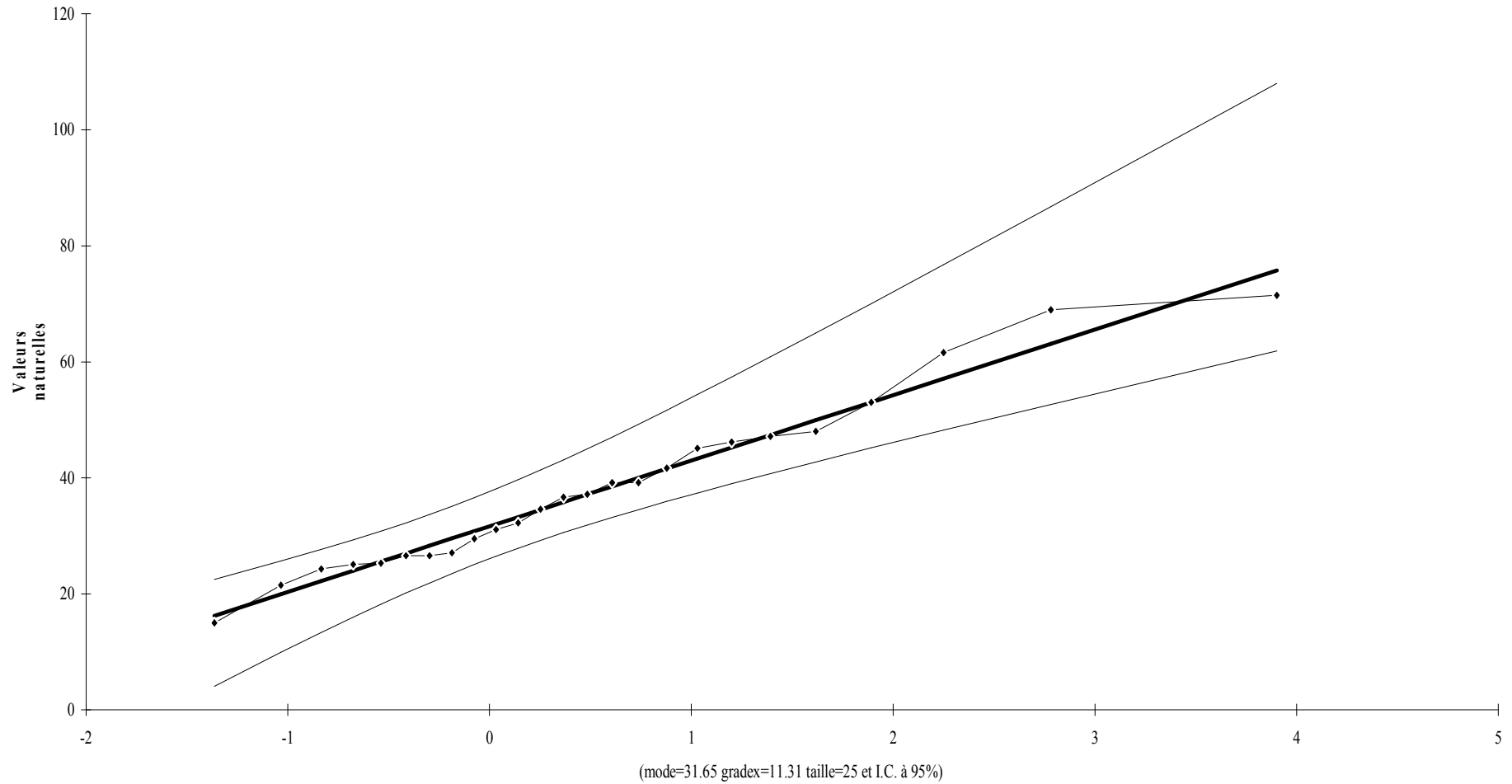


Figure I-8 : Ajustement à la loi de Gumbel.

Tableau I-12 : Précipitations moyennes mensuelles.

mois	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aout	total
P moy mensuel(mm)	27,66	24,04	21,96	31,02	25,75	26,30	33,65	33,99	35,95	14,27	8,23	9,27	292,09

L'année de calcul est calculée par la formule suivante :

$$P_{\text{mensuelle } 80\%} = P_{\text{moy mensuelle}} * \frac{P_{80\%}}{P_{50\%}} \quad (5)$$

Donc le tableau de l'année de calcul est représenté comme suit :

Tableau I-13 : Précipitations moyennes mensuelles de l'année de calcul.

mois	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	juin	juil	aout	total
P mensuelle80%	21,3	18,5	16,9	23,9	19,8	20,3	25,9	26,2	27,7	11,0	6,3	7,1	224,9

D'après l'analyse statistique des données hydrologiques, le périmètre est caractérisé par une pluie moyenne annuelle est de 224.9 mm, la pluie de 50% est de l'ordre de 276.26mm, la pluie de 20% est de l'ordre de 212.94mm.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons traité les principaux données qui nous aiderons à connaître la nature du climat de la zone d'étude et on a déterminé les paramètres de calculs des besoins en eaux du périmètre.

- Les différents paramètres que nous venons d'étudier indiquent que la zone d'étude n'est pas assez homogène sur le plan climatique. La pluviométrie présente une certaine hétérogénéité dans le temps et l'espace. Le type de climat est semi aride donc l'irrigation est utile.

D'après l'analyse statistique des données hydrologiques, le périmètre est caractérisé par une pluie moyenne annuelle est de 224.9mm, la pluie de 80% est de l'ordre de 361.74mm, la pluie de 20% est de l'ordre de 2mm.

Les études pédologiques des sols au périmètre de cette zone ont permis de délimiter et de classer les sols en fonction de leurs aptitudes aux différentes cultures à irriguer.

Chapitre II

« Les besoins en eau des cultures »

Introduction

Le présent chapitre, a pour but de quantifier les besoins en eau des cultures sur la base des informations définies auparavant, conditionnant la conception de notre projet

Conditions climatiques, cultures envisageables, systèmes agronomiques, l'intensité culturale, potentialités des sols, l'eau disponible, fertilité des sols, pratique culturale et méthodes d'irrigation.

Le calcul des besoins en eau d'irrigation est essentiel pour l'exploitation optimale d'un système d'irrigation. Il permet de prévoir la quantité d'eau à distribuer aux usagers et permet aussi de planifier l'utilisation des ressources hydriques. Les quantités d'eau nécessaire à l'irrigation doivent satisfaire divers types de besoins au niveau des champs.

Les besoins en eau des cultures, peuvent être définis comme dose apportée à la plante dans des moments propices, afin de mettre celles-ci dans les meilleures conditions d'humidité requises, pour obtenir son rendement maximal.

II-1. L'occupation des sols et le choix des cultures

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

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

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

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

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

Les cultures retenues doivent présenter une combinaison harmonieuse entre elles afin de bien conditionner la réussite technique et financière de notre système de culture. Pour notre périmètre les cultures qu'impose par l'administration sont les suivants :

II-1-1. La céréaliculture

La superficie cultivée en céréales est la plus importante, elle occupe 32 % de la surface totale enquêtée et cultivée. Les agriculteurs pratiquent le plus souvent la culture de blé avoine, soit environ 72% de la surface emblavée. Le reste de la superficie est cultivée en orge vert. (Voir tableau II-1).

Les céréales qui constituent une denrée de large consommation, sont menées en extensif, en effet elles sont pratiquées en sec.

Les céréales sont cultivées en tête d'assolement, elles sont semées dès les premières pluies du mois d'octobre à novembre.

II-1-2. Cultures fourragères

Les cultures fourragères s'étendent sur une superficie de 34 Ha. Les fourrages verts plus nutritifs et plus énergétiques, tel que le sorgho, maïs, ne sont pas pratiqués d'une part et d'autre part l'élevage bovin est quasiment absent dans les exploitations. Elles sont cultivé au moite du mois Avril, Et reste du mois Aout.

II-1-3. Maraichages

Les cultures maraîchères représentent contrairement à beaucoup d'autres cultures 49% de la superficie totale, soit environ 98ha. Les cultures pratiquées sont celles de saison, la mise en place de ces cultures se fait à partir de février à avril pour être récolter à partir de mois juillet à août.

La pomme de terre de saison et d'été sont des cultures stratégiques, En ce qui concerne d'autres cultures maraîchères pratiquées telle que tomate de saison et fève de saison.

II-1-4. Viticultures

Les viticultures s'étendent sur une superficie de 4 ha, elle est composée essentiellement de vigne de table.

Tableau II-1 : surface occupée par les différentes cultures.

	Cultures	Surface (ha)
Céreuse cultures	Blé avoine	46
	Orge vert	18
Cultures fourragères	Maïs fourrager	26
	Sorgho	8
Maraichages	Tomate de saison	22
	Pomme de terre de saison	14
	Pomme de terre d'été	30
	Fève de saison	32
Viticultures	Vigne de table	4

II-2. Détermination des besoins en eau d'irrigation

II-2-1. Définition

Le besoin en eau d'irrigation, B, est la quantité d'eau que l'on doit apporter à la culture pour être sûr qu'elle reçoit la totalité de son besoin en eau ou une fraction déterminée de celui-ci. Si l'irrigation est la seule ressource en eau, le besoin en eau d'irrigation sera au moins égal aux besoins en eau de la culture et il est souvent plus important en raison des pertes à la parcelle (besoins de lessivage, percolation profonde, inégalité de répartition...etc.).

II-2-2. Calcul des besoins en eau d'irrigation pour les cultures

Les besoins théoriques mensuels sont déterminés par le bilan hydrique

$$B = (P_{\text{eff}} + \text{RFU}) - \text{ETP} \quad (6)$$

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

E.T.P : évapotranspiration (mm / jour).

RFU : réserve facilement utilisable.

$$\text{RFU} = Y (H_{\text{cc}} - H_{\text{pf}}) \cdot d_a \cdot Z \quad (7)$$

Y : degré de tarissement.

d_a : densité apparente.

Z : profondeur d'enracinement.

H_{cc} : humidité à la capacité au champ

H_{pf} : humidité au point de flétrissement

P_{eff} : pluie efficace

$P_{\text{eff}} = A \cdot \text{Pluie}$; ou $A = 0,8$ à $0,9$ (pour notre cas on va prendre $A = 0,8$)

L'irrigation est fait lorsque $B = 0$.

Pour notre travail on utilise le logiciel Cropwat 8.0

La pièce de base pour la quantification des besoins en eau du périmètre est le calendrier des cultures, établi par des agronomes. Il présente les différentes cultures occupant le sol à chaque instant de l'année. On prend soin d'indiquer le taux de surface couvert par chaque culture sur la base des enquêtes menées par les brigades concernées. L'évaluation des besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique. Pour cela on définit :

II-2-3. Evapotranspiration réelle ou de culture (ETR OU ETC)

C'est la valeur réelle de l'évapotranspiration. Le plus souvent, elle est inférieure à un l'évapotranspiration potentielle, puisque le sol n'est pas en permanence à sa capacité de rétention. En plus, elle est considérée variable pendant la période de végétation.

Donc, c'est l'évapotranspiration d'une culture exempte de maladies, poussant dans un champ jouissant de conditions : agronomiques, pédologiques, et climatiques optimales, donnée par l'expression ci-dessous :

$$ET_{CULTURE} = K_C * ET_0 \quad (8)$$

Avec :

K_C : Représente le coefficient culturale, dépendant du type de la culture et de son stade de développement, et des conditions climatiques qui y règnent.

Dans notre projet, nous nous intéressons surtout à l'évapotranspiration de référence " ET_0 ", car nous voudrions atteindre à tout prix, des rendements agricoles élevés et stables. Pour mieux rationaliser.

II-2-4. Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence

C'est l'évapotranspiration d'une culture bien fournie en eau où le sol est à sa capacité de retentions, autrement dit c'est la limite maximale de l'évapotranspiration.

Donc pour mieux prédire l'évapotranspiration, on a introduit une valeur de référence que l'on définit comme étant le taux d' l'évapotranspiration d'une surface du *gazon* vert, ayant une hauteur uniforme de 8 à 15cm, poussant activement, ombrant complètement le sol et ne manquant pas d'eau.

Les recherches actuelles sur les besoins en eau des cultures agricoles ne sont plus menées dans le seul but d'obtenir des données précises sur chaque plante, mais surtout elles sont s'orientés vers l'établissement de formules universelles. Elles permettent de calculer rationnellement ces besoins, dans n'importe qu'elle région.

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

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

En ce qui concerne notre projet, le calcul des besoins en eau des cultures est effectué à l'aide du logiciel appelé ; **CROPWAT** version **8**, qui permet au passage, l'évaluation de l'évapotranspiration de référence, selon la méthode empirique la plus appropriée de M^{rs} Penman et Montheit modifiée.

● Méthode de M^{rs} Penman et Montheit Modifiée

En Angleterre, précisément en **1948**, M^{rs} Penman et Montheit a proposé une étude théorique de l'évapotranspiration en reliant inséparablement l'énergie solaire incidente. Cette formule est limitée ou bien incomplète, du fait que cette dernière ne prenne pas en considération l'effet de quelques paramètres météorologiques.

Les expériences ont montrés que la formule telle qu'elle est, s'applique mieux dans les régions humides, non loin de l'océan et essentiellement recouverte de végétation, que dans les zones arides ou semi-arides de faible humidité.

Pour cela, nous adaptons la nouvelle formule de M^{rs} Penman et Montheit modifiée, qui prenne en compte l'effet du paramètre vent, ainsi que les corrections supplémentaires qui tiennent comptent des conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

L'expérience a montrée que l'expression obtenue, prédirait de près, l'évapotranspiration de référence, non seulement dans des régions humide et fraîche comme en Angleterre, mais aussi dans des zones très chaude et semi-aride. La formule de M^{rs} Penman et Montheit, modifiée, se présentant comme suite :

$$ET_0 = C * [W * Rn + (1 - W) * F(u) * (ea - ed)] \quad (9)$$

Où :

ET_0 : Représente l'évapotranspiration de référence, exprimées en mm/jour.

W : Facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différente température et altitude.

Rn : Rayonnement net en évaporation équivalente, exprimé en mm/jour.

$F(u)$: Fonction liée au vent.

ea : Tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars.

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

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

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est réalisé à l'aide d'un logiciel appelé **CROPWAT 8,0** fondé sur la méthode de M^{rs} Penman et Montheit, modifiée et recommandée par la consultation des experts de la **FAO** tenue à Rome en Mai **1990**.

Le logiciel Cropwat 8.0 a été utilisé, pour cela nous avons eu besoin de données climatiques suivantes sur une période de vingt ans de la station météorologique d'Oum EL Boughi :

- les coordonnées géographiques de la station météorologique
- températures moyennes mensuelles (°C),

- précipitation moyenne mensuelle (mm),
- humidité relative moyenne mensuelle (%),
- vitesse moyenne mensuelle du vent (km/jours),
- durée d'insolation moyenne mensuelle (heure/j).

Le logiciel calcule automatiquement :

- ET₀ Penman, estimée à partir des données climatiques,
- pluie efficace déterminée par:

$$\text{Pluie efficace} = 0,8 * \text{pluie moyenne mensuelle}$$

L'entrée des données relatives à chaque culture et la date de semis.

Les résultats sortis ont été transférés (tableaux des besoins en eau et de calendrier d'irrigation) de Cropwat vers Logiciel Excel, pour permettre le calcul des besoins.

Tableau II-2 : Evapotranspiration de référence de la zone de projet selon Penman et Montheit.

station: OUM EL BOUGHI						
Altitude:955 m		longitude:7,4°		latitude:35,87°		
Mois	Temp Moy °C	Humidité %	Vent km/jour	Insolation heures	Ray. MJ/m²/jour	ET₀ mm/jour
Janvier	7.4	80	307	6.7	10.5	1.21
Février	8.3	76	338	7.9	14.0	1.74
Mars	10.3	71	356	10.1	19.9	2.66
Avril	13.0	70	332	10.4	23.3	3.45
Mai	18.1	59	271	11.7	26.8	4.99
Juin	22.3	45	288	12.0	27.7	6.56
Juillet	25.8	50	288	14.7	31.2	7.42
Août	26.1	50	258	12.7	27.0	6.73
Septembre	21.7	63	270	10.1	20.8	4.64
Octobre	17.4	70	215	9.2	16.3	2.94
Novembre	12.1	74	266	7.6	11.8	1.85
Décembre	8.7	79	284	6.9	9.9	1.24
Moyenne	15.9	66	289	10.0	19.9	3.79

II-2-5. La pluie efficace

La pluie efficace, P_{eff} représente la fraction des précipitations qui est effectivement utilisée par la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface et par percolation profonde. Le choix de la méthode appropriée pour le calcul des précipitations efficaces demande une réflexion sérieuse. Différentes méthodes ont ainsi été développées, chacune prenant en compte le climat de la région où doivent s'effectuer les mesures.

$$P_{\text{eff}} = P \cdot a \quad \text{tq : } a = 0,8$$

Tableau II-3 : les pluies efficaces.

mois	Pluie (mm)	Pluie efficace (mm)
Janvier	19,8	15,8
Février	20,3	16,2
Mars	25,9	20,7
Avril	26,2	21
Mai	25,7	20,6
Juin	11	8,8
Juillet	6,3	5
Août	7,1	5,7
Septembre	21,3	17
Octobre	18,5	14,8
Novembre	16,9	13,5
Décembre	23,9	19,1
Total	222,9	178,3

II-2-6. Cycle de chaque culture

Le calendrier cultural général est présenté comme suite :

Tableau. II-4 : Calendrier cultural.

Cultures		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Cérealecultures	Blé avoine						●			●			
	Orge vert				●							●	
Cultures fourragères	Mais fourrager			●					●				
	Sorgho			●					●				
Maraichages	Tomate de saison				●						●		
	Pomme de terre de saison		●					●					
	Pomme de terre d'été				●					●			
	Fève de saison	●					●						
Viticultures	Vigne de table						●	●					

II-3. Efficience De L'irrigation

L'efficience d'irrigation est définie par le rapport entre le besoin d'eau strictement nécessaire à la culture et le volume d'eau à introduire dans le réseau d'irrigation.

La différence entre les deux volumes indique les pertes.

La formule utilisée pour l'estimation de l'efficience d'un réseau d'irrigation est donnée par l'expression suivante:

$$E_i = E_t \cdot E_d \cdot E_u \quad (10)$$

Avec: E_i : Efficience d'irrigation en (%).

E_e : Efficience de transport (%).

E_d : Efficacité de type de distribution en (%).

E_u : Efficacité de l'uniformité de la distribution. (%).

L'évaluation exacte des pertes est très difficile et même presque impossible, suite des multiples variables qui interviennent.

On considère une efficience globale, produit entre les trois efficacités décrites ci-dessus égalé à **0.75** (dans le cas d'aspersion).

II-4. Besoins nets en eau d'irrigation

L'évaluation des besoins nets en eau des cultures se fait par le logiciel CROPWAT 8.0

Les résultats de calcul sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau II-5 : Les besoins en eau des cultures.

Désignation	Besoins mensuel (mm/mois)												Année (mm)
	sept	oct	nov	déc	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	aout	
Blé avoine		27,1	27	12,5	18,2	29,6	62,1	89,2	111,2	18,2			395,1
Orge vert				0,4	12,7	35,5	59,7	14,1					122,4
Mais fourrager								7,6	69,2	192	182,2	60,6	511,6
Sorgho								7,6	58,4	156,4	180,9	59,7	463
Tomate de saison	112,9	9,9							47,8	120,5	212,4	208,2	711,7
Pomme de terre de saison							18,8	70,3	141,9	175,4	48,9		455,3
Pomme de terre d'été	20,6								59,4	163,1	232,2	185,5	660,8
Fève de saison						2,9	34,3	91,4	115,2	5			248,8
Vigne de table	25,2	12,9	3,6	1,2	11,8	19,6	39,5	56,3	89,7	80,4	62,9	55,9	459
Total (mm)	158,7	49,9	30,6	14,1	42,7	87,6	214,4	336,5	692,8	714	919,5	569,9	3830,7
Total (m3/ha)	1587	499	306	141	427	876	2144	3365	6928	7140	9195	5699	38307

Les besoins en eau d'irrigation des cultures envisageables pour le périmètre qui sera irrigué à partir du barrage de **Foum EL Khanga** sont reportés dans le tableau suivant :

Tableau II-6 : Tableau récapitulatif des besoins totaux en eau.

CULTURES	Superficie en (ha)	Besoins en eau net (mm)	Besoins en eau net (m ³ / ha)	Efficiencce (%)	Besoins bruts totaux (m ³ /ha)	Besoins bruts totaux (m ³)
Blé avoine	46	395,1	3951	0,75	5268	242328
Orge vert	18	122,4	1224	0,75	1632	29376
Mais fourrager	26	511,6	5116	0,75	6821,3	177355
Sorgho	8	463	4630	0,75	6173,3	49386,7
Tomate de saison	22	711,7	7117	0,75	9489,3	208765
Pomme de terre de saison	14	455,3	4553	0,75	6070,7	84989,3
Tomme de terre d'été	30	660,8	6608	0,75	8810,7	264320
Fève de saison	32	248,8	2488	0,75	3317,3	106155
Vigne de table	4	459	4590	0,75	6120	24480
					Total	1187155

Donc le volume annuel total nécessaire de ce périmètre est estimé environ de **1.19 hm³**

Pour le mois de pointe**Tableau II-7 : les besoins du mois de pointe.**

Superficie en (ha)	Besoins en eau de mois du pointe net (m3/ha)	Efficiencie (%)	Besoins bruts de mois du pointe (m3/ha)
200	9195	0.75	12260

Conclusion

En définitive, il faudra prévoir une disponibilité annuelle brute d'environ **1,2 hm³** d'eau d'irrigation, qui permettra aux agriculteurs de permuter et de diversifier leur plan de cultures, tout en garantissant leur besoins en eau d'irrigation, avec une marge de sécurité satisfaisante.

Chapitre III

« Les Technique d'irrigation »

Introduction

Pour illustrer les conclusions sur l'étude des performances des exploitations agricoles dans la zone de Zouabi, nous nous sommes intéressés à l'utilisation des trois techniques (à la seguia, micro irrigation et aspersion) chez les agriculteurs

III -1. Différentes techniques d'arrosages

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

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

III-1-1. Irrigation gravitaire



Source :(Messaitfa ; Mouzaia, EAC 2)

Figure III-1 : Irrigation par seguia dans l'EAC 2.

L'irrigation gravitaire regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la distribution de l'eau à la parcelle se fait entièrement à l'air libre par simple écoulement à la surface du sol. La répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain, et aux propriétés hydriques du sol (ruissellement, infiltration, et capillarité) voir figure III-2.

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

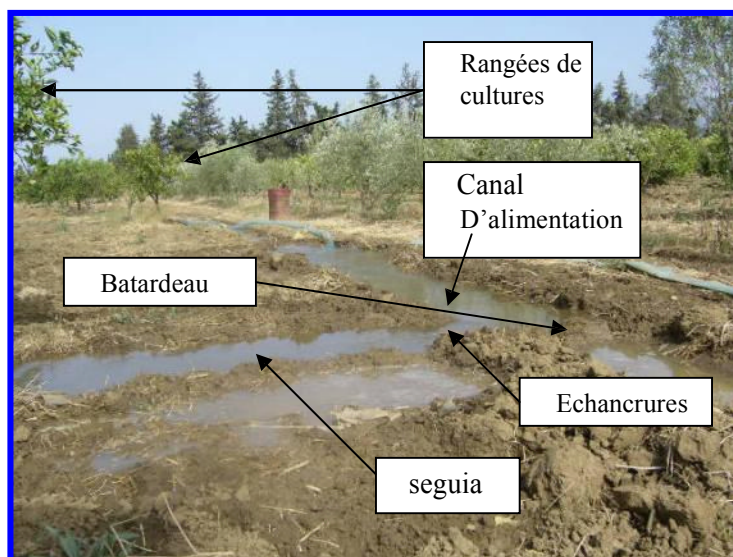
III-1-1-1. Arrosage par ruissellement (par planches ou par calants)

Les irrigations par planches ou par calants sont des sous classes de l'irrigation par ruissellement. Le principe consiste à faire couler sur le sol une mince lame d'eau qui s'infiltrera verticalement jusqu'à l'humidification de la tranche voulue du sol.

III-1-1-2. Arrosage par infiltration (à la raie)

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

La figure ci-dessous indique les différentes composantes de la seguia dans l'exploitation objet de l'étude.



Source :(Messaitfa ; Mouzaia, EAC2)

Figure III-2 : Différentes composantes dans une seguia.

III-1-1-3. Arrosage par submersion

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

III-1-1-4. Avantages de l'irrigation par gravité

- Coût d'investissement relativement faible;
- Besoin en énergie faible ou nul;
- Technique éprouvée;

- Insensibilité au vent;
- Bonne adaptation à l'épandage d'eaux usées;
- Possibilités d'utiliser les eaux salées (en pratiquant le lessivage du sol);
- Les végétaux ne sont pas mouillés, ce qui est favorable sur le plan phytosanitaire.

III-1-1-5. Inconvénients de l'irrigation par gravité

- Grand volume d'eau par unité de surface ;
- Déplacement des engins agricoles difficile (à cause des rigoles) ;
- Nécessité d'une main d'œuvre importante ;
- Nécessité de planage des terres ;
- Pertes par infiltration considérables. (Etsouri, 2003).

III-1-2. Irrigation localisée

Elle consiste à apporter sur une partie du sol seulement (les zones utilisés par la plante au voisinage des racines) par petites doses fréquentes (système goutte à goutte, mini diffuseur) véhiculé par un faible débit (figure III-4)



Source : (MADR, 2007)

Figure III-3 : Parcelle équipée par système d'irrigation goutte à goutte.

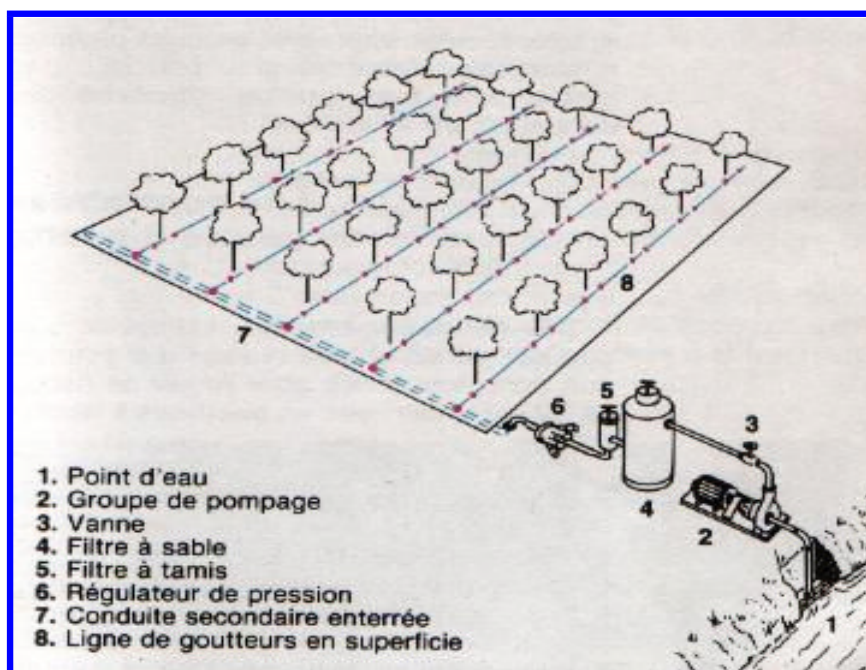
L'irrigation localisée est actuellement fortement encouragée par les gouvernements des pays du Maghreb par le biais de subventions conséquentes. Mais en raison d'une mauvaise maîtrise de cette technique relativement sophistiquée, les gaspillages d'eau sont très fréquents.

Cette technique demeure toutefois la technique d'irrigation la plus efficace bien adaptée aux cultures à faible enracinement, nécessitant des apports fréquents. Comme le maraîchage, ou des cultures à faible densité de plantation et à forte valeur ajoutée telle que les cultures fruitières.

III-1-2-1. Caractéristiques

L'installation à la parcelle est entièrement fixe, n'arrose qu'une fraction du sol donc on limite la surface mouillée, de ce fait on limite les pertes par évaporation, on utilise de faibles débits (2 à 12 l/h) avec une faible pression (souvent 1 bar), on met en œuvre des équipements légers, les transferts d'eau sont faciles, donc l'alimentation hydrique des plantes plus régulières, il s'en suit une meilleure efficacité de l'eau d'irrigation. Elle convient bien à l'irrigation fertilisante (Kessira M., 2007).

Chaque parcelle doit être équipée d'un réseau composé d'une unité de tête qui est l'élément essentiel de tout réseau d'irrigation localisée. L'installation de tête a pour but de fournir de l'eau propre, éventuellement enrichie et traitée chimiquement, sous une pression régulée, et de la distribuer successivement vers tous les secteurs à irriguer (figure III-5).



Source :(MADR ,2007)

Figure III-4 : Composantes d'un système d'irrigation localisée.

III-1-2-2. Avantage de l'irrigation localisée

Les avantages de cette technique sont :

L'économie de l'eau importante qui peut atteindre plus de 50% par rapport à l'irrigation à la raie, parce que :

- La surface de contact eau air est très faible (quelque dm²), les pertes par évaporation sont très faibles, d'autre part la ligne de gouteur étant en générale placée au voisinage immédiat des cultures (au voisinage des racines). Les doses étant faibles, les pertes par percolation se trouvent limitées.

- Contrôle précis des quantités d'eau apportées à condition que l'installation soit bien calculée.

- Pression de fonctionnement très faible.

- La localisation de l'eau limite le développement des adventices (mauvaises herbes).

- Réduction du tassement du sol et maintien d'une structure favorable.

D'autres possibilités favorables :

- Possibilité d'utilisation dans les zones où les autres techniques sont difficiles à appliquer.
- Possibilité d'arrosage sous paillage plastique (fraisier).
- Possibilité d'automatiser le réseau.
- Possibilité d'utilisation de la fertilisation.

III-1-2-3. Inconvénients de l'irrigation localisée

Des inconvénients majeurs existent et font que cette technique est très peu utilisée dans les pays en voie de développement.

- Coût très élevé en investissements.
- Fragilité, voire la mauvaise qualité de certains matériels (vieillesse du plastique, attaque de rongeurs) et les problèmes d'entretien.

Leur emploi réservé aux cultures pérennes et maraîchères.

III-1-3. L'irrigation par aspersion

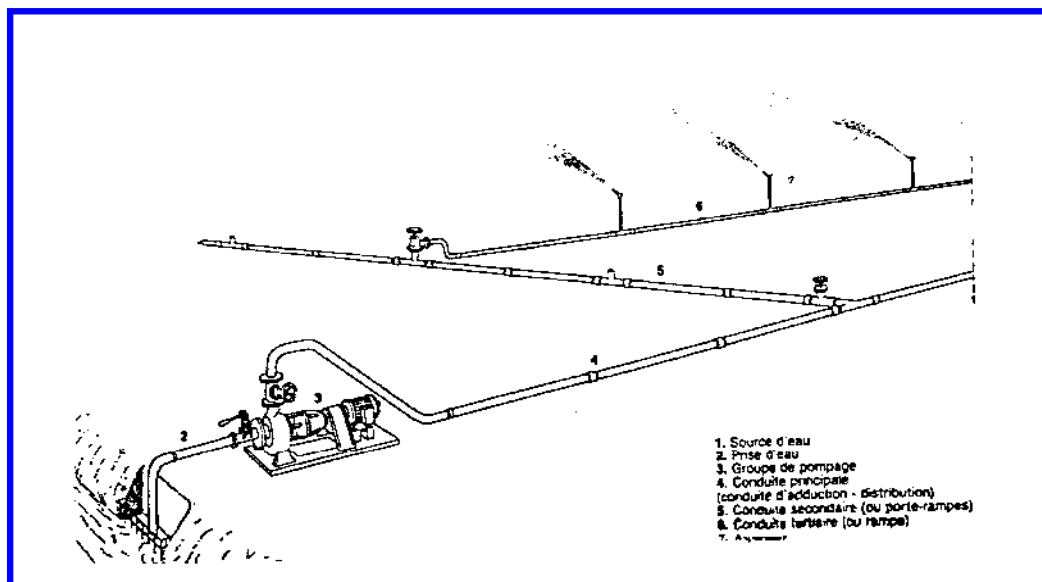
Parmi les techniques d'irrigation utilisées en Algérie, l'irrigation par aspersion est largement répandue dans plusieurs régions du pays. Grâce aux efforts consentis en matière de mobilisation des ressources en eau et aux projets d'aménagements hydro agricoles, l'irrigation par aspersion ne cesse de se développer surtout avec les encouragements financiers pour économiser l'eau d'irrigation. Actuellement, la superficie équipée avec des systèmes d'aspersion est de l'ordre de 132 376 ha, ce qui représente environ 20 % de la

superficie totale irrigable. L'irrigation par aspersion est un système d'arrosage qui consiste à distribuer l'eau sous forme de pluie artificielle sur le sol, grâce à l'utilisation d'appareil (dits asperseurs) alimentés en eau sous pression (figures III-5 et III-6).



Source : (Ammar H., 2005)

Figure III-5 : Irrigation par aspersion



Source : (Ammar H., 2005)

Figure III-6 : Partie essentielle d'une installation en aspersion classique.

Ce mode d'irrigation permet un dosage précis des apports d'eau, donc une économie de l'eau.

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

III-1-3-1. Caractéristiques

Cette technique ne nécessite pas de nivellement de la surface irriguée et assure l'aération du sol (oxygénation de l'eau). Elle exige une adaptation de la qualité microbiologique de l'eau, elle est pratiquée sur des parcelles à topographie irrégulière.

III-1-3-2. L'avantage de l'aspersion

- Elle s'adapte à n'importe quel type de terrain (accidenté, pente nulleetc.), elle ne nécessite pas de préparation du sol (planage), donc elle facilite l'exploitation du sol, permet d'irriguer des surfaces importantes, demande peu de mise en œuvre.
- Elle peut être employée quelque soit la nature du sol même si ce dernier sera très perméable.
- Elle permet une oxygénation de l'eau.
- Elle représente une économie de l'eau, qui peut atteindre 50 %.
- Elle met à la disposition des exploitations des conditions d'arrosage très souples, en région aride, l'aspersion permet une protection anti-gel et fertilisante.

III-1-3-3. Les inconvénients de l'aspersion

- Elle nécessite au départ pour chaque irrigant une dépense importante de premier établissement (frais du matériel), mais cet inconvénient n'est pas toujours évident puisque les frais peuvent être compensés par les frais du travail du sol et la rapidité d'arrosage.
- Néanmoins l'aspersion régulière favorise l'apparition de problèmes phytosanitaires en créant un milieu propice aux champignons, insectes et autres maladies. Elle provoque le développement des mauvaises herbes, Elle favorise l'évaporation qui est d'autant plus intense que les gouttelettes sont fines.
- Elle provoque le tassement progressif du sol, dans les cas les plus dangereux elle peut contribuer à l'érosion du sol. L'aspersion ne s'adapte pas bien à des sols ayant une vitesse d'infiltration inférieure à 3 mm /h.

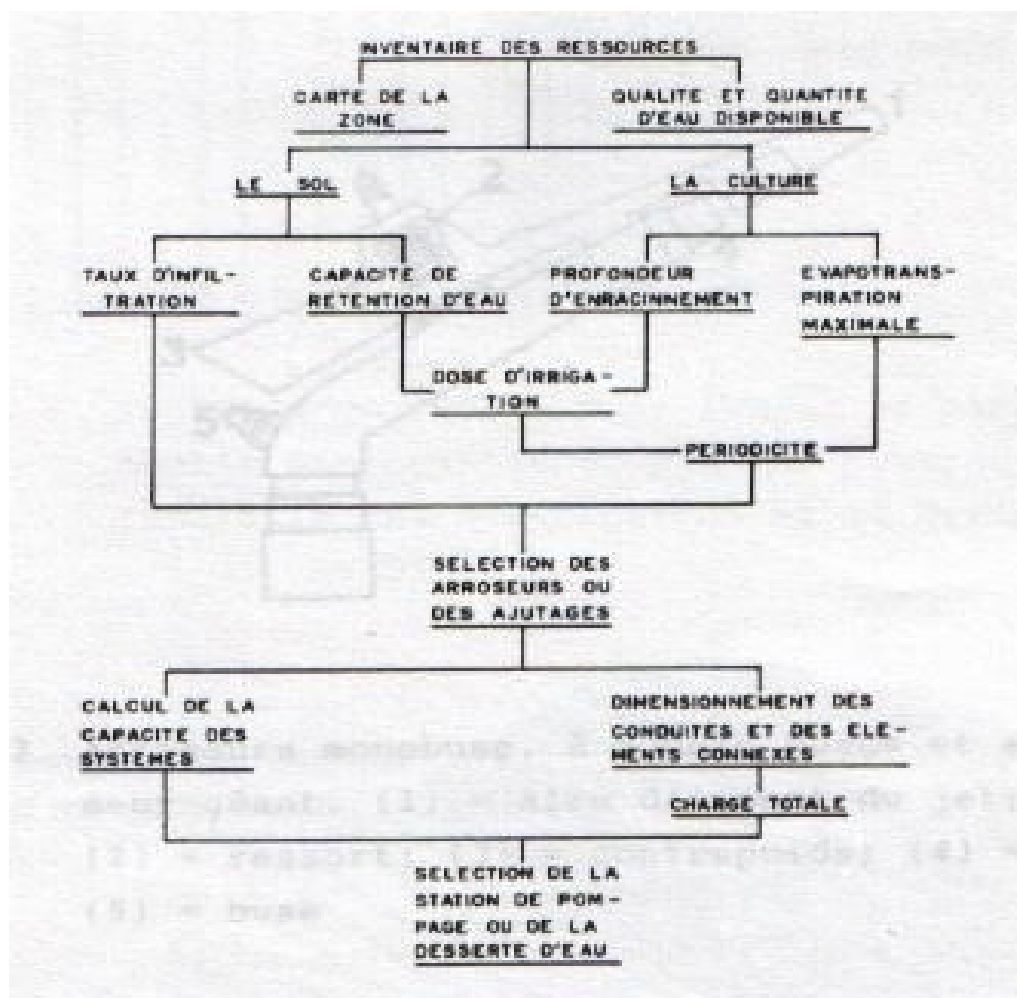
Dans le cas d'eau chargée, des problèmes peuvent se poser par suite de l'abrasion très rapide des buses d'aspersion.

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

III-2. Choix des techniques d'irrigation

Le choix d'une technique d'irrigation repose sur un ensemble de critères (Voir figure III-1) et de contraintes:

- Topographie (pente du terrain, relief, géométrie de la parcelle);
- Ressource en eau (quantité, qualité, débit dont on dispose);
- Nature des cultures;
- Nature du sol (perméabilité);
- Facteurs sociologiques et culturels;
- Facteurs économiques;
- Rentabilité de l'opération. (Hlavec ,1992).



Source: (Badji M. et Alger, 1980)

Figure III-7 : les étapes fondamentales dans la conception d'un système d'irrigation sous Pression.

L'évaluation des performances de l'irrigation par aspersion a fait l'objet de plusieurs travaux qui ont abouti aux coefficients développés par Christiansen, caractérisant statistiquement le degré d'uniformité de distribution de l'eau.

Notre étude est effectuée sur le périmètre de Zouabi occupé par les cultures (Céréalescultures ; Cultures fourragères ; Maraichages ; Vitucultures).

D'après ce dernier, nous avons opté pour la technique d'irrigation par aspersion de 80% de la surface totale irriguée. Grâce aux efforts consentis en matière de mobilisation des ressources en eau et aux projets d'aménagements hydro - agricoles, l'irrigation par aspersion ne cesse de se développer surtout avec les encouragements financiers destinés à permettre des économies en eau d'irrigation.

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 justes nécessaires aux cultures doivent donc être soigneusement estimées et l'irrigation contrôlée.

Chapitre IV

« Dimensionnement du réseau »

Introduction

Ce chapitre est consacré au dimensionnement du réseau de distribution d'eau à partir de deux piquages jusqu'aux différentes parcelles du périmètre à irrigué, ce dimensionnement se fera de telle sorte que le réseau puisse satisfaire les demandes en eau en termes de pressions et de débits.

IV-1. Description et schéma d'aménagement du réseau de distribution

IV-1-1. Options relatives à l'amenée de l'eau vers le périmètre

En tous deux options ont été considérées, à savoir :

► Option 1 : Amener gravitaire simple:

Cette option consiste à amener l'eau vers le périmètre d'une manière gravitaire sous pression à partir de deux piquages au niveau de la conduite S1.

Ce doubles piquage à été proposer vues l'existence de deux points de piquage au niveau du S1 et qui a pour objectif d'éviter le travers de chaabas et de minimiser le coût d'amener.

► Option 2 : Amenée par refoulement à travers une station de pompage:

Dans cette option, l'eau est amenée vers le périmètre à travers une station de pompage qui sera implanté dans le barrage d'Oued El Charef d'une manière similaire à celle du périmètre de Sedrata :

- Deux pompes d'une capacité de 150 l/s chacune pour une HMT de 125 m.
- Une pompe de secours d'une capacité de 150 l/s.

L'amené de l'énergie électrique se fera en utilisant l'installation existante avec un nouveau poste transformateur.

► Comparaison des options d'amener d'eau :

Le choix du type de tuyauterie de distribution à installer à l'intérieur du périmètre est indépendant du type d'aménagement de l'amener de l'eau vers le périmètre. Dans les deux cas, la comparaison entre les options se fera sur la base de plusieurs paramètre y inclus le coût, surfaces à irriguer, flexibilité, etc.

Sur la base de l'analyse comparative l'option N°1, amener gravitaire simple, est préconisée.

On conclu alors que :

Sur la base de l'analyse comparative l'option N°1, l'amenée gravitaire simple, à partir de deux conduites de diamètres de **1200** et **400** mm à partir de deux piquages seront utilisé.

IV-1-2. Options relatives aux conduites de distribution à l'intérieur du périmètre

On aura deux types de conduites ont été proposées, à savoir :

a. Option 1 : Conduite en PEHD.

Cette option consiste à amener l'eau et à aménager le périmètre en utilisant des conduites en PEHD.

b. Option 2 : Conduite en PVC.

Cette option consiste à amener l'eau et à aménager le périmètre en utilisant des conduites en PVC.

On conclut que :

Sur la base de l'analyse comparative l'option N°2, conduites en PVC. Car il ya deux classes de conduites disponibles sur le marché et qui font l'objet de la présente analyse. Les conduites sont en PVC, destinées à la pression de 6 à 10 bars. Les conduites en PVC sont recommandées pour les conduites de la distribution avec un diamètre supérieur à 75 mm. Pour ce faire, les calculs hydrauliques ont été effectués. Les conduites secondaires se terminent par les bornes sur les parcelles.

IV-2. Trace du réseau et positionnement des bornes

IV-2-1. Tracés de distribution

Le périmètre est irrigué en gravitaire à partir du deux piquage. L'eau est transportée par un réseau de distribution constitué de conduites enterrées depuis l'ouvrage de prise d'eau aux bornes d'irrigation situées en tête de chaque îlot ou parcelle. La surface nette totale à irriguer est de 200 ha.

Les paramètres de base qui influent sur le choix des variantes des conduites de distribution sont les suivants :

- ✓ position et étendue des zones à irriguer.
- ✓ pression hydrostatique en des points critiques sur le tracé de la conduite principale.
- ✓ durée de l'irrigation.
- ✓ besoins bruts et nets en eau.
- ✓ type d'appareillage retenu pour l'irrigation.
- ✓ type de conduites disponibles et leurs coûts.

IV-2-2. Implantation des bornes d'irrigation

Pour permettre une facturation volumétrique sans contestation et donc éviter tout conflit entre les Agriculteurs, il est retenu de desservir chaque parcelle ou groupe de parcelles appartenant à une même exploitation par une prise autonome ; cette disposition devrait permettre également de constituer des séries statistiques relatives à la pratique de l'irrigation rationalisée par l'association d'un rendement au volume mis en tête de parcelle.

Pour l'ensemble du périmètre, le système d'irrigation préconisé est celui d'une irrigation par aspersion qui présente les caractéristiques suivantes:

- ✓ l'eau est transportée par un réseau de distribution enterrées depuis les ouvrages d'irrigation jusqu'aux bornes.
- ✓ en amont des bornes, le réseau de distribution fonctionne suivant le principe de la commande par l'aval et à la demande.

IV-3. Calcul du réseau

► Les débits

Lors de l'élaboration de notre réseau, nous avons pris comme principe de dimensionnement en utilisant le débit spécifique, car dans un réseau de distribution à la demande, les débits sont répartis en fonction des caractéristiques de la parcelle à desservir, et de telle sorte qu'ils puissent être exploités par l'irrigant au moment opportun.

► Débit spécifique

Le débit spécifique représente le débit qui devra être véhiculé par le système d'irrigation pour satisfaire les besoins en eau des cultures durant le mois de pointe pendant un nombre fixe d'heures par jour et pour une surface d'un hectare. Ce débit est donné par la relation suivante :

$$qs = \frac{B_m}{T * t * 3,6 * K} \text{ en } (l / s / ha). \quad (11)$$

Tels que :

B_m : Besoins mensuels maximum net en m^3/Ha .

T : Temps d'irrigation par jour $\approx 20h / j$.

t : Durée d'irrigation en jours = 31 jours.

K : Coefficient d'efficacité globale du système d'irrigation $\approx 0,75$.

Calcul du débit spécifique:

-le mois de pointe est juillet.

-Les besoins de pointe sont de $9195 m^3/ha$

$$qs = \frac{9195}{20 * 31 * 3.6 * 0.75} = 5.49 l / s / ha$$

$qs = 5.49 l/s/ha$ est supérieur à $1.5 l/s/ha$, donc on calcule le débit spécifique de la culture la plus exigeante.

La culture la plus exigeante est Pomme de terre d'été.

Le débit spécifique $qs = \frac{2322}{20 * 31 * 3.6 * 0.75} = 1.38 \text{ l/s/ha}$ est inférieur à 1.5 l/s/ha donc le choix reste valable.

Donc le débit de la conduite gravitaire sera égale : $Q = 1.38 * 200 = 276 \text{ l/s}$.

IV-4. Pressions hydrostatiques en des points critiques de la conduite principale

Il est adopté que le diamètre de la conduite principale sera diminué en raison de la réduction du volume d'eau nécessaire à l'irrigation à la borne d'irrigation la plus amont sur chaque exploitation. C'est à la fois le point critique où la pression hydrostatique dans la conduite principale est une condition aux limites de laquelle dépend le diamètre des conduites sur la longueur entre deux points critiques successifs.

La pression hydrostatique au point critique, exprimée en côtes absolues, est la somme de la côte la plus haute de la vanne hydrant sur la zone d'étude et de la pression relative voulue en ce même point qui est, compte tenu de la méthode d'irrigation adoptée par diffuseurs avec un rayon d'action et une pression moyenne, évaluée à 0,5 bars (approximativement 5 m de colonne d'eau).

IV-5. Mode de régulation

Dans la même démarche de modernisation, la régulation par l'amont actuellement pratiquée sera abandonnée au profit d'une distribution à la demande. Mais cette demande devra néanmoins être pratiquée dans le respect de la rationalisation de l'irrigation par une limitation de la durée journalière à 20 H/J de l'irrigation durant le mois de pointe (juillet) et un plafonnement des volumes annuels.

IV-6. Délimitation des surfaces à irriguer

La délimitation et le parcellement des surface à irriguer a été déterminé sur la base de la disponibilité des ressources hydriques, de la natures topographique et pédologique des terres, et en coordination étroite avec les agriculteurs.

L'étude de base a montré que la surface totale à irriguer est de 200 ha. La délimitation de la surface à irriguer se base sur les critères suivants qui ont été discuté dans la phase de l'étude de base:

- ✓ Distance de la source ;
- ✓ Coût de l'investissement ;
- ✓ Favoriser le gravitaire sur le pompage ;

Une foi délimitée, la surface totale a été divisé en îlots. Pour le lotissement du périmètre les règles suivantes ont été appliquées :

- ✓ Les îlots d'irrigation sont constitués par le groupement de plusieurs parcelles existantes dont les limites ont été scrupuleusement respectées ;
- ✓ Dans toute la mesure du possible, chaque îlot d'irrigation est composé soit de parcelles privées seules soit de 2 à 4 parcelles au maximum qui pouvant être raccordées à une borne d'irrigation ;
- ✓ Le choix des agriculteurs ;
- ✓ Diminuer au maximum le parcellement des terres ;
- ✓ La délimitation des îlots a été effectuée de façon à leur donner la forme la plus régulière possible.

IV-7. Découpage du périmètre en îlots d'irrigation

L'eau est transportée par un réseau de distribution constitué de conduites enterrées depuis l'ouvrage de prise d'eau aux bornes d'irrigation situées en tête de chaque îlot ou parcelle. Les informations sur la forme et la superficie des parcelles et sur leurs exploitants, sur le mode d'occupation du sol et l'irrigation, ainsi que sur d'autres données ont été dans les missions de l'ONID.

IV-7-1. Ilots types

A l'issue d'une analyse des caractéristiques des parcelles individuelles, les îlots d'irrigation types sont définis à partir:

- ✓ De la morphologie du terrain ;
- ✓ Des caractéristiques de l'infrastructure actuelle sur les parcelles ;
- ✓ La forme de l'îlot type devra être aussi régulière que possible afin d'exploiter au mieux l'équipement d'irrigation ;
- ✓ Le regroupement concernera avant tout les parcelles homogènes.

Les 200 ha constituant ce périmètre sont répartis en 23 îlots d'irrigation, ventilés selon taille comme suit :

Tableau IV-1: Ilots d'irrigation types pour le périmètre.

N° de parcelle	Surface irrigué (ha)	Surface irrigué îlot (ha)	N° borne
1	5,074	5,07	B-1
2	3,13	4,74	B-2
3	1,61		
4	4,97	4,97	B-3
5	5,16	5,16	B-4
6	2,48	2,48	B-5
7	5,12	5,12	B-6
8	1,5	6,13	B-7
9	0,55		
10	0,8		
11	0,8		
12	1,38		
13	1,1		
14	0,65	3,91	B-8
15	1,18		
16	2,08		
17	1,77	10,73	B-9
18	1,74		
19	5,32		
20	1,9		
21	11,75	11,75	B-10
22	3,1	10,1	B-11
27	7		
23	3	6	B-12
24	3		
25	1,8	7,3	B-13
26	1,4		
28	3,5		
29	0,6		
30	9,47	7,47	B-14
	9,47	9,47	B-15

Suite du tableau IV-1: Ilots d'irrigation types pour le périmètre.

31	4,16	8,43	B-16
32	4,27		
33	1,14	21,68	B-17
34	20,54		
35	7,37	14,97	B-18
36	7,6		
37	3,61	11,58	B-19
38	7,97		
39	9,96	16,6	B-20
42	6,64		
40	7,37	11,93	B-21
41	4,56		
43	6,12	6,12	B-22
44	6,29	6,29	B-23

Tableau IV-2: Récapitulatif des débits au niveau des bornes.

Surface irrigué îlot (ha)	N° borne	Qs(l/s)
5,07	B-1	7,00
4,74	B-2	6,54
4,97	B-3	6,86
5,16	B-4	7,12
2,48	B-5	3,42
5,12	B-6	7,07
6,13	B-7	8,46
3,91	B-8	5,40
10,73	B-9	14,81
11,75	B-10	16,22
10,10	B-11	13,94
6,00	B-12	8,28
7,30	B-13	10,07
9,47	B-14	13,07
9,47	B-15	13,07
8,43	B-16	11,63
21,68	B-17	29,92
14,97	B-18	20,66
11,58	B-19	15,98
16,60	B-20	22,91
11,93	B-21	16,46
6,12	B-22	8,45
6,29	B-23	8,68

Les principales conclusions que se dégagent de cette répartition sont :

- ✓ la superficie moyenne d'un îlot d'irrigation est de 8,85 Ha.
- ✓ la prédominance des îlots de surface comprise entre 02 et 10 ha avec 15 îlots (65%).
- ✓ les îlots de superficie Supérieur à 15 ha ne représentent qu'avec 02 îlots (8%)

On notera que ce découpage a été adopté parce qu'il permet le respect de la règle d'affecter une prise autonome à chaque parcelle ou ensemble de parcelle d'une même exploitation agricole.

IV-7-2. Schéma des îlots

Le parcellement est choisie en collaboration avec les agriculteurs et avec leur accord (voir l'**annexe III**).

La délimitation des surfaces favorables à l'irrigation pour toutes les zones d'étude a été effectuée dans la partie relative aux ressources hydriques.

Dans la détermination des îlots types, le regroupement des parcelles est effectué sur la base des données statistiques et le statut juridique des parcelles (voir l'**annexe II**).

Les parcelles ayant les superficies moins grandes et nécessitant une alimentation en eau directe seront raccordées à des bornes d'irrigation communes.

Les parcelles les plus grandes ne satisfèront pas aux conditions du regroupement, conserveront leur forme actuelle. L'eau d'irrigation sera séparément livrée à chacune de ces parcelles: elles disposeront d'un réseau de bornes d'irrigation et d'un système de conduites d'antenne séparés (une ou plusieurs bornes d'irrigation seront installées sur chacune de ces parcelles).

IV-8. Calculs hydrauliques du réseau de distribution jusqu'a la prise dans la parcelle

IV-8-1. Critères et méthodes de dimensionnement

Le calcul hydraulique du réseau de la distribution à été effectué par le logiciel EPANET (voir l'**Annexe IV**). Ce calcul définit le diamètre et la classe de chaque tronçon des conduites principales et secondaires.

Le programme simule le courant stationnaire dans les tuyaux sous pression ramifiés. La correction du débit se base sur le concept du maintien de la masse dans chaque nœud et sur le maintien de la somme des pertes dans le nœud à zéro. Dans le logiciel, les pertes de charge singulières dans les tuyaux sont calculées par application de l'équation Darcy- WEISBACH.

$$dH = L \times \lambda \times V^2 / 2 \times g \times D$$

Ou dH = hauteur de la pression de l'eau (m) perdue sur la longueur de la conduite L (m), de diamètre D (m) exécuté en matériau auquel correspond le coefficient K , λ = coefficient de frottement qui est fonction de la rugosité relative (K/d) et de la conduite et du nombre de Reynolds la rugosité absolue de la conduite K étant exprimée en unités de longueur. La formule ci-dessus est applicable à tout système d'unités de mesure. Les données d'entrée pour le calcul sont les suivantes :

- ✓ Tracé de la conduite d'adduction et longueur de chaque tronçon ;
- ✓ Côte du terrain au début et à la fin de chaque tronçon (côtes critiques du terrain) ;
- ✓ Débit à travers chaque tronçon ;
- ✓ Conditions à la limite amont (initiale) – pression piézométrique à l'entrée du réseau ;
- ✓ (côte du réservoir) ;
- ✓ Conditions à la limite aval (c.-à-d. pression piézométrique min. à la borne d'irrigation 0.5 bars) ;
- ✓ Vitesses autorisées de pas plus de 2 m/s.

Données sur les caractéristiques du matériau des tuyaux (type de matériau) facteur de résistance Darcy- WEISBACH :

► Proviennent de la géométrie du système et des cartes topographiques.

► **Débit en tronçon**

Le débit (Q) de la conduite d'adduction principale est égal au produit du module hydraulique et de la surface correspondante irriguée allant du tronçon le plus à l'aval vers l'amont.

► **Condition limite au point le plus à l'amont**

La condition limite au point le plus à l'amont est la cote de la retenue collinaire, dictée par la topographie du terrain.

► **Conditions à la limite aval (c'est-à-dire pression piézométrique min. à la borne d'irrigation 1 bars)**

A chaque borne d'irrigation est déterminée une pression hydrodynamique minimum avec la côte au-dessous de laquelle il ne faut pas descendre en régime d'écoulement permanent.

La pression hydrodynamique minimum et égale à la côte du terrain naturel (côte maximum du terrain) augmentée de la pression minimale qui peut compenser les pertes de charge à la borne d'irrigation même et sur le réseau de distribution à la parcelle. Une pression minimale à la borne d'irrigation de 1 bar est retenue.

► **Vitesses admises**

L'expérience de longue date dans l'étude et l'exploitation des systèmes d'irrigation dans des régions similaires recommande les vitesses autorisées suivantes:

- ✓ vitesse minimale de 0,5 m/s afin d'éviter le dépôt d'alluvions éventuel.

- ✓ vitesse maximale de 2,0 m/s, exceptionnellement jusqu'à 2,5m/s

► **Les pertes de pressions sont calculées par application de la formule Darcy-WEISBACH**

Des tuyaux en PVC seront utilisés dans le système. Les données d'entrée de calcul pour le système de Zouabi sont présentées dans les tableaux de note de calcul hydraulique. Dans ce dernier calcul en fait les débits à l'intérieur du réseau de tuyaux et les pertes de charge dans chaque tronçon, ainsi que les pressions dans chaque nœud.

IV-8-2. Pertes de charge

Les pertes de charges sont calculées par la formule de LECHAPT et CLAMON telle que décrite si dessous :

$$\text{Pour les conduites en béton précontraint: } J = 1.54 * Q^{1.96} * D^{-5.19}$$

$$\text{Pour les conduites PVC: } J = 1.32 * Q^{1.89} * D^{-5.01}$$

Les résultats de calcul de Dimensionnement du réseau d'irrigation sont résumés dans les tableaux ci-dessous :

Tableau IV-3: Calculs hydrauliques sur les nœuds.

Nœud	Altitude m	Demande LPS	Charge m	Pression m
Piquage 1	839,5	219,5	844,6	5,1
T1	824	219,5	844,45	20,45
B-1	822,75	7	843,78	21,03
T2	822	212,5	844,28	22,28
B-2	809,25	6,54	842,89	33,64
T3	810,9	205,96	844,08	33,18
B-3	819,5	6,86	843,2	23,7
T4	802	173,03	843,7	41,7
B-8	801,8	5,4	843,56	41,76
T12	802,5	167,63	843,57	41,07
B-9	803,2	14,81	843,48	40,28
C5	785,85	152,82	843,11	57,26
C13	787,6	152,82	842,52	54,92
B-10	786,75	16,22	842,47	55,72
T6	782,6	136,6	842,07	59,47
T14	781	22,22	841,56	60,56
B-11	779,75	13,94	841,46	61,71
B-12	774,5	8,28	840,81	66,31
B-13	782,75	10,07	842,02	59,27
T7	785,75	104,31	841,82	56,07
B-14	784,75	13,07	839,83	55,08
B-15	785,6	13,07	839,3	53,7
C15	775,25	78,17	841,66	66,41
T8	774,5	78,17	841,39	66,89
B-16	773,5	11,63	841,15	67,65

Suite du tableau IV-3: Calculs hydrauliques sur les nœuds.

B-17	772,75	29,92	839,47	66,72
B-18	772,4	20,66	838,35	65,95
B-19	772,75	15,98	837,18	64,43
T16	805,25	26,07	843,68	38,43
B-4	804,5	7,12	843,45	38,95
C9	796,1	18,95	843,31	47,21
B-5	798,25	3,42	842,49	44,24
T17	798,9	15,53	841,88	42,98
B-6	799,25	7,07	841,72	42,47
C10	789	8,46	841,53	52,53
B-7	791,25	8,46	834,96	43,71
piquage 2	792	56,5	843,97	51,97
C11	797,75	56,5	843,59	45,84
B-20	797,75	22,91	843,44	45,69
B-21	795,5	16,46	841,42	45,92
B-22	793,1	8,45	840,91	47,81
B-23	793	8,68	838,7	45,7
Réservoir R	843	sans valeurs	845	2

Tableau IV-4: Calculs hydrauliques sur les tuyaux.

ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Débit LPS	Vitesse m/s	Pert Charge Unit. m/km
Tuyau 1	89,79	1200	1992,26	1,76	1,65
Tuyau 2	42,9	90	7	1,1	15,62
Tuyau 3	132,32	1200	1765,76	1,56	1,31
Tuyau 4	101,33	90	6,54	1,03	13,72
Tuyau 5	190,68	1200	1546,72	1,37	1,01
Tuyau 6	100,47	100	6,86	0,87	8,82
Tuyau 7	135,26	900	1238,82	1,95	2,83
Tuyau 8	24,63	100	5,4	0,69	5,61
Tuyau 9	63,2	900	1060,39	1,67	2,09
Tuyau 10	24	160	14,81	0,74	3,56
Tuyau 11	318,65	900	877,95	1,38	1,45
Tuyau 12	164,85	700	725,13	1,88	3,58
Tuyau 13	18,7	700	572,31	1,49	2,27
Tuyau 14	188,8	700	556,09	1,44	2,14
Tuyau 15	169	250	44,44	0,91	3,04
Tuyau 16	29,1	160	13,94	0,69	3,17
Tuyau 17	322,5	140	8,28	0,54	2,32
Tuyau 18	53,4	700	375,05	0,97	1
Tuyau 19	208,6	700	364,98	0,95	0,95
Tuyau 20	189	160	26,14	1,3	10,51
Tuyau 21	189,22	160	13,07	0,65	2,81
Tuyau 22	371,1	700	234,53	0,61	0,41

Suite du tableau IV-4: Calculs hydrauliques sur les tuyaux.

Tuyau 23	85,7	400	156,36	1,24	3,15
Tuyau 24	29,9	200	41,55	1,32	8,26
Tuyau 25	123	160	29,92	1,49	13,63
Tuyau 26	150,8	160	36,64	1,82	20,17
Tuyau 27	206,65	150	15,98	0,9	5,69
Tuyau 29	14,22	90	7,12	1,12	16,13
Tuyau 30	160,7	300	61,89	0,88	2,28
Tuyau 31	93,31	200	42,94	1,37	8,8
Tuyau 32	81,56	200	39,52	1,26	7,5
Tuyau 33	9,6	90	7,07	1,11	15,91
Tuyau 34	231,24	200	16,92	0,54	1,5
Tuyau 35	115,32	75	8,46	1,91	56,96
Tuyau 36	225,57	400	113	0,9	1,69
Tuyau 37	77,35	300	56,5	0,8	1,92
Tuyau 38	118,12	160	33,59	1,67	17,04
Tuyau 39	108,57	160	17,13	0,85	4,69
Tuyau 40	94,05	90	8,68	1,36	23,58
Tuyau 41	335,54	400	95,08	0,76	1,22
Tuyau 42	1316,5	600	169,5	0,6	0,48
Tuyau 43	374	1400	2381,26	1,55	1,07

1/ Zone à forte pression (pression statique supérieure à 6 bars) :

Cette zone est localisée sur les bornes B-11 ; B-12 ; B-16 ; B-17 ; B-18 et B-19 (quelques dizaines d'hectares)

2/ Zone gravitaire :

Le réseau est calculé pour desservir de 2 bars minimum la totalité des îlots situés en zone gravitaire. Le tableau des caractéristiques des bornes (Tableau IV-3) montre la pression statique souvent supérieure à 4 bars en zone gravitaire, il sera donc possible de pratiquer l'aspersion hors des mois de pointe. Certaines bornes qui disposent d'une pression comprise entre 2 et 3 bars pourront pratiquer l'irrigation localisée (vigne de table).

3/ Conditions de pression en fonctionnement hiver :

Les pressions en mode de fonctionnement hivernal (transfert) sont différentes de celles du fonctionnement en été. Les réseaux ont été calculés pour le fonctionnement été, ce qui suppose qu'en hiver pendant le transfert, les réseaux soient isolés de l'adducteur.

IV-9. Appareillage d'équipement du réseau

IV-9-1. Les bornes d'irrigation

Chaque îlot sera desservi par une borne d'irrigation à une, deux, trois ou quatre prises (tubulures) et chaque prise sera équipée d'un limiteur de débit, un compteur et éventuellement réducteur de pression. Les diamètres des bornes en fonction des débits sont comme suit:

Tableau IV-5: choix de diamètre de la borne.

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

IV-9-2. Vannes

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

Les vannes de section sont installées automatiquement au départ de toutes les branches et des sous branches.

IV-10. Estimation économique du projet

Dans ce dernier, nous allons faire une estimation sommaire du projet pour avoir une idée générale sur le coût de réalisation d'un tel projet.

IV-10-1. Conduites des distributions**Tableau IV-6:** Coût des conduites des distributions.

Diamètre conduit de distribution	Longueur m	Matériaux des conduites de distribution	Prix unitaires DA/ml TTC	Fourniture DA	Coût total après majoration DA
1200	412,79	PVC	9840	4061853,6	5686595,04
900	517,11		624 0,7	3227128,377	4517979,728
700	1005,45		4500 ,2	4524726,09	6334616,526
400	646,81		2910	1882217,1	2635103,94
300	238,05		2010	478480,5	669872,7
250	169		1110,47	187669,43	262737,202
200	436,01		755,82	329545,0782	461363,1095
160	931,81		550,4	512868,224	718015,5136
150	206,65		400,75	82814,9875	115940,9825
140	322,5		320,5	103361,25	144705,75
100	125,1		100	12510	17514
90	262,1		80	20968	29355,2
75	115,32		60	6919,2	9686,88
Total					15431061,84

Remarque:

- Coût total des conduites des distributions = **15431061,84DA**.
- Coût global du projet est estimé après majoration de 40% à **21603486,57DA**.
- Prix CHIALI pour les conduites en PVC.
- Prix année 2010.

IV-10-2. Coût total du projet

Coût total du projet est estimé à : **21603486,57DA**

Conclusion

Au terme de ce chapitre, il vient à noter que le choix des systèmes d'irrigation est basé sur la répartition des pressions au niveau des bornes mais aussi sur le type des cultures dans le périmètre.

En effet, nous avons dimensionné au cours de ce chapitre tout le réseau d'irrigation et tous les compartiments qui vont avec. Ainsi nous avons estimé économiquement le coup de revient du projet en questi

Conclusion

générale

CONCLUSION GENERALE

A la fin de ce travail, nous pouvons dire que l'alternative qui semble atténuer les problèmes des agriculteurs est d'adopter des stratégies individuelles pour contourner le déficit hydriques. Ceci est le cas des agriculteurs du périmètre irrigué de Zouabi.

Sur le plan scientifique nos travaux ont été menés sur l'efficience des techniques d'irrigation à l'échelle de l'exploitation et de la parcelle.

D'après les enquêtes effectuées au niveau de la zone d'étude Zouabi et les résultats trouvés suite à nos mesures sur le terrain, on a pu tirer un certain nombre de réflexions sur le mode d'exploitation et les techniques utilisées, ces conclusions se résument ainsi:

- Notre exploitation appartient aux classes «céréale ; Maraîchage et viticulture » qui ne compte pratiquement que de l'exploitation agricole collective (EAC) en division interne. Ces classes comptent un grand nombre de locataires, ce qui est le cas pour notre exploitation. Ces locataires sont des agriculteurs des régions voisines qui viennent s'installer, en location, sur les terres d'EAC. Ces derniers n'ont pas accès aux subventions de l'Etat, ce qui les oblige à travailler avec des moyens dérisoires (bricolage) causant ainsi de grandes pertes d'eau et d'énergie. Ces pertes semblent ne pas les déranger vu l'effet insignifiant du prix de l'eau et de l'énergie sur la rente finale. Ce qui nous amène à dire que le système adopté par ce type d'agriculteurs n'est techniquement pas performant mais économiquement performant.

Ce genre de comportement incite à un gaspillage non contrôlé non seulement des ressources hydriques mais aussi des autres intrants, entraînant ainsi un risque élevé de pollution de la nappe, le dépasser, passe obligatoirement par l'utilisation de techniques économes en eau, et cela peut être facilité en prenant en compte ces locataires dans le système de subvention, qui les obligerait à utiliser ces techniques et aussi de consulter des experts dans le domaine.

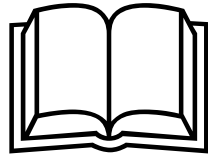
Il est important de noter que dans ce genre de subventions il doit y avoir une partie du budget dédiée à la vulgarisation des techniques agricoles (dose, tour d'eau, et itinéraire technique).

L'application de ces suggestions va certainement contribuer à une économie significative en eau d'irrigation et une durabilité qualitative et quantitative des ressources en eaux de plus en plus rares et concurrencées par l'AEP. Ceci entraînera une amélioration de la productivité de ces exploitations et de façon générale la durabilité du périmètre irrigué de Zouabi.

Références

bibliographiques

Références bibliographiques



Ammar H., 2005. Diagnostic des pratiques de l'irrigation par les techniques de la micro-irrigation et de l'aspersion (Cas du périmètre de la Mitidja ouest tranche II). Thèse Ing. ENSH Blida. 108p. [01]

Badji M., Leliaert j. et Feyen J., 1980. Traité pratique de l'irrigation sous pression: conception et dimensionnement des systèmes permanents, portatifs et semi-portatifs. Bas- Rhone Languedoc. 231p. [02]

Benameur A., 1988. Etude comparative de deux techniques d'irrigation (localisée et gravitaire) sur une culture sous serre (Tomate :Lycopersicum esculentum), Thèse Ing., INA . El Harrach.73 p. [03]

Jetsouri S., 2003. Amélioration des techniques de l'amenée d'eau à une rampe frontale, ThèseIng, INA Harrach.73p. [04]

Filali B. A., 2004. Les enjeux stratégiques et défis majeurs de l'irrigation dans le Maghreb. Actes du séminaire Euro - Méditerranéen. La modernisation de l'agriculture irriguée. 19 au 23Avril 2004. Rabat, El Jadida, Maroc. T.1, Pp 302– 311. [05]

Hlavek R., 1992. Critères de choix des systèmes d'irrigation. Ed. CIID, New Delhi, diffusion afeide, Antony, 105 p. citées par Robert Tiercelin J., 1997. Traité d'irrigation .Tec. et Doc., Paris. 1011p. [06]

Kessira M., 2007b. Situation actuelle de l'irrigation en Algérie ministère de l'agriculture et du développement rural direction de développement agricole dans les zones arides et semi- arides MADR – DDAZASA – Dossier ressources en eau .inst.nati.sup.irri.drai. El Harrach. [07]

Rebour H. et Deloye M., 1971. Méthodes modernes des irrigations de surface et par aspersion. 3^{ème} édition.Paris. 231p. [08]

Robert Tiercelin J., 1997. Traité d'irrigation .Tec. et Doc., Paris. 1011p. [09]

Annexes

Annexe (I) : Les résultats de calcul pour les différentes cultures.

Tableau 1 : besoins en eau d'irrigation du Blé avoine.

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Oct	2	Init	0,7	2,06	14,4	3,5	12
Oct	3	Init	0,7	1,81	19,9	4,8	15,1
Nov	1	Init	0,7	1,55	15,5	4,4	11
Nov	2	Crois	0,71	1,31	13,1	4,2	8,9
Nov	3	Crois	0,73	1,21	12,1	4,9	7,1
Déc	1	Crois	0,76	1,09	10,9	6	4,9
Déc	2	Crois	0,78	0,97	9,7	6,8	2,9
Déc	3	Crois	0,81	0,99	10,9	6,3	4,7
Jan	1	Crois	0,83	1,02	10,2	5,5	4,6
Jan	2	Crois	0,86	1,04	10,4	5,1	5,3
Jan	3	Crois	0,88	1,23	13,5	5,2	8,3
Fév	1	Crois	0,91	1,42	14,2	5,3	8,9
Fév	2	Crois	0,93	1,62	16,2	5,3	10,9
Fév	3	Crois	0,95	1,95	15,6	5,8	9,8
Mar	1	Crois	0,98	2,3	23	6,5	16,5
Mar	2	Crois	1	2,66	26,6	7,1	19,6
Mar	3	Crois	1,03	3	33	7	26
Avr	1	Mi-sais	1,04	3,31	33,1	7	26,2
Avr	2	Mi-sais	1,04	3,58	35,8	7	28,8
Avr	3	Mi-sais	1,04	4,12	41,2	6,9	34,2
Mai	1	Mi-sais	1,04	4,66	46,6	7,2	39,3
Mai	2	Arr-sais	0,92	4,6	46	7,4	38,7
Mai	3	Arr-sais	0,64	3,56	39,1	5,9	33,2
Jui	1	Arr-sais	0,37	2,22	22,2	4	18,2
					533,3	139,1	395,2

Tableau 2 : besoins en eau d'irrigation de la Tomate de saison.

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Mai	2	Init	0,6	3	21	5,1	17,3
Mai	3	Init	0,6	3,31	36,4	5,9	30,5
Jui	1	Init	0,6	3,62	36,2	4	32,2
Jui	2	Crois	0,64	4,19	41,9	2,6	39,3
Jui	3	Crois	0,75	5,12	51,2	2,3	49
Jui	1	Crois	0,86	6,18	61,8	2	59,8
Jui	2	Crois	0,97	7,29	72,9	1,5	71,3
Jui	3	Mi-sais	1,04	7,54	83	1,7	81,3
Août	1	Mi-sais	1,04	7,31	73,1	1,5	71,6
Août	2	Mi-sais	1,04	7,11	71,1	1,4	69,6
Août	3	Mi-sais	1,04	6,35	69,8	2,9	67
Sep	1	Arr-sais	1,02	5,46	54,6	4,8	49,8
Sep	2	Arr-sais	0,92	4,26	42,6	6,3	36,3
Sep	3	Arr-sais	0,8	3,26	32,6	5,8	26,8
Oct	1	Arr-sais	0,71	2,5	12,5	2,6	9,9
					760,6	50,4	711,7

Tableau 3 : besoins en eau d'irrigation de la Pomme de terre de saison.

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Mar	1	Init	0,5	1,18	9,4	5,2	2,9
Mar	2	Init	0,5	1,33	13,3	7,1	6,3
Mar	3	Crois	0,52	1,51	16,6	7	9,6
Avr	1	Crois	0,67	2,14	21,4	7	14,5
Avr	2	Crois	0,85	2,94	29,4	7	22,4
Avr	3	Mi-sais	1,02	4,03	40,3	6,9	33,4
Mai	1	Mi-sais	1,04	4,68	46,8	7,2	39,6
Mai	2	Mi-sais	1,04	5,22	52,2	7,4	44,8
Mai	3	Mi-sais	1,04	5,76	63,4	5,9	57,5
Jui	1	Mi-sais	1,04	6,31	63,1	4	59,1
Jui	2	Arr-sais	0,97	6,37	63,7	2,6	61,1
Jui	3	Arr-sais	0,84	5,74	57,4	2,3	55,2
Jui	1	Arr-sais	0,71	5,09	50,9	2	48,9
					528	71,5	455,2

Tableau 4 : besoins en eau d'irrigation de la Pomme de terre d'été.

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Mai	1	Init	0,5	2,24	22,4	7,2	15,2
Mai	2	Init	0,5	2,5	25	7,4	17,6
Mai	3	Crois	0,53	2,95	32,4	5,9	26,6
Jui	1	Crois	0,71	4,28	42,8	4	38,8
Jui	2	Crois	0,89	5,84	58,4	2,6	55,8
Jui	3	Mi-sais	1,03	7,08	70,8	2,3	68,5
Jui	1	Mi-sais	1,05	7,53	75,3	2	73,3
Jui	2	Mi-sais	1,05	7,86	78,6	1,5	77,1
Jui	3	Mi-sais	1,05	7,59	83,4	1,7	81,8
Aoû	1	Arr-sais	1,04	7,32	73,2	1,5	71,6
Aoû	2	Arr-sais	0,94	6,45	64,5	1,4	63
Aoû	3	Arr-sais	0,8	4,89	53,8	2,9	50,9
Sep	1	Arr-sais	0,68	3,63	25,4	3,4	20,6
					705,9	43,7	660,8

Tableau 5 : besoins en eau d'irrigation du Fève de saison.

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Fév	2	Init	0,4	0,7	4,9	3,7	2,2
Fév	3	Init	0,4	0,82	6,6	5,8	0,7
Mar	1	Crois	0,43	1,02	10,2	6,5	3,7
Mar	2	Crois	0,63	1,69	16,9	7,1	9,8
Mar	3	Crois	0,87	2,53	27,8	7	20,8
Avr	1	Mi-sais	1,05	3,35	33,5	7	26,5
Avr	2	Mi-sais	1,06	3,67	36,7	7	29,7
Avr	3	Mi-sais	1,06	4,22	42,2	6,9	35,2
Mai	1	Mi-sais	1,06	4,77	47,7	7,2	40,4
Mai	2	Arr-sais	0,99	4,94	49,4	7,4	42,1
Mai	3	Arr-sais	0,64	3,51	38,6	5,9	32,7
Jui	1	Arr-sais	0,39	2,33	7	1,2	5
					321,3	72,6	248,9

Tableau 6 : besoins en eau d'irrigation de l'Orge vert.

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Déc	2	Init	0,3	0,37	0,4	0,7	0,4
Déc	3	Init	0,3	0,37	4,1	6,3	0
Jan	1	Crois	0,38	0,47	4,7	5,5	0
Jan	2	Crois	0,67	0,82	8,2	5,1	3,1
Jan	3	Mi-sais	0,97	1,35	14,9	5,2	9,6
Fév	1	Mi-sais	1,05	1,64	16,4	5,3	11,1
Fév	2	Mi-sais	1,05	1,82	18,2	5,3	13
Fév	3	Mi-sais	1,05	2,15	17,2	5,8	11,4
Mar	1	Mi-sais	1,05	2,47	24,7	6,5	18,2
Mar	2	Arr-sais	1,05	2,79	27,9	7,1	20,8
Mar	3	Arr-sais	0,86	2,52	27,7	7	20,7
Avr	1	Arr-sais	0,58	1,86	18,6	7	11,6
Avr	2	Arr-sais	0,34	1,18	9,5	5,6	2,5
					192,3	72,3	122,3

Tableau 7 : besoins en eau d'irrigation de Maïs fourrager.

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Avr	2	Init	0.30	1.03	6.2	4.2	2.7
Avr	3	Init	0.30	1.19	11.9	6.9	4.9
Mai	1	Crois	0.35	1.55	15.5	7.2	8.2
Mai	2	Crois	0.55	2.73	27.3	7.4	20.0
Mai	3	Crois	0.77	4.26	46.9	5.9	41.0
Jui	1	Mi-sais	0.99	5.99	59.9	4.0	55.9
Jui	2	Mi-sais	1.05	6.90	69.0	2.6	66.4
Jui	3	Mi-sais	1.05	7.20	72.0	2.3	69.7
Jui	1	Mi-sais	1.05	7.57	75.7	2.0	73.7
Jui	2	Arr-sais	1.05	7.86	78.6	1.5	77.1
Jui	3	Arr-sais	0.87	6.28	69.0	1.7	67.4
Août	1	Arr-sais	0.62	4.35	43.5	1.5	42.0
Août	2	Arr-sais	0.42	2.87	20.1	1.0	18.6
					595.6	48.2	547.7

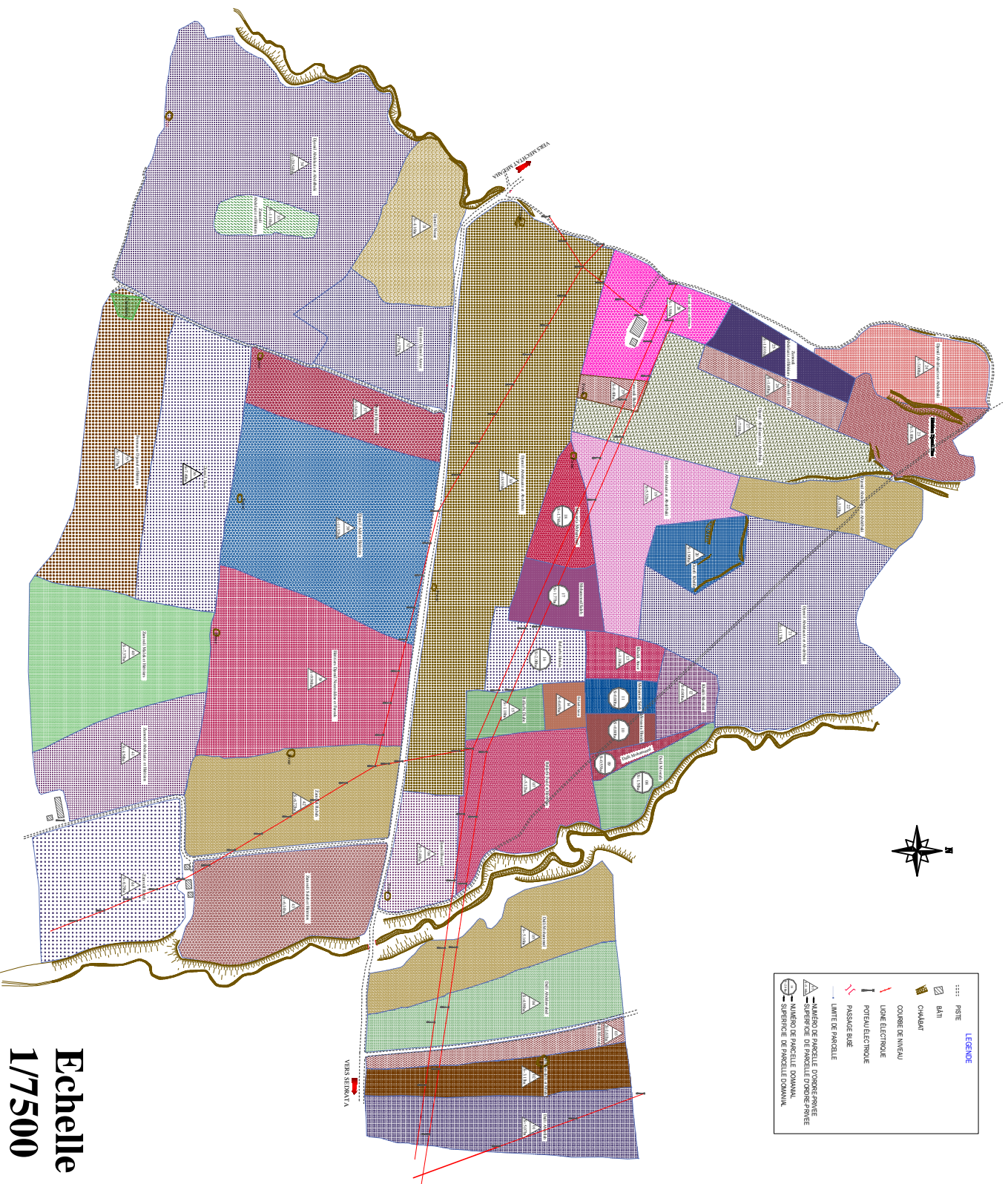
Tableau 8 : besoins en eau d'irrigation du Vigne de table.

Mois	Décade	Phase	Kc coeff	ETc mm/jour	ETc mm/dec	Pluie eff. mm/dec	Bes. Irr. mm/dec
Jui	1	Init	0,3	2,16	21,6	2	19,6
Jui	2	Init	0,3	2,26	22,6	1,5	21
Jui	3	Init	0,3	2,18	23,9	1,7	22,3
Aoû	1	Init	0,3	2,11	21,1	1,5	19,6
Aoû	2	Init	0,3	2,05	20,5	1,4	19
Aoû	3	Init	0,3	1,83	20,1	2,9	17,3
Sep	1	Init	0,3	1,6	16	4,8	11,2
Sep	2	Init	0,3	1,39	13,9	6,3	7,6
Sep	3	Init	0,3	1,22	12,2	5,8	6,4
Oct	1	Init	0,3	1,05	10,5	5,2	5,3
Oct	2	Init	0,3	0,88	8,8	4,9	3,9
Oct	3	Init	0,3	0,77	8,5	4,8	3,7
Nov	1	Init	0,3	0,66	6,6	4,4	2,2
Nov	2	Init	0,3	0,55	5,5	4,2	1,3
Nov	3	Crois	0,31	0,5	5	4,9	0,1
Déc	1	Crois	0,37	0,54	5,4	6	0
Déc	2	Crois	0,46	0,57	5,7	6,8	0
Déc	3	Crois	0,55	0,68	7,4	6,3	1,2
Jan	1	Crois	0,64	0,78	7,8	5,5	2,3
Jan	2	Mi-sais	0,72	0,87	8,7	5,1	3,6
Jan	3	Mi-sais	0,73	1,01	11,1	5,2	5,9
Fév	1	Mi-sais	0,73	1,14	11,4	5,3	6,1
Fév	2	Mi-sais	0,73	1,27	12,7	5,3	7,4
Fév	3	Mi-sais	0,73	1,49	11,9	5,8	6,1
Mar	1	Mi-sais	0,73	1,72	17,2	6,5	10,7
Mar	2	Mi-sais	0,73	1,94	19,4	7,1	12,4
Mar	3	Mi-sais	0,73	2,13	23,5	7	16,4
Avr	1	Mi-sais	0,73	2,32	23,2	7	16,3
Avr	2	Mi-sais	0,73	2,51	25,1	7	18,1
Avr	3	Mi-sais	0,73	2,89	28,9	6,9	21,9
Mai	1	Mi-sais	0,73	3,26	32,6	7,2	25,4
Mai	2	Mi-sais	0,73	3,64	36,4	7,4	29,1
Mai	3	Arr-sais	0,68	3,73	41,1	5,9	35,2
Jui	1	Arr-sais	0,57	3,43	34,3	4	30,3
Jui	2	Arr-sais	0,46	3,04	30,4	2,6	27,8
Jui	3	Arr-sais	0,36	2,46	24,6	2,3	22,3
					635,9	178,6	459

Tableau 9 : besoins en eau d'irrigation du Sorgho.

Mois	Décade	Phase	Kc	ETc	ETc	Pluie eff.	Bes. Irr.
			coeff	mm/jour	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Avr	2	Init	0.30	1.03	6.2	4.2	2.7
Avr	3	Init	0.30	1.19	11.9	6.9	4.9
Mai	1	Crois	0.33	1.50	15.0	7.2	7.7
Mai	2	Crois	0.49	2.42	24.2	7.4	16.9
Mai	3	Crois	0.65	3.61	39.7	5.9	33.8
Jui	1	Mi-sais	0.82	4.95	49.5	4.0	45.4
Jui	2	Mi-sais	0.86	5.67	56.7	2.6	54.1
Jui	3	Mi-sais	0.86	5.92	59.2	2.3	56.9
Jui	1	Mi-sais	0.86	6.22	62.2	2.0	60.2
Jui	2	Arr-sais	0.86	6.47	64.7	1.5	63.1
Jui	3	Arr-sais	0.74	5.39	59.3	1.7	57.6
Aoû	1	Arr-sais	0.58	4.10	41.0	1.5	39.4
Aoû	2	Arr-sais	0.45	3.10	21.7	1.0	20.3
					511.2	48.2	463.2

Annexe IV: Plan parcellaire de Zouabi



Annexe (II) : le statut juridique des parcelles.

N° de parcelle	Statut juridique	Nom de l'exploitant	Surface Totale (ha)	Occupation du sol
01	Privé	Dalli Abdellah	5.07	Fève de saison
02	Privé	Dalli Bendalli et M'rah	3.13	Vigne de table
03	Privé	Dalli Mostafa	1.61	Vigne de table
04	Privé	Dalli Abdelawahed	4.97	Pomme de terre de saison
05	Privé	Dalli Mohammed	5.16	Pomme de terre de saison
06	Privé	Djemil Bouzid	2.48	Sorgho
07	Privé	Bellarbi Farid et Héritiers	5.12	Pomme de terre de saison
08	Domaniale(Arch)	Dalli Mostafa	1.50	Maïs fourrager
09	Domaniale(Arch)	Dalli Mohammed	0.55	Sorgho
10	Domaniale(Arch)	Menasria Mohammed	0.80	Maïs fourrager
11	Domaniale(Arch)	Menasria Hmida	0.80	Maïs fourrager
12	Privé	Khaldi Khmissi	1.38	Maïs fourrager
13	Privé	Khaldi Amor	1.10	Maïs fourrager
14	Privé	Bellarbi Amor	0.65	Maïs fourrager
15	Privé	Bellarbi Diab	1.18	Maïs fourrager
16	Domaniale(Arch)	Menasria Hmida	2.08	Maïs fourrager
17	Domaniale(Arch)	Menasria Mohammed	1.77	Maïs fourrager

		Saleh		
18	Domaniale(Arch)	Menasria Mohammed	1.74	Maïs fourrager
19	Privé	Djemil Abdelaziz et Abdelbaki	5.32	Fève de saison
20	Privé	Guerfi Khelifa	1.90	Maïs fourrager
21	Privé	Djemil Abdelaziz et Abdelbaki	11.75	Céréale
22	Privé	Djemil Abdelaziz et Abdelbaki	03.10	Tomate de saison
23	Privé	Héritiers Djemil Zine	03	Tomate de saison
24	Privé	Zamouli Rabeh	03	Tomate de saison
25	Privé	Zamouli Abdelaziz et Héritiers	1.8	Tomate de saison
26	Privé	Zamouli Laba	1.4	Maïs fourrager
27	Privé	Djemil Abdelaziz et Abdelbaki	07	Fève de saison
28	Privé	Djemil Adel et Héritiers	3.5	Tomate de saison
29	Privé	Zamouli Rabeh	0.60	Sorgho
30	Privé	Djemil Abdelaziz et Abdelbaki	14	Céréale
32	Privé	Héritiers Djemil Azouz	4.27	Maïs fourrager
33	Privé	Zamouli	1.14	Maïs fourrager

		Abdelaziz et Héritiers		
34	Privé	Djemil Abdelaziz et Abdelbaki	20.54	Céréale
35	Privé	Fermasse Djamel et Héritiers	7.37	Fève de saison
36	Privé	Djemil Nacer	7.60	Fève de saison
37	Privé	Djemil Hassnaoui	3.61	Sorgho
38	Privé	Djemil Adel et Héritiers	11.52	Céréale
39	Privé	Héritiers Djemil Noureddine et Farouk	9.96	Pomme de terre d'été
40	Privé	Zamouli Malek et Héritiers	7.37	Céréale
41	Privé	Zamouli Abdelaziz et Héritiers	4.56	Maïs fourrager
42	Privé	Zamouli Rabah	6.64	Pomme de terre d'été
43	Privé	Zamouli Saleh et Héritiers	6.12	Pomme de terre d'été
44	Privé	Zamouli Rabeh	6.29	Pomme de terre d'été