

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE-ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

**Option : Conception des Systèmes d'Irrigation et Drainage**

### **THEME :**

**AMELIORATION DE LA GESTION ET DE  
L'EXPLOITATION DE LA MITIDJA OUEST TRANCHE II  
PAR L'ADDUCTION DE LA PRISE GRAVITAIRE D'EL  
AFFROUN VERS LE SECTEUR A**

**Présenté par :**  
**HAMIDI DAOUIA**

### **DEVANT LES MEMBRES DU JURY**

<b>Nom et prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
<b>M<sup>r</sup> M. MSSAHEL</b>	<b>M.C</b>	<b>Président</b>
<b>M<sup>r</sup> T. BENKACI</b>	<b>M A.B</b>	<b>Examineur</b>
<b>M<sup>me</sup> H. BOUCHAMA</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>me</sup> S. MAZOUZI</b>	<b>M.A.B</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>r</sup> Y. BOUNAH</b>	<b>M.A.B</b>	<b>Examineur</b>
<b>M<sup>me</sup> D. DJOUDAR</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Promotrice</b>

**Mai - 2014**

# Remerciement



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

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

Je remercie fortement ma promotrice : **Mme Djouder** de m'avoir orienté par ses conseils judicieux dans le but de mener à bien ce travail et je n'oublie pas **Mme Bahbouh** de son aide.

Je remercie également **M<sup>r</sup> Lekehal** « **ONID de Bordj Elbahri** » qui m'a donné la volonté de réaliser ce mémoire à travers tous les services qu'il m'a rendus, sans oublier aussi **Mme bouslimani** et **M<sup>r</sup> Zitouni** « **ONID de Ahmer Elain** »

Je tiens à remercier aussi :

- + Les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail
- + Le corps d'enseignants et les étudiants de l'ENSH
- + Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de mon mémoire



**Daouia**

# Dédicace



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

*+ Mes parents pour leur sacrifice afin d'atteindre mon but.*

*+ Mon marri qui a toujours su me soutenir et m'épauler dans tous les moments.*

*+ Mes frères et mes sœurs.*

*+ Toute ma famille.*

*+ Tous mes amis : Yasmina, Mimi, Esma , Sabrina , Hassiba , Zohra , Khaoula, Ghania , Hadjer , Rawa , Yasmine , Alia , Halima...etc*



*Daouia*

## الملخص

هذه المذكرة تتضمن تحديد الأبعاد لقناة تزويد المياه عن طريق الجاذبية على مستوى المساحة الزراعية الشريحة 2-المتيجة غرب- و ذلك بضمان التزويد انطلاقا من المآخذ الجانبي العفرون يهدف هذا العمل إلى تخفيض تكلفة الاستغلال و ضمان التزويد في حالة عطل على مستوى محطة الضخ بالعفرون.

## Résumé

*Le présent mémoire consiste à projeter une conduite d'adduction gravitaire de l'eau à travers le secteur A de la tranche II-Mitidja Ouest- en assurant l'alimentation en eau à partir de la prise gravitaire PG3 d'El-Affroun.*

*Notre travail à pour but de diminuer le coût d'exploitation et sécuriser l'alimentation en eau en cas de panne de la station de pompage d'El-Affroun.*

## Abstract

*This dissertation consists of the projection of water conveyance by gravity conduct, through sector A of phase II – West Mitidja- assuring water supply from gravity hold PG3 of El-Affroun. Our work is aimed at reducing the exploitation cost and assuring water supply in case of a break down in the pumping station of El-Affroun.*

## SOMMAIRE

	Pages
<b>Chapitre I :Présentation de la zone d'étude</b>	
I-Introduction .....	02
I-1 Situation géographique.....	03
I-2 Etude climatologique.....	04
I-2-1/ Pluviométrie .....	05
a) Intensité pluviométrique .....	05
b) Régime pluviométrique .....	05
c) Nombre moyen de jours pluvieux.....	05
I-2-2/ La température .....	06
La température moyenne mensuelle .....	06
I-2-3/ Les vents .....	07
I-2-4/ Humidité relative.....	08
I-2-5 / Insolation.....	08
I-3 /classement du climat :.....	08
I-3-1/ Indice d'aridité de Martonne.....	08
I-3-2 / Quotient pluviométrique d'Emberger.....	09
I-3-3 / Diagramme ombrothermique de Gaussen.....	11
I-4 Caractéristiques de la région.....	12
I-4-1 Géologie .....	12
• Stratigraphie.....	12
I-4-2 Géomorphologie .....	12
I-4-3 Hydrogéologie .....	13
I-5 Hydrologie .....	13
I-5-1 Réseau hydrographique .....	13
I-5-2 Les Oueds .....	13
a) Oued Bouroumi.....	13
b)-Oued Djer .....	13
I-5-3 Ajustement à la loi normale (Gauss) .....	14
I-6 Ressources en eau superficielles.....	17
▪ Barrage de Bouroumi .....	17
I-7 Pédologie.....	17
I-7-1 La pédologie de la zone d'étude.....	17
I-7-2 Etat physique du sol.....	20
Conclusion.....	22

## **Chapitre II :Etat actuel**

II Introduction.....	23
II-1 Ouvrages de tête.....	23
II-2 Equipement du périmètre.....	25
II- 3 Réseaux d'irrigation.....	25
II-3-1 /Secteurs irrigués par pompage.....	25
II-3-2 II-3-3 Adducteurs.....	26
II-3-2 Secteurs irrigués par gravite.....	26
A) Adducteur haut.....	26
B) Adducteur bas.....	27
II-4 Barrage Bouroumi .....	27
A) SAR.....	29
B) L'alcalinité.....	29
C) La salinité.....	29
D) PH.....	30
II-5 Description du secteur A.....	30
II-6 Fonctionnement hydraulique.....	31
II-6-1 Canal rive gauche.....	31
II-6-2 Station de pompage d'EL Affroun .....	31
• Etat actuel de la station de pompage El-Affroun.....	33
II-6-3 Réservoir d'El – Affroun.....	34
II-6-4 Prise gravitaire N°3.....	35
II-8-1 Conduites .....	36
II-8-2 Les bornes .....	37
II-8-3 Chambres de vannes .....	37
II-8- 4 Soupapes de décharge anti-bélier .....	37
II-8- 5 Ventouses .....	38
II-8-6 Réseau d'irrigation actuel.....	38
Conclusion.....	38
<b>Chapitre III :Calcul des besoins en eau</b>	
III Introduction.....	39
III-1 les culture envisageable .....	39
III-1-1 Maraîchages .....	39
III-1-2 arboriculture .....	39

III-1-3 Céréaliculture .....	39
III -2 Besoin en eau des cultures.....	40
III-2-1 Evapotranspiration réelle ETR.....	40
III-2-2 Evapotranspiration maximale ETM.....	40
III-2-3 Evapotranspiration potentielle ETP.....	40
III-3 Pluies efficaces.....	41
III-4 Calcul de l'ETO.....	41
III-4-1 Définition du logiciel utilisé (CROPWAT ).....	41
III-4-2 Rotation des assolements .....	42
III-4-2 Rotation des assolements.....	48
Conclusion.....	49
<b>Chapitre IV :Dimensionnement à la parcelle</b>	
IV Introduction.....	50
IV-1 Les techniques d'arrosage.....	50
IV-1-1 Irrigation gravitaire.....	50
a) l'arrosage par ruissellement (par planches ou par calant) .....	50
b) l'arrosage par infiltration (à la raie) .....	50
c) L'arrosage par submersion.....	50
✓ Avantages de l'irrigation par gravité .....	51
✓ Inconvénients de l'irrigation par gravité .....	51
IV-1-2 Irrigation par aspersion .....	51
✓ Avantages de l'irrigation par aspersion .....	51
✓ Inconvénients de l'irrigation par aspersion.....	51
IV-1-3 Irrigation par apports localisés .....	51
✓ Avantages de l'irrigation localisée (goutte à goutte).....	51
✓ Inconvénients de l'irrigation localisée (goutte à goutte).....	52
IV-2 Choix de la technique d'arrosage .....	52
IV-3 Projection d'un système d'irrigation par aspersion classique sur une parcelle de pastèque.....	52
IV-4 Dimensionnement du réseau d'irrigation.....	52
IV-4-1 détermination de la portée du jet , diamètre de la rampe et du diamètre de la conduite d'approche.....	52
IV-4-1-1 Le diamètre de l'ajutage .....	52

IV-4-1-2 La portée du jet (L) .....	53
IV-4-1-3 Ecartements entre les rampes et arroseurs .....	53
IV-4-1-4 Débit de l'asperseur .....	54
IV-4-1-5 La fréquence d'arrosage.....	54
IV-4-1-6 Nombre de position des rampes .....	55
IV-4-1-7 La rampe .....	55
IV-4-1-8 Diamètre de la rampe .....	55
IV-4-1-9 La conduite d'approche.....	56
IV-4-1-10 Perte de charge.....	56
IV-4-2 Pression à la tête de la parcelle.....	57
Conclusion.....	57
<b>Chapitre V :Etude d'adduction</b>	
V Introduction.....	58
V-1 types d'adductions .....	58
V-1-1 Adduction gravitaire .....	58
V-1-2 Adduction par refoulement .....	58
V-1-3 Adduction mixte.....	58
V-2 Type d'écoulement .....	58
V-2-1 Ecoulement à surface libre .....	59
V-2-2 Ecoulement en charge .....	59
V-3 Critères de choix de tracé .....	59
V-4 Choix du matériau des conduites .....	60
V-4-1 Conduites en acier .....	60
V-4-2 Conduites en fonte .....	60
V-4-3 Conduites en PEHD .....	60
V-4-4 Conduites en amiante ciment .....	61
V-5 Calcul hydraulique.....	61
V-5-1 Proposition des variantes.....	61
V-5-1-1 Variante N°1.....	61
• Recommandation.....	61
V-5-1-2 Variante N°2.....	62
• Recommandation.....	62
V-5-2 Dimensionnement de la conduite gravitaire .....	62
V-5-2-1 Calcul des longueurs équivalentes des différents tronçons .....	63



V-5-2-2 Altitudes des différents points .....	64
V-5-2-3 Diamètre avantageux de la conduite.....	64
V-5-2-4 La vitesse d'écoulement .....	64
Conclusion .....	65

## **Chapitre VI : Evaluation technico-économique**

VI Introduction.....	66
VI-1 Cas de pompage.....	66
VI-1-1 Evaluation du cout énergétique.....	66
VI-1-2 Evaluation du cout d'entretien .....	66
VI-1-3 La masse salariée .....	67
VI-1-4 Cout estimé d'un mètre cube d'eau pompé.....	67
VI-2 Cas gravitaire.....	67
VI-2-1 Estimation du volume d'eau desservi gravitairement.....	67
VI-2-2 Le cout d'entretien.....	67
VI-2-3 La masse salariée .....	68
VI-1-4 Cout estimé d'un mètre cube d'eau desservi gravitairement.....	68
Conclusion.....	68



## Liste des tableaux

	Pages
Tableau I-1: Découpage du périmètre (tranche 2).....	3
Tableau I-2 : Pluviométrie moyenne mensuelle.....	5
Tableau I-3 : Nombre moyen des jours pluvieux.....	6
Tableau I-4 : Températures moyennes mensuelles.....	6
Tableau I-5 : Vitesse moyenne mensuelle des vents (10 ans).....	7
Tableau I-6 : moyenne mensuelle de l'humidité relative.....	8
Tableau I.7 : Moyenne mensuelle de l'insolation .....	8
Tableau I-8 : Type de climat selon l'indice climatique de De Martonne.....	9
Tableau I-9 : Ajustement à la loi normale.....	15
Tableau I-10 : précipitations mensuelles.....	17
Tableau I-11 :Pédologie du sol.....	18
Tableau I-12 : Fiche analytique de sol.....	18
Tableau I-13 :Différentes classes de perméabilité.....	21
Tableau I-14 :Nature du sol et sa valeur de K.....	21
Tableau II-1: ressources en eau disponible pour la Mitidja ouest.....	27
Tableau II-2 : Analyse chimique de l'eau de barrage de Bouroumi.....	28
Tableau II-3 : Volume prévisionnels selon disponibilité .....	30
Tableau II-4 : Equipements du réseaux et ouvrages associés pour le secteur A...	30
Tableau II-5: Caractéristiques de la station de pompage d'El Affroun.....	32
Tableau II-6: Caractéristiques des conduites d'après les études.....	37
Tableau II-7: Répartition des bornes d'irrigation dans le secteur A.....	37
Tableau III-1: pluie efficace .....	41
Tableau III-2 : résultats de calcul l'ETP par le logiciel de CROPWAT.....	42
Tableau III-3: les cultures en place sur le secteur A.....	43
Tableau III-4 : Besoin en eau d'irrigation pour les céréales.....	44
Tableau III-5: Besoin en eau d'irrigation pour les agrumes.....	44
Tableau III-6 : Besoin en eau d'irrigation pour la pomme de terre.....	45
Tableau III-7: Besoin en eau d'irrigation pour la pastèque.....	45
Tableau III-8: Besoin en eau d'irrigation pour la carotte.....	46
Tableau III-9 : Besoin en eau d'irrigation pour la tomate.....	46
Tableau III-10 : Besoin en eau d'irrigation pour l'oignon.....	47
Tableau III-11 : Besoin en eau totaux d'irrigation pour l'assolement réalisé (en mm).....	47

Tableau IV-1: coefficient de HAZEN et williams.....	56
Tableau IV-2 : Résultat de dimensionnement du réseau .....	57
Tableau V-1 : Coefficients $K'$ , $m$ et $\beta$ pour différents types de tuyau .....	63
Tableau V-2 : Longueur de l'adduction gravitaire.....	63
Tableau V-3 : Altitudes des différents points de l'adduction.....	64
Tableau V-4 : Différents paramètres de la conduite gravitaire .....	64
Tableau VI-1 : Evaluation du cout énergétique.....	66
Tableau VI-2 : Evaluation du cout d'entretien.....	66
Tableau VI-3 : Evaluation de La masse salariée .....	67
Tableau VI-4 : Cout estimé d'un mètre cube d'eau pompé.....	67
Tableau VI-5 : Volume d'eau desservi gravitairement.....	67
Tableau VI-6 : Cout d'entretien.....	67
Tableau VI-7 : Evaluation de La masse salariée .....	68
Tableau VI-8 : Cout estimé d'un mètre cube d'eau desservi gravitairement.....	68

## Liste des figures

	Pages
Figure I-1: Localisation géographique de la plaine de la Mitidja.....	02
Figure I-2 : délimitation du périmètre de la tranche 2.....	04
Figure I-3 : Le cycle de l'eau .....	04
Figure I-4: Graphes de l'évaluation des températures.....	07
Figure I-5 : climogramme pluviométrique d'EMBERGER.....	10
Figure I-6 : Climogramme ombrothermique de GAUSSEN.....	11
Figure I-7 : Ajustement à une loi log Normale.....	16
Figure II-1 : Schéma hydraulique des ouvrages de tête du périmètre d'irrigation de la Mitidja Ouest.....	24
Figure II-2 :Variation de SAR en fonction des dates de prélèvement.....	29
Figure II-3 : Vue générale de canal rive gauche et la station de pompage El-Affroun.....	31
Figure II-4 :Vue proche de la station de pompage.....	33
Figure II-5 :Vue proche d'une roue endommagée.....	33
Figure II-6 : Vue de loin du réservoir El-Affroun.....	34
Figure II-7 : schéma hydraulique explicatif des équipements de la tranche 2.....	36
Figure V-1 : quelques formes de canaux.....	59

## **Liste des planches**

**Planche N°1** : Périmètre d'irrigation de la Mitidja ouest W.Tpaza (tranche II)

**Planche N°2** :Réseau hydraulique du secteur A (El-Affroun) W.Tipaza

**Planche N°3** :Réseau d'irrigation par aspersion

**Planche N°4** :Profil en long de la conduite d'adduction de la PG3 d'El-Affroun W. Blida

**Planche N°5** :Les accessoires dans un réseau d'adduction

## ***Introduction générale***

*Nous savons que l'eau donne la vie et qu'elle sustente notre environnement et notre culture. De part sa rareté, l'eau en Algérie, comme dans la plupart des pays du Sud de la Méditerranée, est un facteur limitant du développement et source de tensions sociales. La rareté est appréhendée en termes de stress hydrique et d'irrégularité de la ressource, deux facteurs susceptibles de s'accroître avec le changement climatique.*

*L'extension des superficies irriguées joue un rôle déterminant dans le processus de développement économique et social d'un pays.*

*Un tel objectif permet d'espérer un accroissement du revenu national, une économie de devises, une augmentation des revenus des exploitants, une création d'emplois ainsi qu'une consolidation de la sécurité alimentaire.*

*C'est dans ce contexte que s'inscrit notre mémoire de fin d'étude qui a pour thème essentiel : Amélioration de la gestion et de l'exploitation de la Mitidja -Ouest tranche II- par l'adduction de la prise gravitaire d'El-Affroun vers le secteur A, Ainsi notre travail à porter sur le dimensionnement de ce réseau d'adduction et de distribution moyennant logiciel et lois hydrauliques applicables à nos conditions naturelles et techniques.*

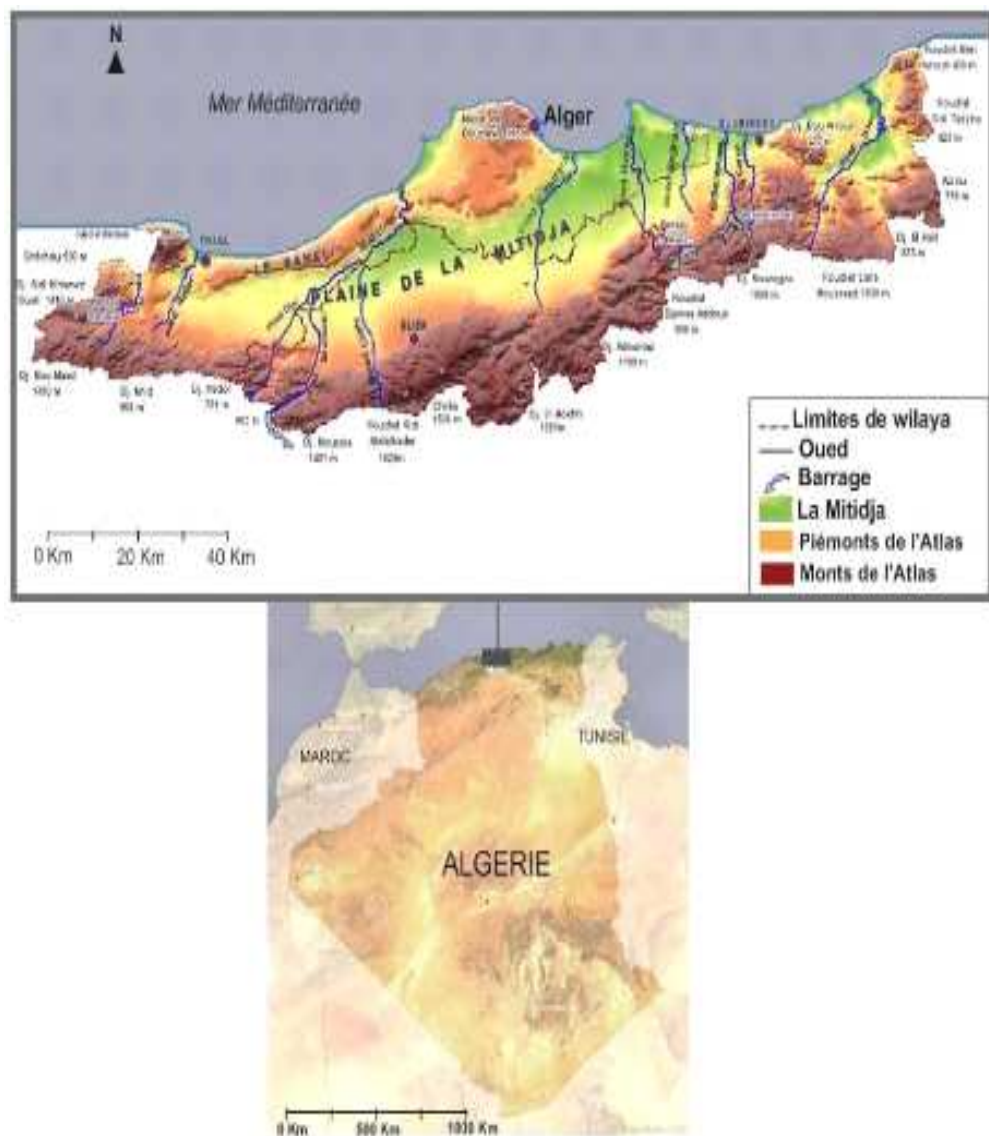
*CHAPITRE I*  
*PRESENTATION DE LA ZONE*  
*D'ETUDE*



## I-Introduction

La plaine de la Mitidja est un bassin de subsidence qui a été comblé par des dépôts d'origine marine ou continentale, au cours de l'ère Tertiaire et de l'ère Quaternaire. Orientée suivant une direction SW-NE et couvre une superficie de 1450 km<sup>2</sup> s'étend sur quatre Wilayas (Tipaza, Blida, Alger et Boumerdes), depuis l'Oued Djer jusqu'à Reghaia. Elle est bordée au sud par l'Atlas blidéen, et au nord par les collines du Sahel avec une longueur moyenne de 100 km et une largeur varie entre 10 et 18 km . Elle se situe entre les longitudes 2°32'00'' à 3°19'00'' et les latitudes 36°25'17'' à 36° 47'40 '' , et divisée en deux unités physiques

- Mitidja Est : traversée par les oueds d'El Harrach ; Hamiz ; Réghaïa et Boudouaou.
- Mitidja Ouest : traversée par l'oued Mazafran et ses principaux affluents (Oueds Djer, Bouroumi et Chiffa). elle est divisée en deux entités (tranche 1 et tranche 2).



Source : Thèse de doctorat, IMACHE.A ,2008

Figure I-1: Localisation géographique de la plaine de la Mitidja.

## I-1 Situation géographique.

Notre étude va porter sur la partie Ouest tranche 2 de la Mitidja.

Cette partie est alimentée essentiellement par les eaux de surface des deux barrages (Boukerdanne et Bouroumi).

Le périmètre d'irrigation de la Mitidja Ouest tranche 2 couvre une superficie globale de 15600 ha dont 1200 ha se situent au niveau de la wilaya de Blida commune de EL Affroun et 14400 ha dans la wilaya de Tipaza. Ce périmètre est limité comme suit :

- A l'est par l'oued de Bouroumi.
- A l'ouest par les collines de Hadjout.
- Au nord par la route nationale N° 67
- Au sud par les piémonts de l'Atlas Blidieén.

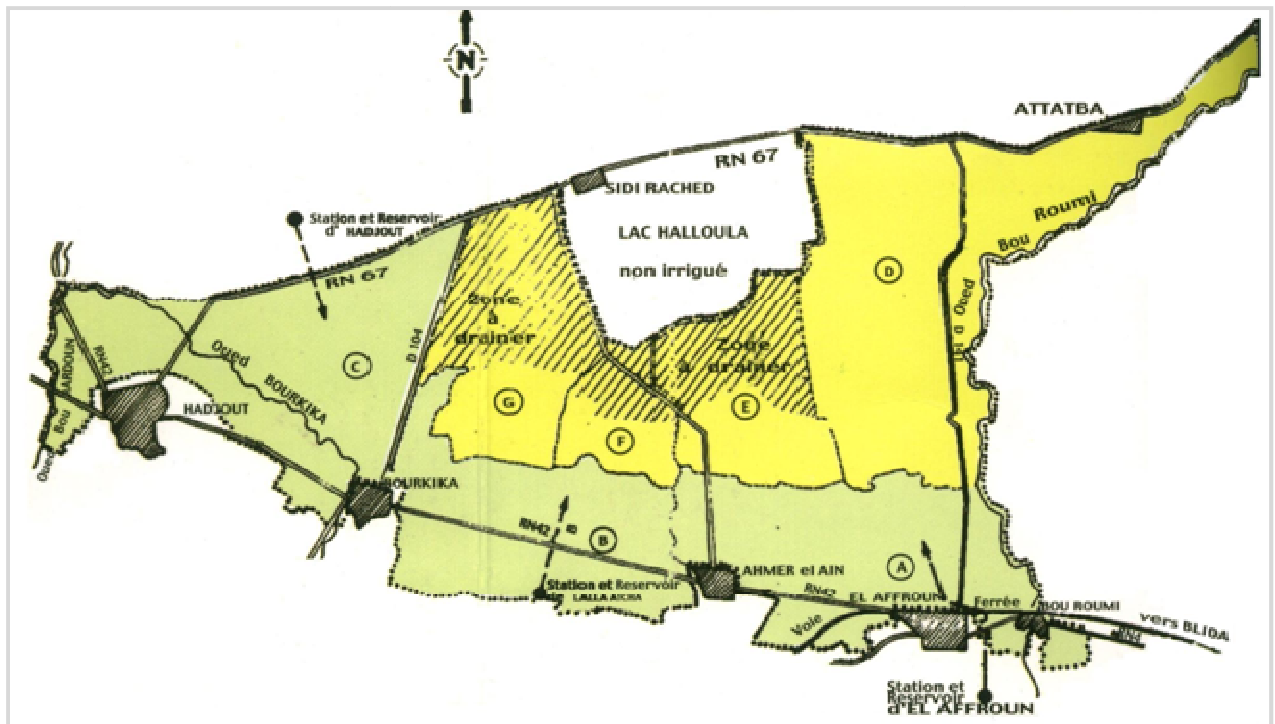
Il est découpé en sept secteurs (voire tableau I-1).

Tableau I-1: Découpage du périmètre (tranche 2)

Ressource en eau	Type d'irrigation	Secteurs	Superficie totale ha	Superficie équipée ha
Bouroumi	Pompage	A	2450	2250
Bouroumi	Pompage	B	2330	1983
Boukerdanne	Pompage	C	3020	2389
Bouroumi	Gravitaire	D	3620	3130
//	//	E	1750	1470
//	//	F	650	547
//	//	G	1780	1632
Total			15600	13401

Source : ONID Ahmar El Ain

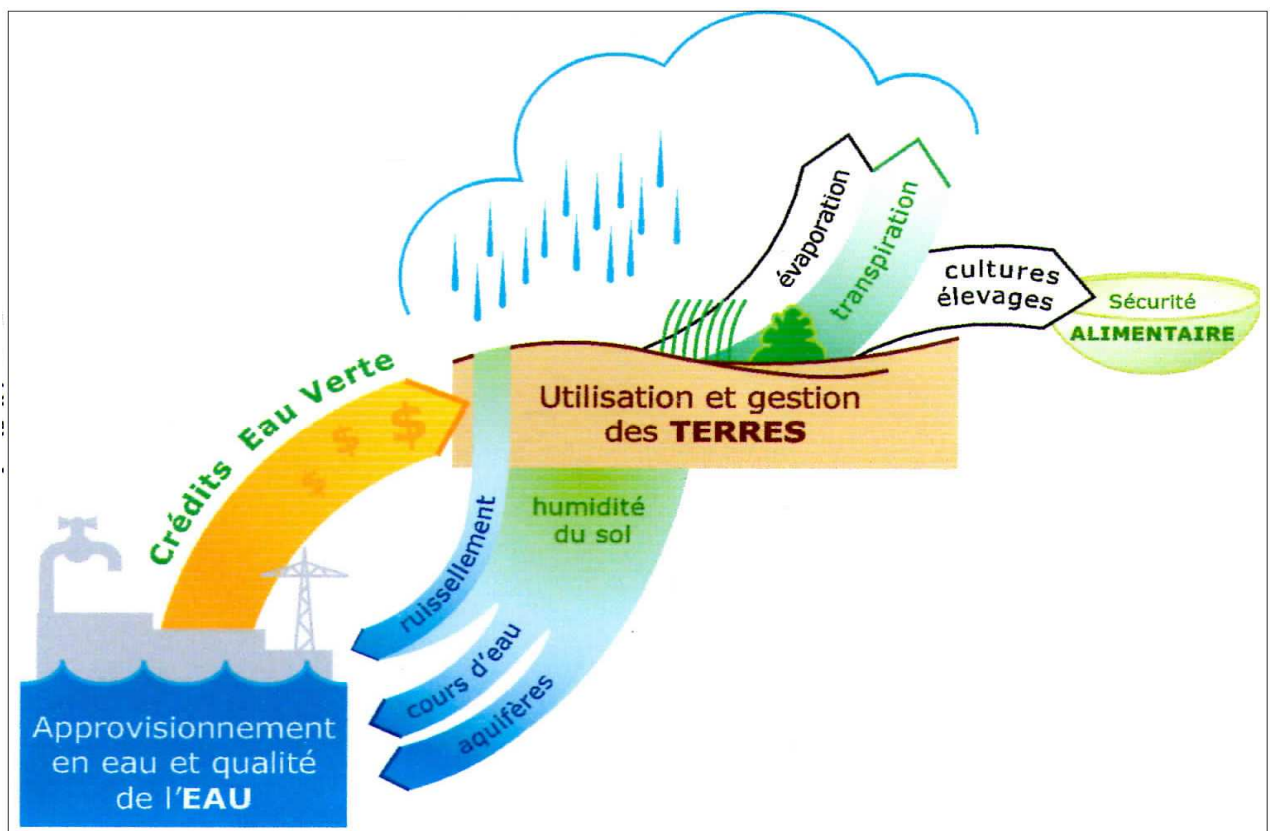
Notre étude s'intéresse au secteur A de 2450 ha de superficie, située entre la commune d'El Affroun et Ahmar el Ain. Le secteur A est alimenté par la station de pompage d'El Affroun se trouvant sur le canal rive gauche.



Source :ONID Ahmar El Ain

Figure I-2 : délimitation du périmètre de la tranche 2.

## I-2 Etude climatologique



Source :Les crédits eau verte

Figure I-3 : Le cycle de l'eau

Un climat est défini comme étant l'ensemble des phénomènes météorologiques (température, humidité, vent, précipitations ...etc.) qui caractérise l'état moyen de l'atmosphère en un lieu donné.

Les précipitations et les températures ainsi que d'autres éléments climatiques tels que le vent, l'évaporation ont des actions diverses sur la biosphère.

Les mesures de ces paramètres atmosphériques s'effectuent au niveau du périmètre sur diverses stations. Par qui ANRH

### **I-2-1/ Pluviométrie**

Les précipitations sont définies comme l'ensemble des eaux météorologiques recueillies par un bassin versant ou une surface bien déterminée. Elles peuvent se présenter sous forme liquide (pluie, brouillard, rosée...) ou sous forme solide (neige, grêle, givre...). Les précipitations sont réparties dans le temps et dans l'espace

La pluviométrie moyenne mensuelle est observée sur une période de 31 ans (de 1981 à 2012) station de Chiffa (voir tableau I-2).

Tableau I-2 : Pluviométrie moyenne mensuelle

mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Des	Total
<b>P(mm)</b>	79,96	64,81	57,13	51,78	45,82	5,75	2,44	4,93	28,93	53,27	85,9	86,4	567.12

Source ANRH Blida

#### **a) Intensité pluviométrique**

La chute de la pluviométrie intervient en grande partie durant la période hivernale, ce sont généralement des orages et des averses génératrices de crues et de processus d'érosion du sol. Par ailleurs des pluies ou neige enrichissent le sol et augmentent le niveau des nappes.

#### **b) Régime pluviométrique**

La répartition saisonnière de la pluie se présente comme suit :

- Saison pluvieuse de Novembre à mars.
- Saison sèche de Juin à septembre.
- Saison à pluviométrie moyenne Avril, Mai et Octobre.

#### **c) Nombre moyen de jours pluvieux**

Le nombre moyen mensuel de jours pluvieux dans la région est porté sur une série de 31 ans (1981 -2012) station Chiffa (voir tableau I-3).

Tableau I-3 : Nombre moyen des jours pluvieux

Mois	Jan.	Févr.	Mars.	Avr.	Mai.	Juin.	Juill.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Jours	8,38	7,52	7,17	6,31	5,03	1,48	0,55	0,90	3,79	5,10	8,90	8,59

Source ANRH Blida

### I-2-2/ La température

Les relevés moyens mensuels des températures ont été enregistrés sur une période de 20 ans (1989 à 2004 station Mouzaia)

Le minimal enregistré pendant une série de 16 ans varie entre 9° C à 23.2 °C respectivement au mois de janvier et Août.

Le maximal enregistré sur la même série varie de 18°C à 36 °C respectivement pour le mois de janvier et Août.

#### La température moyenne mensuelle

La température moyenne mensuelle du mois le plus froid est de 13 °C et celle du mois le plus chaud est de 30°C, elle correspond respectivement pour le mois de Janvier et Août.

Quant à la température moyenne annuelle, elle est de 26 °C.

La température minimale absolue est de 3 °C pour le mois de décembre, et janvier, la maximale absolue est de 42°C pour le mois d'Août (voir tableau 4).

Tableau I-4 : Températures moyennes mensuelles

Mois	Jan.	Févr.	Mars.	Avr.	Mai.	Juin.	Juill.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
$T^{\circ moy}_{min}$ °C	9,1	9,2	11,1	11,6	14,9	19,5	22	23,2	20,8	17,9	13,8	10,7
$T^{\circ moy}_{max}$ °C	18,2	19	20,8	23,1	26,8	31,9	35,4	35,9	32,2	28	22,4	19,5
$T^{\circ}_{moy}$ °C	13,7	14	15,1	17,4	20,9	25,9	28,9	29,5	26,5	23	18,1	15,1

Source ANRH Blida

**Remarque :** Le tableau I-4, met en évidence un climat a été très chaud et hiver doux .

La Figure I-4 tracée sur la base de ce tableau permet de faire le même constat.

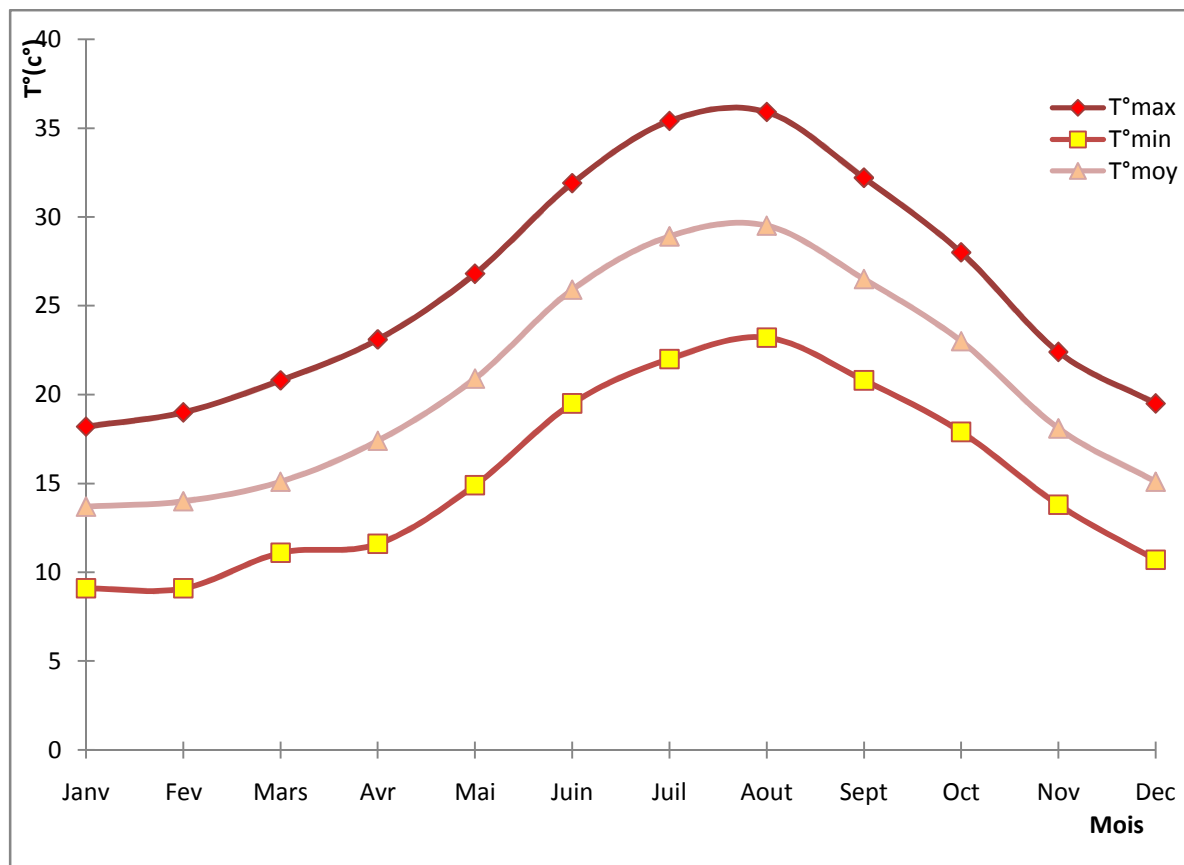


Figure I-4: Graphes de l'évaluation des températures

### I-2-3/ Les vents

Le vent a une influence directe sur les sols, la végétation, et d'autres facteurs tels que les précipitations et l'évapotranspiration. Il intervient également dans le choix du type d'irrigation.

L'étude des vents est indispensable pour la réalisation des ouvrages d'art ainsi que le domaine de l'irrigation, il convient de connaître leur répartition mensuelle, leur vitesse et leur fréquence sans pour autant négliger leur direction.

Les vents dominants sont ceux qui soufflent du N.E et de l'Ouest dont le maximum des forces des vents se situe en hiver ; c'est pour cette raison qu'on doit prévoir des brises vent. Quant au minimum des forces des vents, il se situe aux mois d'été.

Tableau I-5 : Vitesse moyenne mensuelle des vents (10 ans)

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

Source ANRH Blida

L'analyse de ce tableau montre une stabilité des vitesses tout le long de l'année, elle varie selon les stations de 2,3 m/s à 3,7 m/s ce qui nous permet de ne pas envisager des problèmes lorsque il y a une irrigation par aspersion.

#### I-2-4/ Humidité relative

L'humidité relative est un élément climatique très important dans le cycle hydrologique, contrôlant entre autre l'évaporation du sol et le couvert végétal d'où les masses d'air sont plus au moins chargées en humidité.

Tableau I-6 : moyenne mensuelle de l'humidité relative

Mois	Jan.	Févr.	Mars.	Avr.	Mai.	Juin.	Juill.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Hr (%)	76,2	76,2	72,9	70,9	70,3	66,6	63	70,2	68,6	70	73,2	79,4

Source ANRH Blida

L'état hygrométrique de l'air est mesuré 3 fois dans la journée 07h, 13h, 17h, avec une moyenne annuelle de 71,5%.

#### I-2-5 / Insolation

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

Tableau I.7 : Moyenne mensuelle de l'insolation

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec
Moy heure	9.8	11	11.6	11.8	14.3	14.5	14.4	13.7	12.9	11.5	10.5	9.8

Source ANRH Blida

### I-3 /classement du climat :

#### I-3-1/ Indice d'aridité de Martonne

Il permet de connaître le degré de sécheresse de la région

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

Avec  $I_A$  : indice climatique

P : précipitation moyenne annuelle (mm)

T : température moyenne annuelle (°C)

$$\text{A.N: } I_A = \frac{567.38}{20.6 + 10} = 18,54$$

$$I_A = 18,54$$

Tableau I-8 : Type de climat selon l'indice climatique de De Martonne

Valeur de $I_A$	Type de climat	Irrigation
$I_A \leq 5$	Désertique	Indispensable
$5 < I_A \leq 10$	Très sec	Indispensable
$10 < I_A \leq 20$	Sec	Souvent indispensable
$20 < I_A \leq 30$	Relativement humide	Parfois utile
$I_A > 30$	Humide	Inutile

$I_A = 18,54$  type du climat est sec, alors l'irrigation est souvent indispensable, mais pour une meilleure évaluation on utilise le Quotient d'Emberger

### I-3-2 / Quotient pluviométrique d'Emberger

Il s'agit selon les principes de trace (1905) d'exprimer la sécheresse globale d'un climat en comparant la dépense en eau (évaporation et transpiration) au gain (précipitation) par le rapport (P / E) dans la quel l'évaporation est exprimée par une fonction de la température.

Expression définitive du quotient Q.

$$Q = 2000 \frac{P}{M^2 - m^2}$$

Avec :

P : précipitation moyenne annuelle (mm)

M : moyenne des températures maximales (Kelvin)

m : moyenne des températures minimales (Kelvin)

$$M = 35,6 + 273 = 308,9 \text{ K}$$

$$m = 9,1 + 273 = 282,1 \text{ K}$$

$$Q = 2000 * \frac{567,38}{(308,9)^2 - (282,1)^2} = 71,64$$



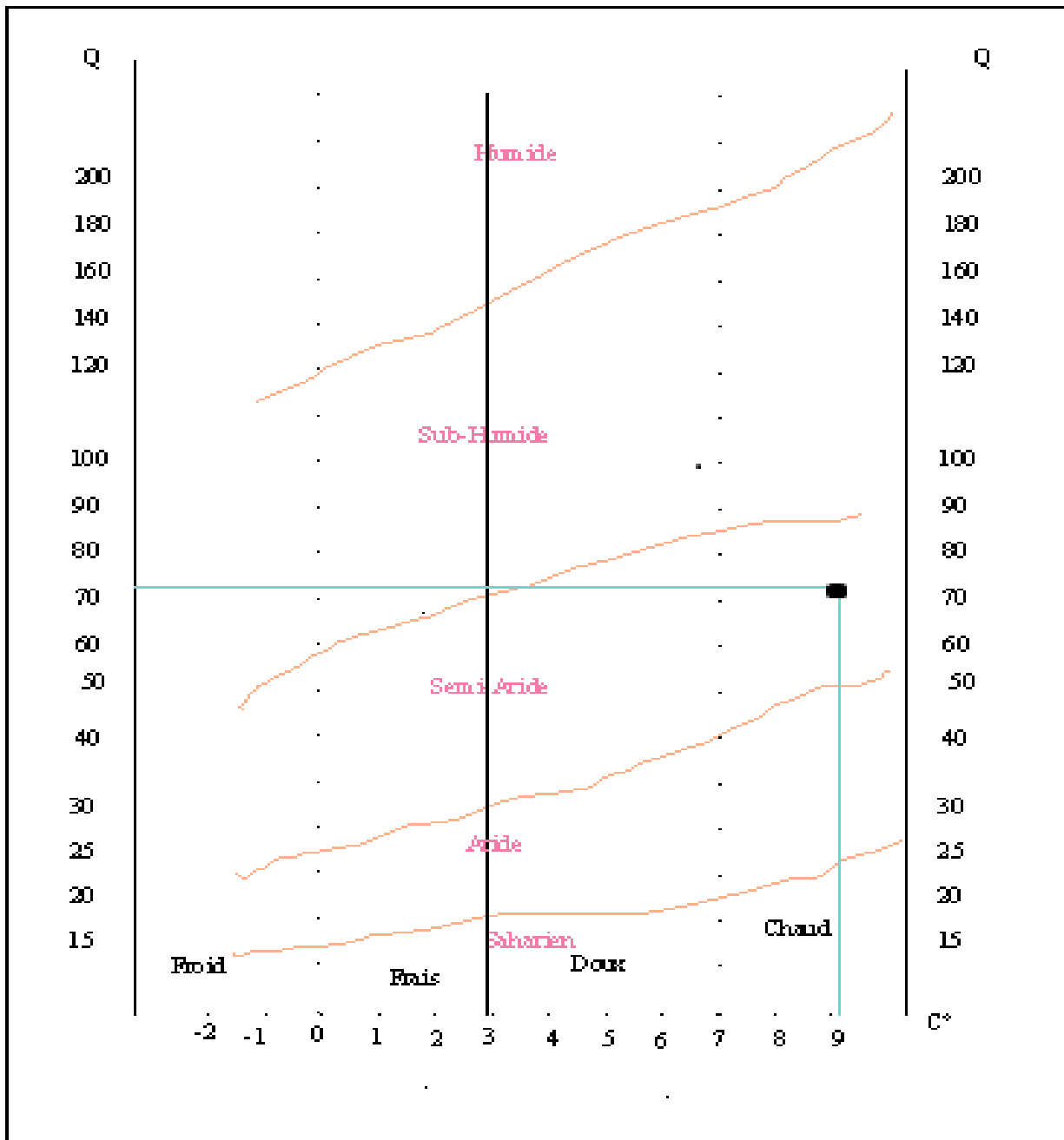


Figure I-5 : climogramme pluviométrique d'EMBERGER

D'après le diagramme bioclimatique d'EMBERGER (Figure I-5), on peut dire que le climat de notre région est sub-humide à semi-aride. Dans ce cas l'irrigation est indispensable dans la plus part des cas.

### I-3-3 / Diagramme ombrothermique de Gausсен

C'est une représentation graphique de variation des précipitations et des températures en fonction du temps (mois) qui nous permet de déterminer la période où l'irrigation est indispensable (période sèche).

Dans notre cas l'irrigation est indispensable à partir de la fin Avril jusqu'au début octobre (Figure I-6)

L'étude de la combinaison précipitation- température , et d'après la méthode d'Emberger, nous a permis de caractériser le climat.

La pluviométrie moyenne annuelle est de 567.12 mm/an, et la période pluvieuse débute normalement à partir du mois d'Octobre pour se terminer au mois de Mai. Par contre les mois les plus secs sont Juillet et Août.

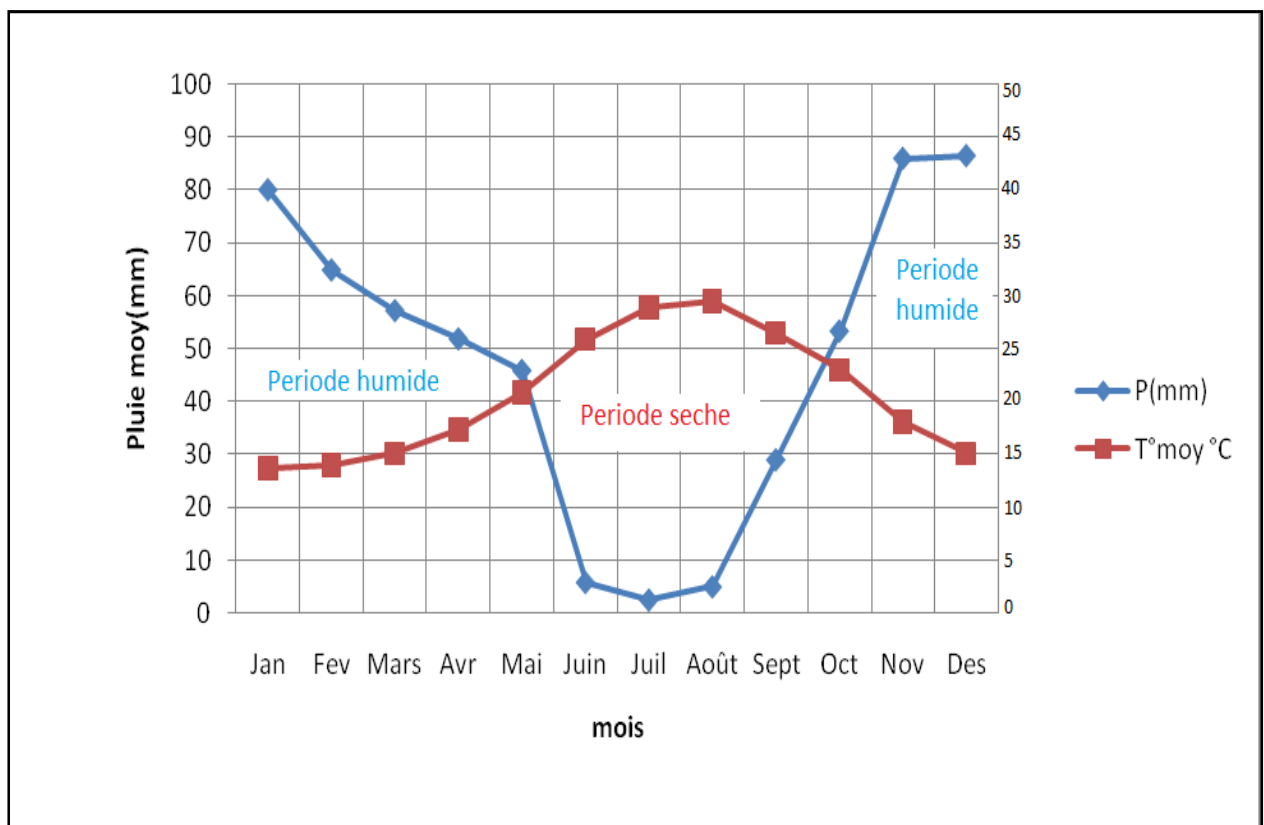


Figure I-6 : Climogramme ombrothermique de GAUSSEN

## **I-4 Caractéristiques de la région**

### **I-4-1 Géologie**

La parcelle à étudier est une partie de la plaine de la Mitidja, vaste bassin sédimentaire, limité par deux barrières continues étirées suivant la direction ENE, WSW, il s'agit du bourrelet saharien au Nord et du massif de Blida au sud.

De nombreux problèmes stratigraphiques et tectoniques restent posés dans cette région, ces problèmes se posent particulièrement dans l'Atlas qui présente peu d'intérêt hydrogéologique.

#### **• Stratigraphie**

Il s'agit de la succession des couches, de leurs âges ainsi que de la nature lithologiques des roches. La structure géologique de la région permet de distinguer deux étages :

– Un étage inférieur formé par le crétacé inférieur et le Miocène.

– Un étage supérieur formé par le pliocène marin, le pliocène continental et les dépôts quaternaires.

### **I-4-2 Géomorphologie**

Du nord au sud de la région de la Mitidja, on peut définir trois unités géomorphologiques :

- Le sahel

Il correspond à un ensemble de collines, formant la limite nord de la plaine de la Mitidja où l'altitude moyenne est de 200 mètres. La pente moyenne est de 4,5%, ce qui favorise les ruissellements des eaux et empêche de ce fait une grande partie à s'infiltrer.

- La plaine de la Mitidja

Au sud du Sahel, s'étend la plaine de la Mitidja d'une superficie de 1450 km<sup>2</sup> orientée WSW – E.N.E. Elle est limitée par l'Atlas Blidéen au sud, son altitude moyenne varie de 50 à 100 mètres, la pente dans la plaine tend vers zéro, ce qui favorise l'infiltration des eaux, là où les conditions géologiques le permettent (formation de surface perméable).

- L'Atlas.

La chaîne de l'Atlas forme sur 30 km environ une barrière continue où l'altitude moyenne est de 1400 mètres, certains sommets peuvent atteindre 1600 mètres. Les reliefs y sont escarpés et les oueds très encaissés, la pente atteint par endroits 30% ce qui favorise surtout l'écoulement superficiel.

### **I-4-3 Hydrogéologie**

La zone de la Mitidja est constituée par des alluvions villafranchiens de faible perméabilité.

Après la sécheresse, l'alimentation des nappes est faible et le pompage des eaux souterraines a créé un rabattement de la nappe.

Le niveau aquifère se trouve à une profondeur de 20m en moyenne.

Il est constitué de gravier, de sable, et d'une faible proportion d'argile. La nappe est libre et repose sur un substratum argileux imperméable.

### **I-5 Hydrologie**

#### **I-5-1 Réseau hydrographique**

Pour un observateur qui se place au point le plus haut de la Mitidja, il aperçoit vers le nord une vaste plaine traversée par plusieurs cours d'eau, appelés oueds.

Ces oueds sont alimentés soit par l'intermédiaire des sources ou par les eaux de ruissellement et les précipitations atmosphériques quand ces dernières tombent régulièrement.

D'après l'ANRH, ces oueds ont des débits très irréguliers, d'une façon générale, ils sont secs en été, et coulent très fort après chaque averse en hiver.

#### **I-5-2 Les Oueds**

##### **b) Oued Bouroumi**

L'Oued Bouroumi prend sa source sur le versant du Mont Zaccar, les affluents des monts Guettala et Gadet Ben Zradib, où il porte le nom d'Oued Djemââ, au niveau de la commune de Boumedfaa il devient Oued Essebt, au niveau de la commune d'El Affroun il s'appelle Oued Bouroumi. Cet oued a un bassin versant de 150 Km<sup>2</sup> de surface, son lit est large, sa longueur moyenne est de 36 Km, son apport moyen annuel est de 26 Mm<sup>3</sup> et un débit de 7 Mm<sup>3</sup>/an. Sa vitesse moyenne est de 3,5 m/s, sa pente est relativement faible est d'environ 1,8 ‰.

##### **b)-Oued Djer**

L'Oued Djer prend sa source au niveau du Djebel El Gantas draine les eaux de ses affluents qui sont Oued Zeboudj et Oued El- Hammam. Au nord ouest de la commune d'El AFFROUN, il rejoint Oued Bouroumi pour déverser plus au nord avec Oued Chiffa dans l'Oued Mazafran qui coule directement dans la mer. Cet oued a un bassin versant de 340 Km<sup>2</sup> de surface, un lit très large d'environ 30 m, son apport moyen annuel est de 60 Mm<sup>3</sup> avec un débit de 94 Mm<sup>3</sup>/an.

Sa pente moyenne de 4 ‰ il a une vitesse moyenne de 4 m /s, en période d'étiage elle baisse énormément.

### **I-5-3 Ajustement à la loi normale (Gauss)**

Dans cette méthode la procédure consiste à :

- Classer les valeurs des précipitations annuelles par ordre décroissant.
- Calculer les fréquences empiriques des valeurs observées par la formule

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

Avec :

n : numéro d'ordre

N : nombre d'années observées

On doit calculer :

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

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

La variable réduite de gauss :  $U = \frac{X - \bar{X}}{\delta}$

Le coefficient de variation :  $Cv = \frac{\delta}{\bar{X}}$

Pour les calculs on a utilisé le logiciel Hydrolab, les résultats obtenus sont représentés dans la figure I-7 et le tableau suivant.

Tableau I-9 : Ajustement à la loi normale

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence Expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
641.9	342.6	1	0.016	-2.142	342.6	320.45	260.32	367.25
495.9	365.5	2	0.048	-1.661	365.5	361.81	304.03	407.35
612.4	367.6	3	0.081	-1.401	367.6	386.38	330.29	431.34
478.8	378.4	4	0.113	-1.211	378.4	405.34	350.60	450.04
863.1	388.9	5	0.145	-1.057	388.9	421.41	367.81	466.07
609.4	421.8	6	0.177	-0.925	421.8	435.73	383.09	480.52
738.3	439.7	7	0.210	-0.807	439.7	448.89	397.07	493.97
367.6	459.6	8	0.242	-0.700	459.6	461.25	410.13	506.76
525.5	478.8	9	0.274	-0.600	478.8	473.05	422.50	519.14
388.9	495.9	10	0.306	-0.506	495.9	484.45	434.36	531.27
503.7	503.7	11	0.339	-0.416	503.7	495.59	445.85	543.28
695.7	517	12	0.371	-0.329	517	506.56	457.06	555.29
459.6	525.5	13	0.403	-0.245	525.5	517.46	468.07	567.40
439.7	551.3	14	0.435	-0.162	551.3	528.35	478.96	579.69
681.6	551.5	15	0.468	-0.081	551.5	539.32	489.80	592.25
797.7	552.7	16	0.500	0.000	552.7	550.43	500.64	605.18
378.4	556.3	17	0.532	0.081	556.3	561.78	511.57	618.58
695.4	565.3	18	0.565	0.162	565.3	573.44	522.66	632.57
551.3	590.1	19	0.597	0.245	590.1	585.52	533.98	647.29
421.8	609.4	20	0.629	0.329	609.4	598.11	545.62	662.89
556.3	612.4	21	0.661	0.416	612.4	611.35	557.68	679.55
365.5	640.3	22	0.694	0.506	640.3	625.41	570.29	697.52
793.6	641.9	23	0.726	0.600	641.9	640.48	583.62	717.11
640.3	681.6	24	0.758	0.700	681.6	656.87	597.87	738.74
517	695.4	25	0.790	0.807	695.4	674.95	613.35	763.03
551.5	695.7	26	0.823	0.925	695.7	695.34	630.52	790.88
342.6	738.3	27	0.855	1.057	738.3	718.97	650.07	823.74
565.3	767.3	28	0.887	1.211	767.3	747.47	673.22	864.17
590.1	793.6	29	0.919	1.401	793.6	784.15	702.41	917.32
552.7	797.7	30	0.952	1.661	797.7	837.39	743.79	996.53
767.3	863.1	31	0.984	2.142	863.1	945.47	824.99	1 163.87

Fréquence	U de Gauss	Valeur théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0.200	-0.841	445.04	392.99	490.02	445.037	0.2	1.3
0.500	0.000	550.43	500.64	605.18	550.435	0.5	2.0
0.800	0.841	680.79	618.30	770.96	680.794	0.8	5.0

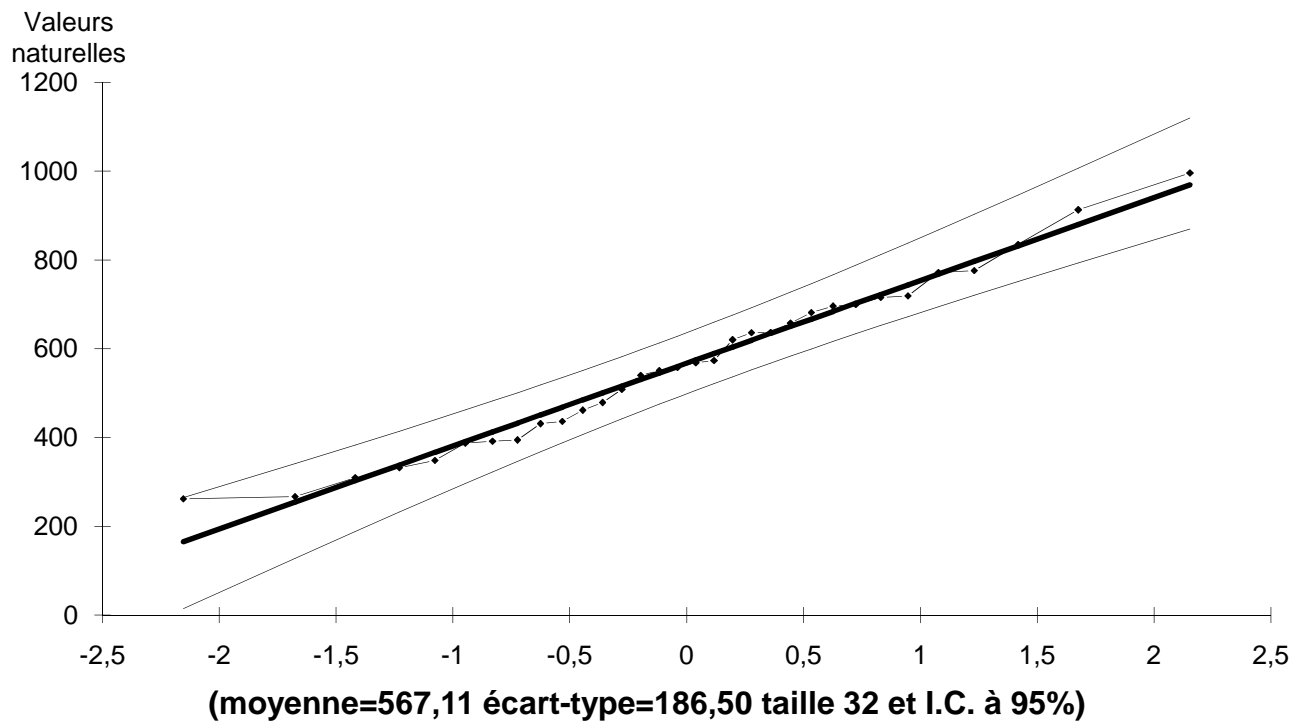


Figure I-7 : Ajustement à une loi Normale

On remarque que le tracé du graphe (figure I-7) indique un bon ajustement de notre série par la loi normale.

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

Les précipitations mensuelles sont calculées par la relation suivante

$$P_{m80\%} = P_m \times (P_{80\%} \div P_{50\%})$$

$P_m$  : pluie mensuelle pour chaque mois.

Tableau I-10 : précipitations mensuelles

Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juillet	Out	Sebt	Oct	Nov	Dec	année
Valeur(mm)	64.77	52.50	41.42	41.94	37.11	4.66	1.98	3.99	23.43	43.15	69.58	69.98	454.51

### **I-6 Ressources en eau superficielles.**

Le périmètre de la Mitidja ouest tranche II est alimenté essentiellement par deux (2) barrages Bouroumi et Boukerdane .

Le secteur A est alimenté par la station de pompage d'El Affroun à partir du barrage de Bouroumi

#### **▪ Barrage de Bouroumi**

C'est une retenue dont la hauteur totale est de 115 m avec une capacité de 188 Hm<sup>3</sup> et un volume régularisé de 107H m<sup>3</sup>, quant au volume délivré au périmètre, il est de 62 Hm<sup>3</sup>.

Il se localise à 8 km à l'Est du village Boumadfaa, il est construit sur l'oued Bouroumi et reçoit également les eaux de O . Chiffa, O. Harbil, et O. Djer.

### **I-7 Pédologie**

Concernant l'alimentation en eau des plantes, le sol joue le rôle d'un réservoir .Les caractéristiques de ce dernier et son mode de fonctionnement sont importants à connaître.

De ce fait le dimensionnement du réseau d'irrigation est facilité pour l'ingénieur hydraulicien .

#### **I-7-1 La pédologie de la zone d'étude**

La typologie des sols de notre parcelle d'après l'ANRH est représentée dans le tableau suivant



Tableau I-11 :Pédologie du sol

Classe	Sous classe	Groupe	Sous groupe	Famille	Series
Sesquioxydes de fer	Sols rouges formes sous climat de type méditerranéen	Sols rouges peu lessives	vertique	Alluvion anciens ou alluvions colluvions	sur encrouement calcaire
Calcimagnésiques	Sols carbonatés	Brun calcaire	modal	Alluvions colluvions	sur sol noircis enterré
Sols peu évolués	Non climatique	D'apport alluvial	modal	Alluvions calcaires	profond

Source A.N.R.H Blida

Tableau I-12 : Fiche analytique de sol

N°	Type du sol	Profondeur (cm)	Granulométrie					Complexe absorbant (meq/100g de sol)					
			A %	$L_f$ %	$L_g$ %	$S_f$ %	$S_g$ %	$Ca^{++}$	$Mg^{++}$	$K^+$	$Na^+$	T	
												Profond (cm)	valeur
1	ses	0-40	43	30	10	8	5	24	2	0.32	0.43	0-35	11
		40-75	38	34	10	8	5	22	3	0.23	0.43	35-50	8
		75-120	48	28	8	7	5	20	4	0.17	0.43	50-80	18
2	Calcimagné	0-30	48	35	6	5	12	33	3	0.24	0.38	0-30	20
		30-70	49	36	6	5	1	34	3	0.20	0.43	30-60	18
		70-110	53	34	5	3	1	35	5	0.20	0.54	60-110	20
3	peu évolués	0-22	33	45	16	5	1	32	3	0.86	0.76	0-30	16
		22-53	33	43	17	4	0	31	3	1.14	0.64	30-65	16
		53-84	37	42	3	18	0	36	5	0.97	0.32	65-110	16
		84-115	40	54	3	0	0	29	4	1.52	0.15	-	-

Matière organique					Solution du sol		Caractéristiques physiques		
M (%)	C (%)	N (%)	C/N	(Total) <i>Caco</i> <sub>3</sub>	CE (mmhos/ cm)	PH	Profon d	<i>PF</i> <sub>4.2</sub>	<i>PF</i> <sub>3</sub>
1.02	6.00	0.91	1.00	0.80	0.51	7.76	0-35	9.40	14.6
0.83	5.20	0.78	7.00	0.80	0.49	7.20	35-50	8.30	13.6
0.86	5.10	0.75	7.00	0.40	0.90	6.60	50-80	15.0	18.6
1.64	9.70	1.36	7.00	10.8	0.58	7.90	0-30	-	22.7
1.42	8.40	0.99	8.00	11.4	0.37	8.00	30-60	-	23.8
1.17	6.90	0.89	8.00	9.40	0.35	8.08	60-110	-	26.5
1.53	9.00	0.94	10.0	26.62	0.62	7.90	0-30	10.6	21.8
1.45	8.50	0.89	10.0	25.32	0.49	8.00	30-65	11.4	20.8
0.73	4.30	0.66	7.00	27.61	0.70	8.14	65-110	12.6	21.7

Source ANRH

## **I-7-2 Etat physique du sol**

Les propriétés physiques du sol sont liées à deux notions fondamentales: la texture et la structure.

### **Texture**

La texture du sol caractérise la nature, la taille et la distribution des particules solides qui la constituent.

Qualitativement, elle peut s'apprécier par le "toucher" du matériau sol, qui peut être grossier et rugueux, en fin et moelleux. On parle aussi de "terres lourdes" ou de "terres légères" selon qu'elles sont plus ou moins difficiles à travailler.

Quantitativement, elle s'exprime par l'analyse granulométrique qui décrit les proportions relatives des diverses tailles des particules solides.

Les résultats de cette analyse permettent de classer un sol en utilisant, soit le triangle textural équilatéral de l'U.S (conservation soil service) soit le triangle textural rectangulaire recommandé par le GEPPA (groupe d'étude des problèmes pédologie appliqué), soit enfin la courbe granulométrique

D'après la fiche analytique précédente nous constatons que la texture est à dominance argilo limoneuse, ce sol est très pauvre en matière organique

### **Structure**

La structure du sol caractérise la façon dont sont associées les particules élémentaires solides en agrégats.

C'est de la structure du sol que découlent directement des propriétés telles que la porosité qui est le rapport du volume des vides du sol et volume total exprimé en %, la cohésion, l'ameublissement. La structure se prête moins facilement que la texture à des analyses quantitatives.

### **Perméabilité**

La perméabilité c'est la faculté qu'à un sol à laisser circuler l'eau plus ou moins facilement ou définie par sa vitesse d'infiltration qui est la quantité maximale d'eau qui peut traverser le sol dans un temps donné; on l'exprime en général en mm/h.

On peut définir en fonction de la valeur de K exprimée suivant diverses unités différentes classes de perméabilité.

Tableau I-13 :Différentes classes de perméabilité

Type du sol	Vitesse d'infiltration k			
	cm/s	mm/h	m/s	m/j
Sols imperméables	$10^{-5}$	0.36	$10^{-7}$	0.00864
Sols peu perméables	$10^{-4}$	3.6	$10^{-6}$	0.0864
Sols moyennement perméables	$10^{-3}$	36	$10^{-5}$	0.864
Sols perméables	$10^{-2}$	360	$10^{-4}$	8.64
Sols très perméables	$>10^{-2}$	$>360$	$>10^{-4}$	$>8.64$

Tableau I-14 :Nature du sol et sa valeur de K

Nature de sol	K (mm/h)
Très argileux	<1,2
Argileux	1.2 à 1.5
Limoneux	5 à 20
Limono-Sableux	60 à 120

On peut classer la nature de sol suivant sa valeur de perméabilité.

D'après le tableau précédent, on voit donc que la perméabilité d'un sol dépend beaucoup de sa texture.

Les sols à texture fine étant les moins perméables; mais pour un sol donné, la perméabilité dépend également de sa structure.

La méthode qui est utilisée dans le laboratoire de l'A.R.N.H est la méthode de Henin.

Pour un sol peu évolué  $K=3.10^{-6}$  m/s

## **Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons étudié les conditions naturelles qui nous ont amenée au résultat suivant :

- Les différents paramètres que nous venons d'étudier indiquent que la plaine de la Mitidja n'est pas assez homogène sur le plan climatique. La pluviométrie présente une certaine hétérogénéité dans le temps et l'espace. Lors de cette dernière décennie le climat est devenue chaud, qui nous amène à dire que nous sommes à la limite entre le climat sub-humide et semi aride étant donné que la Mitidja était toujours dans le climat sub-humide, en conséquence l'irrigation est indispensable dans une période large, malheureusement elle ne coïncide plus avec la campagne d'irrigation.

- Pour beaucoup de pays comme pour la Mitidja, les eaux superficielles constituent la principale source d'eau d'irrigation malgré les ressources existantes ; toute mise en valeur agricole dépendra de l'emploi rationnel et le contrôle périodique des ces sources en eau disponibles, l'utilisation inapproprié de cette dernière ou dans les endroits où cette ressource est rare ou inexistante, l'irrigation sera insuffisante pour intensifier les cultures et augmenter leur rendement.

*CHAPITRE II*  
*ETAT ACTUEL*

## **II Introduction**

Dans le cadre d'amélioration de la gestion et de l'exploitation de l'irrigation de la Mitidja ouest-tranche II, par projection d'une variante d'adduction gravitaire vers le secteur A , il est indispensable de faire une description générale du périmètre, des ouvrages de tête existants et de la source d'alimentation(réservoir, station de pompage,...).

### **II-1 Ouvrages de tête**

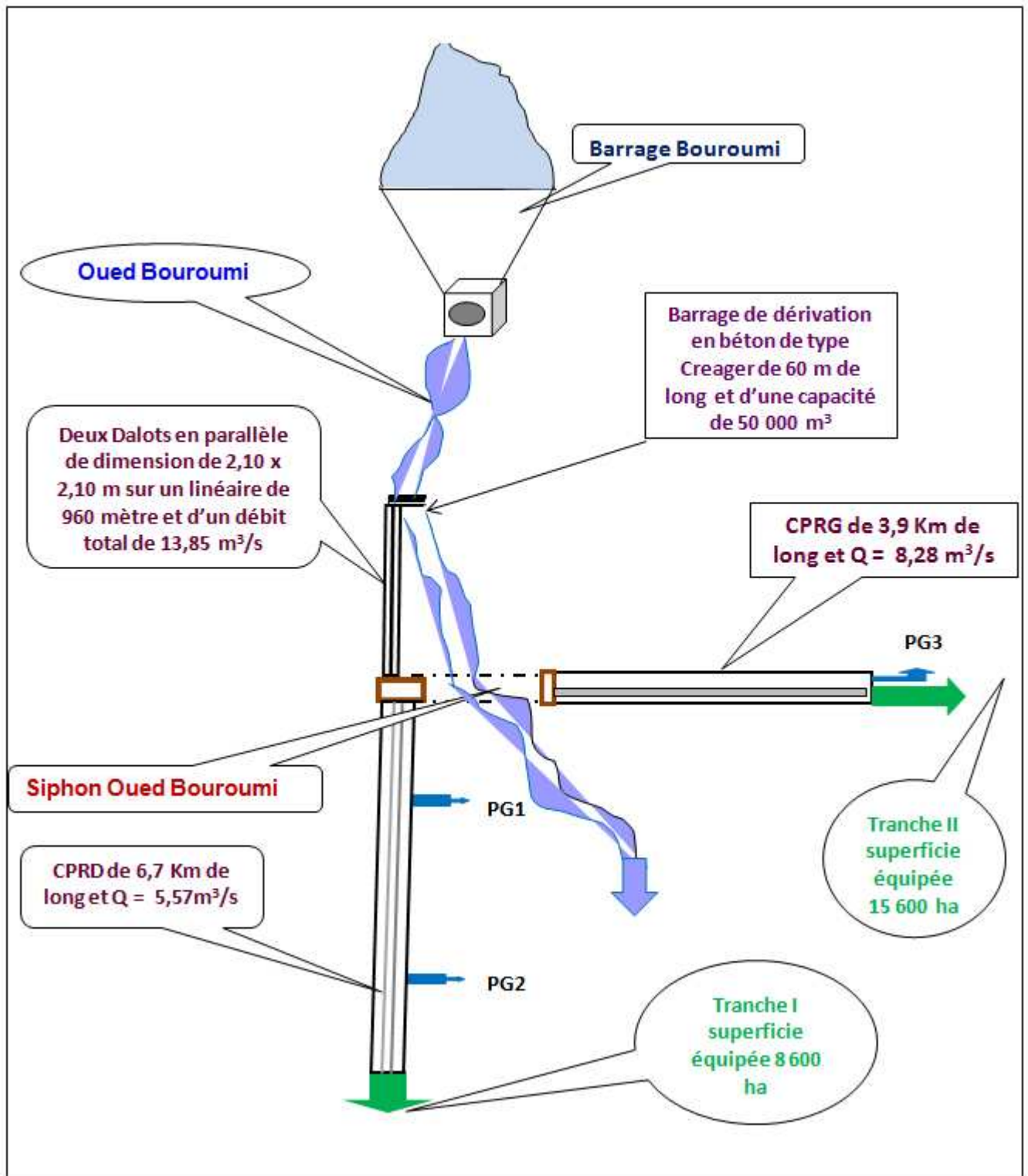
On rencontre dans le réseau d'irrigation un nombre assez grand, d'ouvrages et d'appareils variés. Certains ne sont pas particuliers à l'irrigation, tels que fossés d'assainissement, siphons inversés..., d'autres en sont par contre typiques, telles que les conduites, bornes d'irrigation.

Le projet Mitidja ouest se compose d'une série d'ouvrages qui ont pour but de capter et conduire l'eau nécessaire avec un débit de  $13,85 \text{ m}^3/\text{s}$  au total et de  $5,57 \text{ m}^3/\text{s}$  pour la tranche 2.

L'ensemble des ouvrages de tête comprend :

- barrage de prise ;
- dalot en charge ;
- partiteur ;
- canaux rive droite et rive gauche.

La figure suivante présente d'une manière explicative le schéma hydraulique de ces ouvrages.



Source : ONID Bordj Elbahri

Figure II-1 : Schéma hydraulique des ouvrages de tête du périmètre d'irrigation de la Mitidja Ouest



## **II-2 Equipement du périmètre**

- Un canal principal rive gauche de longueur 3.9 Km et de débit 7.92 m<sup>3</sup>/s.
- Un réseau d'adduction et de distribution réalisé en conduites en béton et âme tôle pour les diamètres 2000-600mm et amiante ciment pour les diamètres inférieurs à 600 mm:
  - Un réseau d'irrigation par pompage
  - Un réseau d'irrigation par gravité
  - Deux Adducteurs
  - Un réseau d'assainissement et de pistes
  - Trois (03) stations de pompage, trois (03) réservoirs de régulation et une prise gravitaire.

## **II- 3 Réseaux d'irrigation**

### **II-3-1 /Secteurs irrigués par pompage**

**Le secteur A ( 2450 ha)** d'El-Affroun irrigué par pompage, se trouve dans les territoires des communes d'El-Affroun en grande partie et également dans les communes de Bouroumi, Mouzaia et de Ahmeur El-Ain.

Le secteur A est irrigué à partir de la station de pompage d'El-Affroun avec un débit en tête de **1428 l/s**.

Cette station se trouvant sur le canal rive gauche alimente en eau le secteur A par la branche A en béton et amiante ciment ( 9 774ml et diam.200mm à 1000mm ) et par la sous branche AA en amiante ciment ( 1380ml et diam.400mm ) en passant par le réservoir de régulation de capacité globale **492 m<sup>3</sup>**

**Le Secteur B (2330 ha)** se trouve dans les communes de Ameur El-Ain et de Bourkika.

Le secteur B est irrigué à partir de la station de Lalla-Aicha, équipée de trois pompes avec un débit en tête de **995 l/s**.

Cette station est alimentée en eau par l'adducteur haut qui à son tour dessert le réseau du secteur B par la branche B en béton et en amiante ciment (8 031ml et de diam.de 150 à 1000mm) en passant par le réservoir de régulation de capacité globale **460 m<sup>3</sup>**.

**Le Secteur C (3020 ha)** se trouve en totalité dans la commune de Hadjout.

Le secteur C est irrigué par pompage à partir de la station de Hadjout (**1369 l/s**) alimentée par la conduite en béton du transfert de Boukerdane en diam. 1250mm.

Cette station dessert le réseau du secteur Hadjout par la branche C en béton et amianté ciment ( 7 340ml et de diam. 200 à 1000mm ) en passant par le réservoir de régulation de capacité globale **488 m3**.

### **II-3-2 Secteurs irrigués par gravité**

**Le secteur D (3620 ha)** se trouve dans les communes d'Attatba en grande partie et également dans la commune d'El-Affroun.

Le réseau du secteur D est alimenté par la branche D d'un linéaire de 18 050 m conduite béton et amianté ciment de diam. allant de 200 à 1250mm.

La branche D avec un débit en tête de **2268 l/s** prend son départ au niveau de la chambre de vannes AD1 sur l'adducteur bas (équipée d'une vanne de sectionnement de diam.1250mm et d'un by-pass de diam.200 mm).

**Secteur E (1750 ha)** se trouve dans la commune de Ameer El-Ain

Ce secteur est alimenté par la branche E. Cette branche E avec un débit en tête de **730 l/s** prend son départ de l'adducteur bas au niveau de la chambre de vannes AD2, équipée d'une vanne de sectionnement de diam. 800 mm et un by-pass de diam. 150 mm.

**Secteur F (650 ha)** se trouve dans la commune de Ameer El Ain

Le secteur F est desservi par la branche F avec un débit en tête de **245 l/s** à partir de la chambre de vanne AD3 se trouvant sur l'adducteur bas (équipée de vanne de sectionnement de diam. 400 mm et d'un by-pass de diam. de 100 mm ).

**Secteur G (1780 ha)** se trouve en grande partie dans la commune de Sidi – Rached et également dans la commune de Bourkika.

Le secteur G est alimenté par la branche G qui prend son départ à la fin de l'adducteur bas avec un débit en tête de **619 l/s**.

### **II-3-3 Adducteurs**

#### **C) Adducteur haut**

L'adducteur haut a un débit en tête de 995 l/s desservira la station de pompage de Lalla – Aicha qui alimente à son tour le secteur B.

Il est de 15265 m de longueur, composé d'une conduite en âme tôle et en fretté béton en diam 900, 1000 et 1200 mm) et prend son départ de la prise gravitaire N°3 équipée de filtre à tambour et d'une vanne survitesse de diam 1200 mm.

#### D) Adducteur bas

L'Adducteur bas a un débit en tête 3 862 l/s alimente les secteurs D, E, F, et G.

Il est de 14730 m de longueur, se compose d'une conduite en âme tôle et en fretté béton de diamètres 1000 ,1500 et 2000 mm .Il prend son départ de la prise gravitaire N° 3 en parallèle avec l'adducteur haut, équipé à sa tête d'un filtre à tambour et d'une vanne survitesse de diam . 1800 mm.

Sur le parcours des deux adducteurs, cinq chambres de vanne sont réalisées (AD0, AD1, AD2, AD3 et AD 4) dont les quatre premières sont équipées d'un maillage entre les deux adducteurs.

#### II-4 Barrage Bouroumi .

Le barrage de Bouroumi est la principale ressource en eau du périmètre. Il se trouve à 8 km à l'Est du village de Bou-Medfaa dans la wilaya de Blida .Il est implanté dans le défilé rocheux que traverse l'Oued Bouroumi avant de rejoindre la plaine de la Mitidja .Il offre une capacité totale de retenue de 220 millions de m<sup>3</sup>( selon Agence nationale des barrages), permettant ainsi la régulation des eaux de son propre bassin versant augmentée par celle de trois autres oueds principaux de la région : Chiffa, Harbil, Djer .Ils permettent d'assurer l'irrigation de Mitidja Ouest. La partie occidentale de la plaine de la Mitidja était destinée pour une agriculture moderne et florissante.

Le tableau suivant indique les ressources en eau disponible pour l'irrigation de la mitidja ouest ;dont le bouroumi

Tableau II-1: ressources en eau disponible pour la Mitidja ouest.

Périmètre	Origine de la ressource	Volumes lâchés Mm <sup>3</sup>	Volume en tête du réseau Mm <sup>3</sup>	Efficiencie du réseau	Volume distribués Mm <sup>3</sup>
1Tranche	Bouroumi	44.92	35.94	75%	28.75
2Tranche					
Total	Bouroumi	44.92			

Source ONID Ahmar el Ain

Tableau II-2 : Analyse chimique de l'eau de barrage de Bouroumi.

DDP	Ca	Mg	Na	k	cl	So <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Hco <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Co <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	OH	No <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PH	CE	SiO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	O <sub>2</sub> mg/L	DCO	MES à 105° C
10/01/11	108	55	70	10	98	328	186	0	0	9	7,5	1.4	0	0	0,051	0	7,3	5	36
07/02/11	83	48	120	9	96	326	183	0	0	8,8	7,8	1.5	5,4	0,151	0,302	0	8,2	9	27
07/03/11	77	48	131	10	86	331	201	0	0	7,3	7,7	1.3	2,1	0,226	0,432	0	8,8	26	13
12/04/11	102	49	84	8	76	323	207	0	0	7,6	7,8	1.14	5,6	0	0,065	0	4,7	19	11
15/05/11	96	40	136	7	84	343	201	0	0	9,7	8	1.5	0,6	0,278	0,035	0,918	7,1	18	8
08/06/11	94	59	69	5	80	333	220	0	0	6,4	8,2	1.2	0,6	0,268	0,044	0,089	7,6	33	3
18/07/11	78	47	105	7	72	279	214	0	0	4,9	8	1.10	1,1	0,079	0,01	0,187	10,6	18	9
10/08/11	70	49	91	4	88	340	189	0	0	5,3	7,7	1.2	0,6	0,23	0,092	0,181	7,9	8	19
13/09/11	75	52	116	14	80	330	183	0	0	4	7,9	1.25	0,3	0,099	0,068	0	7,8	28	13
11/10/11	90	39	130	1	89	344	192	0	0	8,9	7,9	1.3	0,6	0,196	0	4,826	7,8	9	20
13/11/11	93	71	29	21	73	358	146	0	0	7,8	7,7	1.2	0,6	0,099	0,33	0,376	8,6	17	22
14/01/12	91	42	104	8	103	341	229	0	0	7,2	7,7	1.3	0,6	0	0	0,327	7	10	6
13/02/12	94	46	102	7	85	341	220	0	0	7,5	7,6	1.5	1,3	0,364	0,282	0,233	7,4	19	48
12/03/12	96	47	80	8	76	275	214	0	0	7,4	7,8	1.1	2,6	0,285	0,558	0,196	7,3	19	145

Source : ANRH Blida

## Le SAR

L'index utilisé est le rapport d'adsorption du sodium (SAR) qui exprime l'activité relative des ions de sodium dans les réactions d'échange dans les sols. Cet indice mesure la concentration relative du sodium par rapport au calcium et au magnésium. Le S.A.R est calculé par la formule suivante :

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

$Na^+$ ,  $Ca^{++}$  et  $Mg^{++}$  ce sont les quantités des cations exprimées en meq/l

Ci après le graphe permettant de voir l'évolution du SAR en fonction du temps.

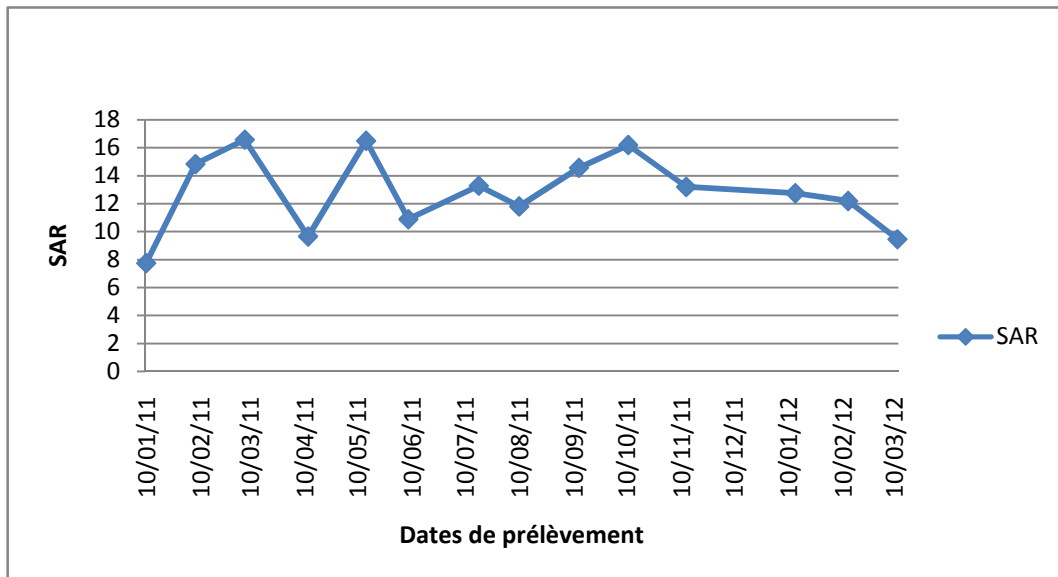


Figure II-2 : Variation de SAR en fonction des dates de prélèvement

## L'alcalinité.

On remarque dans ce graphe que le SAR n'est pas constant dans le temps et que sa valeur varie de 8 jusqu'à 17 environ, cela dénote un caractère moyen d'alcalinité qui peut dans le temps créer des problèmes de dégradation des sols..

## La salinité.

La conductivité électrique moyenne CE est d'environ de 1.26 mmho / cm. l'eau du barrage de Bouroumi, est de salinité moyenne correspondant à la classe 3 ( $C_3$ ) de la classification américaine de RIVERSIDE. Cette valeur n'a pas beaucoup d'effet sur les cultures tolérantes, mais elle influe sur les cultures sensibles.

## Le PH

Le PH du barrage de Bouroumi tourne autour de 7.8, légèrement alcalin valeur convenant à la plupart des cultures pratiquées.

### II-5 Description du secteur A

Le secteur A (2450 ha) se situe dans le territoire de la commune d'El Afroun en grande partie et dans les communes de Bouroumi et d'Ahmar *El Ain*.

L'alimentation en eau et les volumes attribués à ce secteur sont les suivants :

Tableau II-3 : Volume prévisionnels selon disponibilité

Origine des ressources	Capacité Mm <sup>3</sup>	Volume mort Mm <sup>3</sup>	Volume exploitable Mm <sup>3</sup>	Volume au 27-03-2012				
				2008	2009	2010	2011	2012
Bouroumi	182	5.54	176.46	21.6	39	40	48	110
Boukerdane	105	9.5	95.5	26.5	23.6	32	38	56.5

Source : ONID Ahmar el Ain

Tableau II-4 : Equipements du réseaux et ouvrages associés pour le secteur A :

Secteur	Superficie équipée (ha)	Conduite en FB et FTI (ml) ø 600 à 2000 mm	Conduite en AC (ml) ø 100 à 500 mm	Borne type B (u)	Borne type A (u)	Borne type C (u)	Ventouse (u)	Soupape de décharge (u)	Chambre de vannes (u)
A	2 450	4 755	97 364	87	35	812	62	17	8

Source : ONID Ahmar el Ain

## II-6 Fonctionnement hydraulique



Figure II-3 : Vue générale de canal rive gauche et la station de pompage El-Affroun.

### II-6-1 Canal rive gauche

Le canal rive gauche s'étend de l'extrémité du dalot jusqu'à la station de pompage d'El Affroun, d'une longueur de 3.9 Km, Le canal fait transiter un débit de  $7,92 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### II-6-2 Station de pompage d'EL Affroun .

- La station de pompage d'El-Affroun est située sur le canal rive gauche du côté gauche du canal. Elle assure l'écoulement du pompage dans une direction perpendiculaire à l'axe du canal vers le réservoir puis le secteur A.
- La station est construite en béton armé d'une longueur 18,10 m et d'une largeur 8,20 m.
- La profondeur maximale d'eau à l'intérieur de la station est de 3,05 m et le débit nominal est de  $1,60 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- La station est équipée en grilles, filters à Tambour rotatif et de 04 pompes.
- Les 03 pertuis peuvent être bâtarisés à l'amont et à l'aval grâce à des rideaux constitués d'éléments préfabriqués qui seront mis en place dans des rainures verticales ménagées dans les Bajoyers.

\* Indépendamment de cet ouvrage sont associés les éléments suivants :

- Un massif en gros béton qui outre son rôle de butée au départ du refoulement supporte le ballon anti - bélier.
- Un bâtiment logeant les installations électriques, les organes de commandes. Un bureau et des sanitaires.
- Un logement destiné au chef d'exploitation.
- Un logement pour chef de station
- Un logement pour gardien
- Une clôture en dure avec 04 guérites.
- Un poste police en dur
- Un podium

Tableau II-5: Caractéristiques de la station de pompage d'El Affroun

<b>Caractéristiques</b>	<b>Valeurs/observations</b>
Nombre de pompes	04 pompes
Fluide pompé	Eau du barrage
Densité	1 kg/cm <sup>2</sup>
Débit	1440 m <sup>3</sup> /h
Hauteur d'élévation de la pompe	41,90 m
Puissance absorbée	242 KW
Vitesse de rotation	1 480 tr/min
Vue à partir de l'entraînement	A droite
Entraînées par :	Moteur électrique
Puissance de la machine d'entraînement	300 KW
Vitesse de la machine d'entraînement	1 480 tr/min

Source ONID Ahmar el Ain





Figure II-4 :Vue proche de la station de pompage.

- **Etat actuel de la station de pompage El-Affroun**

- Seulement deux pompes par quatre fonctionnent à cause du manque des pièces détachées.
- Usure rapide des équipements ( pompes, vannes, roues,...) car les eaux utilisées sont des eaux brutes contenant des grains et des sables puisque elles viennent directement de la rive gauche .
- Consommation importante de l'énergie électrique.
- cette station n'assure pas l'irrigation totale du secteur A, en 2012, la superficie irriguée était 1022 ha ce qui représente environ 40% de la superficie équipée.



Figure II-5 :Vue proche d'une roue endommagée.

### II-6-3 Réservoir d'El – Affroun

- Cet ouvrage est situé sur une crête du côté ouest de la station et exactement à une distance de 250 m.
  - Cet ouvrage se présente sous forme circulaire semi enterré réalisée en béton armé dont le diamètre intérieur est de 12,5 m et une hauteur intérieure de 4,01 m.
  - La capacité globale de cet ouvrage est de  $492 \text{ m}^3$ .
  - La profondeur maximale d'eau à l'intérieur du réservoir est de 2,91 m et le débit de refoulement est de  $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ .
  - Le réservoir est équipé d'une vanne à survitesse  $\Phi 900$ .
- \* Indépendamment du corps de cet ouvrage sont associés :
- Un ouvrage d'évacuation de trop plein.
  - Une clôture en dure.
  - Trois ouvrages abritant l'appareillage



Figure II-6 : Vue de loin du réservoir El-Affroun.

#### **II-6-4 Prise gravitaire N°3**

La prise gravitaire PG3 est située à l'aval du canal rive gauche et à l'amont des deux adducteurs HAUT et BAS avec une cote de terrain naturel de 135 m. Elle assure la bifurcation de l'écoulement dans une direction parallèle à l'axe du canal vers les secteurs D.E.F.G (Adducteur Bas) et le secteur B (Adducteur Haut).

- L'ouvrage se présente sous forme de deux prises contiguës mais indépendantes, Symétriques par rapport à l'axe du canal longitudinal. Cette structure est imposée Par la nécessité de loger en parallèle deux filtres à Tambour.

- La prise est équipée en grilles, en filtres à Tambour rotatif et vannes à survitesses.

- Les six pertuis peuvent être bâtardes à l'amont et à l'aval grâce à des rideaux constitués d'éléments préfabriqués qui seront mis en place dans des rainures verticales ménagées dans les bajoyers .

- L'ouvrage est construit en béton armé d'une longueur 27,6 m et d'une largeur 17,22 m

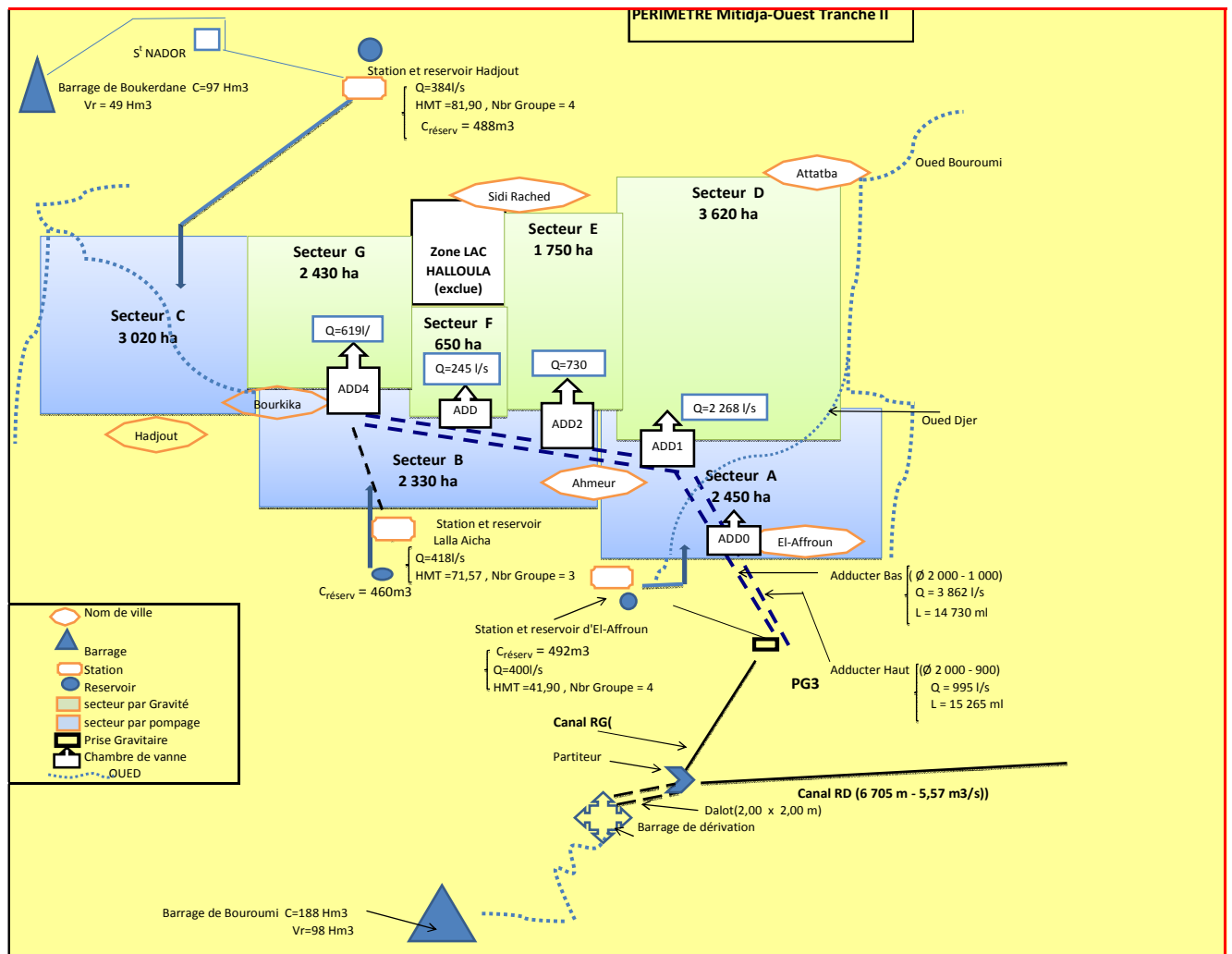
- La profondeur maximale d'eau à l'intérieur de la prise est de 3,15 m et le débit nominal est de 6,85 m<sup>3</sup>/s

\* Indépendamment de cet ouvrage sont associés :

- Une clôture au pourtour.

- Une loge pour le gardien de la prise.

La figure (II-7) présente les équipements de la tranche II par un schéma explicatif .



Source ONID Ahmar El-Ain

Figure II-7 : schéma hydraulique explicatif des équipements de la tranche 2

Comme nous l'avons mentionné plus haut le secteur A est irrigué à partir du canal de la rive gauche. la superficie équipée est de 2450 ha mais seul 1022 ha sont irrigués en 2012.

L'eau pour chaque îlot arrive par l'intermédiaire de bornes qui elles mêmes sont alimentées par des conduites.

### II-8-1 Conduites

Conformément à l'avant projet détaillé, les longueurs des conduites en fonction des diamètres dans le secteur A du périmètre d'étude étaient comme suit :

(Longueur en m).

Tableau II-6: Caractéristiques des conduites d'après les études.

Secteur	Béton précontraint $\varnothing > 600$ mm	Amiante- ciment $\varnothing < 600$ mm	Total
A	6922	37941	44863

Source : ONID 2012

### II-8-2 Les bornes

Les bornes implantées au niveau du secteur sont réparties ainsi.

Tableau II-7: Répartition des bornes d'irrigation dans le secteur A

Secteur	Type A	Type B	Total type A + type B
A	35	87	122

Source : ONID, 2012

En réalité, il existe 136 bornes mais seulement 122 qui fonctionnent actuellement.

Le type de borne est fonction des surfaces desservies, donc du débit caractéristique.

### II-8-3 Chambres de vannes

Elles sont aménagées sur les conduites principale et secondaire. Le réseau comporte 10 au total, réparties dans le secteur A.

Les chambres de vannes contiennent :

- des vannes papillon pour les conduites ( $\varnothing > 300$  mm);
- des vannes à opercule pour les conduites ( $\varnothing < 300$  mm).

Avec des by-pass, des soupapes anti-bélier, des ventouses, des vidanges et des trous d'homme pour les grands diamètres. Pour l'entretien, ou tout impératif de démontage chaque chambre de vanne est équipée d'un capot de visite et d'une échelle métallique.

### II-8-4 Soupapes de décharge anti-bélier

Aménagées pour chaque vanne de sectionnement, qui lors de sa fermeture, engendre des surpressions, les soupapes de décharges sont destinées à écrêter les surpressions accidentelles importantes et éventuellement celles engendrées par la manœuvre des bornes d'irrigation les plus proches.

### **II-8- 5 Ventouses**

Installées sur les pans les plus hauts des conduites, les ventouses sont destinées à évacuer les poches d'air.

Le regard de ventouse (Ø 1 000 ou 1 500 mm) est constitué de :

- ventouse automatique placée sur une manchette ;
- robinet vanne ;
- les vidanges : Elles sont aménagées sur les points bas des grosses conduites.

Le regard de vidange (Ø1 000 mm) comprend :

- une vanne à opercule ;
- tubulure en acier ;
- pièces de raccordement.

Les ventouses et les vidanges sont équipées d'un capot de visite métallique.

### **II-8-6 Réseau d'irrigation actuel**

L'alimentation en eau des cultures selon les besoins a été prévue au moyen de l'irrigation par aspersion. L'irrigation par aspersion au moyen de matériel semi mobile et mobile, alimenté par des prises hydrantes installées le long de chaque antenne.

### **Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons décrit l'état actuel du réseau d'adduction et de la situation actuelle de secteur « A » qui nous ont amenée aux résultats suivant :

Les eaux du barrage sont acceptables pour l'irrigation des cultures, à part les cultures sensibles (agrumes,...) auxquelles il faut prendre des précautions.

La station de pompage fonctionne avec deux pompes par quatre à cause d'une panne.

La consommation d'énergie est très élevée et l'entretien des appareils coûte très cher.

*CHAPITRE III*  
*CALCUL DES BESOINS EN EAU*

### **III Introduction**

Le présent chapitre, se propose de quantifier les besoins en eau des cultures sur la base des informations définies auparavant, conditionnant la conception de notre projet tels que : les conditions climatiques, systèmes agronomiques, potentialités des sols, l'eau disponible, fertilité des sols.

#### **III-1 les culture envisageable**

Afin de quantifier les besoins en eau des cultures, il faut étudier et prévoir l'évolution de la répartition culturelle de la situation existante et celle projetée dans le périmètre. Ce passage permettra l'augmentation des superficies occupées par les cultures rémunératrices, tels que : le maraîchage en plein champ, ainsi que l'arboriculture fruitière, avec tendance vers les arbres a entrée rapide en production.

Les cultures fourragères en vert, sont développées afin de redynamiser la production laitière. Les céréales par contre, seront maintenues avec des superficies très réduites par rapport à celles rencontrées actuellement ; elles seront cultivées pour des raisons purement agronomiques. La gamme des cultures envisageables, compte tenu des caractéristiques édaphoclimatiques est très large :

##### **III-1-1 Maraîchages**

Ces cultures font partie de la tradition actuelle des agriculteurs. Leurs superficies n'ont pas pu connaître des extensions en raison de l'insuffisance de la ressource en eau mobilisée et de l'irrégularité du régime pluviométrique avec l'irrigation. Cette pratique connaîtra un avenir très promettant.

##### **III-1-2 arboriculture**

Les cultures pérennes tels que ; poiriers, pommiers, pêchers et olivier, ont tendance à augmenter en Algérie au cours de la dernière décennie. On retiendra pour le périmètre étudié, une croissance des plantations d'olivier, ainsi qu'une augmentation sensible du reste de l'arboriculture fruitière (pêcher, pommier).

##### **III-1-3 Céréaliculture**

Elle sera maintenue grâce au le rôle positif qu'elle joue dans la rotation des assolements et compte tenu des limitations pédologiques. Cette culture continuera donc à exister, avec des superficies un peu plus réduites.



### **III -2 Besoin en eau des cultures**

Les besoins nets d'irrigation sont déterminés par la relation suivante.

$$\mathbf{B = Peff + RFU - ETM \quad (mm)}$$

B : besoins nets d'irrigation.

ETM : évapotranspiration maximale des cultures.

Pe<sub>eff</sub> : pluie efficace. Etant la fraction de pluie qui réellement contribue à l'alimentation de la plante.

L'évapotranspiration maximale des cultures est donnée par la formule suivante.

$$\mathbf{ETM = ET_0 \times K_c}$$

ET<sub>0</sub>: évapotranspiration de référence.

K<sub>c</sub> : coefficient cultural.

L'évapotranspiration des cultures peut être définie en trois sortes :

#### **III-2-1 Evapotranspiration réelle ETR.**

C'est la quantité d'eau réellement perdue sous forme de vapeur d'eau par une surface ou un couvert végétal, exprimée généralement en mm/jour.

L'ETR dépend :

- de la culture considérée,
- du stade phénologique de cette culture,
- du contenu en eau du sol,
- des conditions météorologiques observées.

#### **III-2-2 Evapotranspiration maximale ETM.**

C'est la valeur de l'ETR dans le cas d'une bonne alimentation en eau de la plante. Lorsque l'eau n'est plus un facteur limitant au niveau de l'absorption racinaire, la régulation stomatique est minimale et l'évapotranspiration est maximale.

L'ETM dépend :

- de la culture considérée,
- du stade phénologique,
- des conditions météorologiques observées.

#### **III-2-3 Evapotranspiration potentielle ETP.**

C'est une valeur de l'évapotranspiration de référence pouvant représenter la demande climatique. On la définit comme l'évapotranspiration d'un couvert végétal bas, contenu et

homogène dont l'alimentation en eau n'est pas limitante et non soumise à limitation d'ordre nutritionnel, physiologique ou pathologique.

Vu la complexité de la mise en œuvre d'un dispositif de mesure directe de l'ETP (par un évapotranspiromètre ou lysimètre) de nombreux auteurs ont cherché à établir des expressions reliant l'ETP aux éléments du climat. Certaines formules résultent d'ajustement statistiques (Thornthwaite, Blaney Criddle, Turc, Espinar, Riou,...), d'autres résultent d'un raisonnement physique basé sur le bilan énergétique sous certaines hypothèses (Penman, Bouchet, Brochet-Gerbier, Penman-Monteith)

### III-3 Pluies efficaces

Après avoir étudié les précipitations dans le chapitre I.

Les pluies efficaces sont prises à 80% des précipitations totales

Tableau III-1: pluie efficace

Mois	Jan	Fev	Mars	avril	Mais	Juin	Juillet	Out	Sept	Oct	Nov	Dec	année
<b>Pluie (mm)</b>	64.77	52.50	41.42	41.94	37.11	4.66	1.98	3.99	23.43	43.15	69.58	69.98	454.51
<b>Efficace (mm)</b>	51.82	42.00	33.14	33.55	29.69	3.73	1.58	3.19	18.74	34.52	55.66	55.98	363.60

Source ANRH

### III-4 Calcul de l'ETO

#### III-4-1 Définition du logiciel utilisé (CROPWAT)

C'est un logiciel d'aide à la gestion de l'irrigation. Il a été mis au point par la FAO. Ce logiciel permet le calcul des besoins en eau et des quantités d'eau d'irrigation nécessaires aux cultures. Il offre également la possibilité de développer un calendrier d'irrigation en fonction de diverses pratiques culturales, d'évaluer les effets du manque d'eau sur les cultures et l'efficacité de différentes pratiques d'irrigation.

Tableau III-2 : résultats de calcul l'ETP par le logiciel de CROPWAT.

<b>Evapotranspiration de référence ET<sub>0</sub> de penman-Monteith</b>						
Pays : Algérie		Station climatique : Chiffa			(30) ans	
Altitude : 100 mètres		Coordonnées : 36.00LN			2°.00LE	
<b>Mois</b>	<b>Tom moy (°c)</b>	<b>Humidité (%)</b>	<b>Vent m/s</b>	<b>Insol. heures</b>	<b>Radiation MJ/m<sup>2</sup>.Jour</b>	<b>ET<sub>0</sub>. PenMon mm/jour</b>
<b>Janvier</b>	13.7	76	3	9.8	13.1	0.95
<b>Février</b>	14.0	76	3	11	17.1	1.69
<b>Mars</b>	15.1	73	3	11.6	21.6	2.65
<b>Avril</b>	17.4	71	3	11.8	25.2	3.67
<b>Mai</b>	20.9	70	3	14.3	30.4	4.98
<b>Juin</b>	25.9	67	3	14.5	31.2	5.77
<b>Juillet</b>	28.9	64	3	14.4	31.9	6.01
<b>Août</b>	29.5	70	3	13.7	28.6	5.64
<b>Septembre</b>	26.5	69	3	12.9	24.1	4.15
<b>Octobre</b>	23.0	70	2	11.5	18.9	2.62
<b>Novembre</b>	18.1	73	3	10.5	14.3	1.33
<b>Décembre</b>	15.1	79	4	9.8	12.2	0.84
<b>Moyenne</b>	20.7	71	3	12.10	22.30	3.36

### III-4-2 Rotation et assolements

Pendant la période sèche, l'absence ou l'insuffisance des ressources hydriques réduit et rend impossible la pratique d'une deuxième culture.

Le retour fréquent des cultures de la même famille sur la même parcelle, favorise nettement la prolifération et le développement des maladies et parasites spécifiques, cas de Nématodes chez les Solanacées ainsi que l'apparition de certaines espèces de mauvaise herbes.

La répartition d'occupation des sols, relative aux cycles cultureux retenus pour le projet, est tracée dans le calendrier ci-dessous :

Tableau III-3: les cultures en place sur le secteur A.

Mois	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juill	aout	sept	oct	nov	dec
Agrumes												
Pomme de terre			S			R						
Pasteque					S			R				
Carotte	R										S	
Tomate			S						R			
Oignons			S			R						
Céréale						R					S	

S = Semis

R=Récoltes

Le calcul des besoins en eau de chaque culture est établi suivant la formule du bilan hydrique.

$$B = Peff + RFU - ETM$$

$$RFU = (Hcc - Hpf) \cdot Z \cdot Y$$

( Hcc - Hpf ) = 180 mm pour l'arboriculture.

Z : l'enracinement = 1.2 m pour les agrumes.

Y = 2 / 3 pour l'arboriculture et égale à 1/3 pour les maraichages.

Les besoins sont :

Tableau III-4 : Besoin en eau d'irrigation pour les céréales.

Mois	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juill	aout	sept	oct	nov	dec
ETO (mm)	29.45	47.32	82.15	110.1	149.40	173.10					39.90	26.40
Kc	0.7	0.7	1	1.15	0.7	0.7					0.5	0.6
ETM (mm)	20.62	33.12	82.15	126.62	104.58	121.17					19.95	15.62
Peff (mm)	51.82	42	33.14	33.55	29.69	3.73					55.66	55.98
RFU (mm)	120	120	120	71	0	0					120	120
B (mm)	151.20	129	71	-22	-75	Recolte						

Tableau III-5: Besoin en eau d'irrigation pour les agrumes.

Mois	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juill	aout	sept	oct	nov	dec
ETO (mm)	29.45	47.32	82.15	110.1	149.40	173.10	180.30	169.20	124.50	78.60	39.90	26.40
Kc	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	1.1	1.1	0.9	0.8	0.5	0.5
ETM (mm)	11.78	18.93	41.08	66.06	89.64	121.17	198.33	186.12	112.05	62.88	19.95	13.20
Peff (mm)	51.82	42	33.14	33.55	29.69	3.73	1.58	3.19	18.74	34.52	55.66	55.98
RFU (mm)	144	144	144	136	103	43.05	0	0	0	0	0	35.70
B (mm)	184.04	167.07	136.06	103.55	43.6	-74.39	-196.75	-182.93	-93.31	-28.36	35.7	78.50

Tableau III-6 : Besoin en eau d'irrigation pour la pomme de terre.

Mois	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juill	aout	sept	oct	nov	dec
ETO (mm)			82.15	110.1	149.40	173.10						
Kc			0.5	1.1	0.8	0.8						
ETM (mm)			41.08	121.11	119.60	138.48						
Peff (mm)			33.14	33.55	29.69	3.73						
RFU (mm)			24	16	0	0						
B (mm)			16	-71.56	-89.94	-134.7						

Tableau III-7: Besoin en eau d'irrigation pour la pastèque.

Mois	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juill	aout	sept	oct	nov	dec
ETO (mm)					149.40	173.10	180.30	169.20				
Kc					0.4	0.6	1	0.65				
ETM (mm)					59.76	103.86	180.30	109.98				
Peff (mm)					29.69	3.73	1.58	3.19				
RFU (mm)					24	0	0	0				
B (mm)					-6.07	-100.13	-178.70	-106.80				

Tableau III-8: Besoin en eau d'irrigation pour la carotte.

Mois	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juill	aout	sept	oct	nov	dec
ETO (mm)	29.45										39.90	26.40
Kc	1										0.5	0.5
ETM (mm)	29.45										19.95	13.02
Peff (mm)	51.82										55.66	55.98
RFU (mm)	24										24	24
B (mm)	46.37										59.70	66.96

Tableau III-9 : Besoin en eau d'irrigation pour la tomate.

Mois	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juill	aout	sept	oct	nov	dec
ETO (mm)			82.15	110.1	149.40	173.10	180.30	169.20	124.50			
Kc			0.2	0.6	0.9	1	1.1	1.1	0.9			
ETM (mm)			16.43	66.06	134.46	173.10	198.33	186.12	112.05			
Peff (mm)			33.14	33.55	29.69	3.73	1.58	3.19	18.74			
RFU (mm)			36	36	4	0	0	0	0			
B (mm)			52.71	3.49	-100.8	-169.4	-196.7	-182.9	-93			

Tableau III-10 : Besoin en eau d'irrigation pour l'oignon.

Mois	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juill	aout	sept	oct	nov	dec
ETO (mm)			82.15	110.1	149.40	173.10						
Kc			0.6	0.8	1	0.6						
ETM (mm)			49.29	88.08	149.40	103.86						
Peff (mm)			33.14	33.55	29.69	3.73						
RFU (mm)			24	8	0	0						
B (mm)			7.85	-46.53	-119.7	-100.1						

Tableau III-11 : Besoin en eau totaux d'irrigation pour l'assolement réalisé (en mm)

mois cultures	janv	fév	mar s	avril	mai	juin	juill	aout	sept	oct	nov	dec
Agrumes						73.84	196.75	182.93	93.31	28.36		
Pomme de terre				71.56	89.94	134.7						
Pastèque					6.07	100.13	178.70	106.80				
Tomate					100.8	170.4	196.7	182.9	93			
Oignons				46.53	119.7	100.1						
Carottes												
Céréales				22	75							
Besoins totaux				140	391.51	578	572	473	186.31	28.36		

On remarquera que certaines cultures comme la carotte n'ont pas besoin d'apport d'eau, la pluviométrie couvre leur besoins.les céréales sont en principe non irriguées mais le calcul du bilan hydrique fait ressortir un mois ou l'irrigation est indispensable ; il serait propice d'irriguer afin d'améliorer le rendement et la qualité du grain.



Ainsi les besoins totaux de l'assolement sont de :

$$\sum \text{Besoins} = 2372 \text{ mm} \quad \text{soit} \quad 23720 \text{ m}^3 / \text{ha}$$

Pour la parcelle choisie la superficie de cet assolement est de 566.47 ha, donc le volume d'eau nécessaire est :

$$V = 23720 \times 566.47 = 13.44 \text{ Mm}^3.$$

### III-4-2 Rotation des assolements .

Débit spécifique continu Qsp calculé au période de pointe basé généralement sur la satisfaction de la culture la plus exigeante en eau.

$$Q_{sp} = \frac{B \times 10 \times 1000}{NH \times NJ \times 0.75 \times 3600}$$

B : besoin en eau.

NH : nombre d'heures de travail.

NJ : nombre de jours de travail.

0.75 : l'efficience.

$$Q_{sp} = \frac{578 \times 10 \times 1000}{20 \times 26 \times 0.75 \times 3600} = 4.11 \text{ l/s/ha.}$$

**Qsp** est supérieur à 1.5, donc on calcule le débit spécifique par rapport à la culture la plus exigeante en eau au mois de pointe.

La culture la plus exigeante est les agrumes, et ses besoins max sont de 198.75mm

$$Q_{sp} = \frac{196.75 \times 10 \times 1000}{20 \times 26 \times 0.75 \times 3600} = 1.41 \text{ l/s/ha.}$$

## **Conclusion**

L'évaluation quantitative des besoins en eau d'irrigation, nécessite de prendre en compte l'information météorologique. Ceci est réalisé par l'intermédiaire des variables pluies (mesurée) et ETP (calculée)

En définitif, le mois de pointe est le mois de Juillet avec un débit de 1.41 l/s/ha, c'est-à-dire on dimensionne la conduite d'adduction à partir de ce débit.

*CHAPITRE IV*  
*DIMENSIONNEMENT A LA*  
*PARCELLE*

## **IV Introduction**

L'étude théorique de l'irrigation des parcelles permet de donner une approche théorique concernant la conduite de l'irrigation à la parcelle (à l'aide des calculs de la dose, fréquence, durée d'arrosage) accomplis par le dimensionnement de chaque réseau (pour les deux techniques).

### **IV-1 Les techniques d'arrosage**

Le choix de la technique d'arrosage est basé essentiellement sur l'abondance de la ressource en eau et les conditions naturelles rencontrées à savoir : la nature du relief, la vitesse du vent, la nature du sol et la répartition adéquate de l'eau d'irrigation pour que la plante tire le plus de profit.

Les différentes techniques d'arrosage rencontrées dans le monde peuvent être ramenées à (3) grands types :

- Irrigation gravitaire.
- Irrigation par aspersion.
- Irrigation localisée.

#### **IV-1-1 Irrigation gravitaire**

Le ruissellement de l'eau créer par la pente du terrain naturel humecte le sol par percolation à travers ses pores. Cependant l'action des deux forces gravitationnelle et capillaire sur l'eau dans le sol la laisse en mouvement ce qui donne sa répartition dans le sol.

Parmi les techniques d'arrosages gravitaires on distingue :

##### **a) l'arrosage par ruissellement (par planches ou par calant)**

L'irrigation par planches ou par calant 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.

##### **b) l'arrosage par infiltration (à la raie)**

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

##### **c) L'arrosage par submersion**

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

développement des cultures.

✓ **Avantages de l'irrigation par gravité**

- Coût moins élevé par rapport aux autres procédés.
- Pas d'équipements de mise en surpression de l'eau.
- Matériel d'irrigation très réduit.

✓ **Inconvénients de l'irrigation par gravité**

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

#### **IV-1-2 Irrigation par aspersion**

L'eau parvient aux cultures sous forme de pluies artificielles grâce à des appareils alimentés en eau sous pression appelés (asperseurs).

✓ **Avantages de l'irrigation par aspersion**

- Ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer.
- Augmentation du coefficient d'utilisation des terres.
- Permet une économie d'eau importante.
- Met à la disposition des exploitants des conditions d'arrosage très simples.
- Nécessite moins de main d'œuvre .
- Possibilité d'automatisation du système.
- Assure une forte oxygénation à l'eau.

✓ **Inconvénients de l'irrigation par aspersion**

- Coût des investissements très élevé.
- Favorise l'évapotranspiration en période sèche.
- L'uniformité de l'arrosage se dégrade en cas de vents dépassant les 4 à 5 m/s.

#### **IV-1-3 Irrigation par apports localisés**

L'eau est distribuée à la surface du sol par des goutteurs qui fournissent un débit faible pendant une longue durée.

✓ **Avantages de l'irrigation localisée (goutte à goutte)**

- Une économie d'eau très importante.
- Une économie de main d'œuvre (système fixe).
- La non sensibilité aux vents forts.
- Elle permet un dosage régulier en engrais.

-L'humidité au voisinage des racines reste élevée.

✓ **Inconvénients de l'irrigation localisée (goutte à goutte)**

-Risque d'obstruction des goutteurs.

-Risque de salinisation.

-Nécessite une main d'œuvre qualifiée.

-Coût élevé.

-Contrôle difficile des goutteurs

#### **IV-2 Choix de la technique d'arrosage**

Le recule des ressources en eau que connaît notre pays ces dernières décennies causé par le manque de précipitations nous oblige à être très attentif à l'utilisation du peu de ressource dont nous disposons. Par conséquent et en dépit des difficultés qui s'annoncent pour mettre en vigueur les techniques d'arrosage par l'aspersion et la micro irrigation, ces dernières s'avèrent obligatoires. Ce pendant le model le plus approprié de l'aspersion pour les cultures maraîchères est l'aspersion classique à moyenne pression.

#### **IV-3 Projection d'un système d'irrigation par aspersion classique sur une parcelle de pastèque**

On va projeter une installation d'aspersion semi-mobile comprenant une canalisation principale fixe et deux rampes mobiles. On a pris une parcelle de superficie égale à 4 ha.

#### **IV-4 Dimensionnement du réseau d'irrigation**

Compte tenu des caractéristiques du terrain et des besoins en eau des cultures. Nous calculons ci après les dimensions du réseau d'irrigation. Pour le choix de l'asperseur nous reprenons cependant les dimensions des asperseurs utilisés et disponible sur le marché.

#### **IV-4-1 détermination de la portée du jet , diamètre de la rampe et du diamètre de la conduite d'approche**

##### **IV-4-1-1 Le diamètre de l'ajutage :**

La perméabilité du sol  $K = 10.8$  mm/h.

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

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

$$p = \frac{1,5 \cdot d}{1,04} \quad d = \frac{1,04 \cdot p}{1,5} = \frac{1,04 \cdot 10,8}{1,5} = 7,49 \text{ mm}$$

En remarque que cette valeur de diamètre demande un débit important et une pression très grande au niveau de la buse. Mais en pratique, Le diamètre de la buse mesuré sur le terrain est égale à 3,8 mm .Alors, en va dimensionner avec la valeur mesurée.

#### **IV-4-1-2 La portée du jet (L) :**

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

$$L = 3 \cdot d^{0,5} \cdot h^{0,25}$$

Ou d : diamètre de la buse (mm)

h : pression à la buse (m)

$$L = 3 \cdot (3.8)^{0,5} \cdot (40)^{0,25} = 14.7 m$$

Nous prenons une pression de 40m de colonnes d'eau ; pression disponible sur le terrain.

#### **IV-4-1-3 Ecartements entre les rampes et arroseurs :**

Les normes américaines recommandent l'écartement maximum suivant :

E<sub>i</sub> entre les lignes d'arrosage : 1,3 à 1,02 L.

E<sub>a</sub> entre les arroseurs sur la rampe : 0,8 à 0,5 L.

L:c'est la porté du jet.

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

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

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

$$E_l = 1,02 \cdot 14,7 = 15m$$

$$E_a = 0,80 \cdot 14,7 = 11,76m$$

On prend les valeurs normalisées des écartements.

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

#### IV-4-1-4 Débit de l'asperseur :

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

$$q = 0,95 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = 0,95 \cdot \frac{3,14 \cdot (3,8 \cdot 10^{-3})^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 40} = 1,09 m^3 / h$$

Vérification de la pluviométrie de la buse :

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

$$p = \frac{q}{E_l \cdot E_a}$$

$$D'où p = \frac{1,09}{18 \cdot 12} = 5,05 mm/h$$

Donc le diamètre d de la buse assurera une pluviométrie  $P \leq K=10.8mm/h$ .

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

$$T = \frac{dose}{p}$$

Tel que:

La dose est de 24 mm

$$P=5.05mm/h \text{ d'où } T = \frac{24}{5.05} = 4,7heurs$$

#### IV-4-1-5 La fréquence d'arrosage

La fréquence des arrosages est le nombre d'irrigation par mois, elle sera d'autant plus grande que la valeur du tour d'eau est faible.

$$N = 30 / 4.7 = 6 \text{ fois par mois}$$



#### IV-4-1-6 Nombre de position des rampes :

$$N_r = \frac{L}{E_l} = \frac{240}{18} = 13$$

L: largeur de la parcelle = 240m,

E espacement entre les rampe (=18m).

Le nombre de position égale à 13.

#### IV-4-1-7 La rampe

Longueur de la rampe  $L_r = L - E_a / 2 = 167 - 12 / 2 = 161$  m.

Nombre d'asperseurs =  $L_r / E_a = 161 / 12 = 14$  asperseurs

Nombre de rampes = 2.

Le débit de la rampe = le débit de l'asperseur  $\times$  le nombre d'asperseur/ rampe.

Le débit =  $1.09 \times 14 = 15,26$  m<sup>3</sup>/h.

Donc le débit d'installation égale à 15,26m<sup>3</sup>/h (4,24l/s).

#### IV-4-1-8 Diamètre de la rampe :

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

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

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

On suppos que  $V = 1 m/s$  et on calcule  $D_R$

$$D_R = \sqrt{\frac{4 \cdot 4.24 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 1}} = 0.0735 m = 73.50 mm, \text{ si on prend le diamètre normaliser } (D_R = 70 mm)$$

La nouvelle vitesse sera

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 4.24 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot (70 \cdot 10^{-3})^2} = 1.10 m/s$$

#### IV-4-1-9 La conduite d'approche

La longueur de la conduite d'approche est calculée par :

$$L_{CA} = E_R \cdot Np = 18 \cdot 13 = 230 \text{ m}$$

Puisque on a deux porte rampes, donc le débit qui traverse la rampe est le double qui traverse la conduite d'approche  $Q=15.26*2 = 30.52\text{m}^3/\text{h}$  (8,48l/s).

#### IV-4-1-10 Perte de charge

On utilise la formule de HAZEN ET WILLIAMS exprimé par :

$$\Delta H = \frac{6.806 \cdot l \cdot Q_R^{1.852}}{CHW^{1.85} \cdot D_R^{4.87}} \quad \text{CHW dépend de la nature de la conduite}$$

Tableau IV-1: coefficient de HAZEN et williams

Nature de la conduite	CHW
P.V.C	150
Extremement lisse et droit	140
Très lisse	130
Bois lisse	120
Parois vitrifiées	110
Aciers revité en service	100
Fonte en service	95
Tuyau en service (mauvais état)	60 à 80
Petits tuyaux à surface granuleuse	40 à 50
Acier galvanisé	136

On prend CHW =130 (tuyau très lisse en PE).

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau IV-2 : Résultat de dimensionnement du réseau

Paramètres	Conduite d'approche	Rampe
Longueur (m)	230	161
Diamètre (mm)	70	70
Débit (m <sup>3</sup> /h)	30.52	15.26
Perte de charge (m)	11.78	2.29

$$\Delta H_t = \Delta H_{AP} + \Delta H_{ram.}$$

$$\Delta H_t = 11.78 + 2.29 = 14.07 \text{ m}$$

#### IV-4-2 Pression à la tête de la parcelle

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

$$H = H_1 + H_2 + H_3$$

H : pression à la tête de la parcelle.

H1 : pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (4bar).

H2 : perte de charge totale de la rampe

H3 : la dénivelée. (0m. Terrain plat)

$$H = 40 + 14.07 + 0 = 54.07 \text{ m.}$$

P = 5.4 bars.

#### Conclusion

Après la détermination des besoins en eau d'irrigation, la 2<sup>ème</sup> partie consiste à choisir la meilleure technique d'arrosage qui est adapté avec les données qui caractérisent notre parcelle. la façon de distribuer l'eau aux plantes, la duré d'arrosage, la fréquence, le débit nécessaire représente le calcul de base d'un réseau d'irrigation par aspersion pour un îlot.

*CHAPITRE V*  
*ETUDE D'ADDUCTION*

## **V Introduction**

L'objectif de cette présente étude est d'acheminer les eaux de la prise gravitaire PG3 d'El-Affroun jusqu'à le réseau d'irrigation du secteur A afin de diminuer le cout d'exploitation et de sécuriser l'alimentation en eau du secteur en cas de panne au niveau de la station de pompage.

Le but recherché dans ce chapitre est d'établir un tracé qui répondra au recommandations du pose usuelle et permettra la plus adéquate exploitation.

### **V-1 types d'adductions**

D'après leur fonctionnement, les adduction peuvent être classées en trois groupes :

- Adduction gravitaire ;
- Adduction par refoulement ;
- Adduction mixte.

#### **V-1-1 Adduction gravitaire**

C'est une adduction où l'écoulement se fait gravitairement. On rencontre ce type d'adduction dans le cas où la source se situe à une côte supérieure à la côte piézométrique de l'ouvrage d'arrivée.

#### **V-1-2 Adduction par refoulement**

C'est une adduction où l'écoulement se fait sous pression à l'aide des machines hydro-électriques. On rencontre ce type d'adduction dans le cas où la source se situe à une côte inférieure à la côte piézométrique de l'ouvrage d'arrivée.

#### **V-1-3 Adduction mixte**

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

Dans notre cas, nous avons une adduction mixte, une partie par refoulement et une autre gravitaire.

## **V-2 Type d'écoulement**

On distingue deux types d'écoulement

- Ecoulement à surface libre
- Ecoulement en charge.

### V-2-1 Écoulement à surface libre

L'écoulement à surface libre sur un tronçon d'adduction est un cas fréquent, la conduite fonctionne comme un canal ouvert, l'eau n'atteint pas la partie supérieure des tuyaux. Cet écoulement est conditionné par la pente.

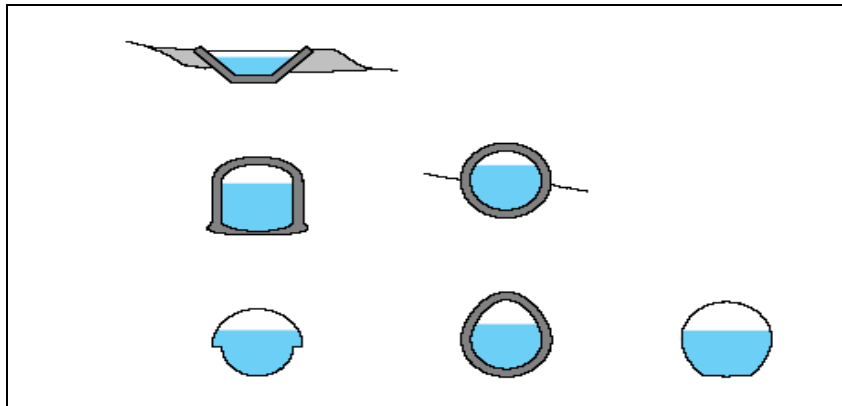


Figure V-1 : quelques formes de canaux

### V-2-2 Écoulement en charge

Un écoulement en charge correspond au fonctionnement d'une adduction sous pression. Ce dernier peut se faire gravitairement ou par refoulement, selon la position de la source par rapport à l'agglomération à alimenter.

### V-3 Critères de choix de tracé

- ✓ Il est important de chercher un profil en long aussi régulier que possible pour éliminer les contres pentes ;
- ✓ Dans le but d'économie du projet, le tracé doit être le plus court possible ;
- ✓ Éviter autant que possible la traversée des obstacles (routes, voies ferrées, canaux, oueds,...) ;
- ✓ Avoir un itinéraire aussi direct que possible ;
- ✓ Respecter les impératifs du profil en long avec le moins possible de sur profondeurs ;
- ✓ Le choix d'un tracé en bordure des routes et chemins présente un certain nombre d'avantages :
  - Travaux de terrassement et de provisionnement des tuyaux souvent moins onéreux ;
  - Accès facile aux regards contenant des appareils de robinetterie.

## **V-4 Choix du matériau des conduites**

Une conduite est constituée par des tuyaux assemblés les uns aux autres. Ces derniers peuvent être métalliques: fonte ductile, fonte grise, acier soudable, acier non soudable; à base de ciment: béton armé, amiante-ciment, béton précontraint en matière thermoplastique.

- Le choix du type de conduite se fait suivant un ensemble de critères d'ordre technique et économique à savoir:
- le diamètre
- la pression à supporter
- les conduites de manutention (transport, pose,..)
- agressivité du sol
- le prix et la disponibilité sur le marché.

### **V-4-1 Conduites en acier**

L'acier est un matériau apte à prendre en charge de grandes pressions, il est très sensible à la corrosion surtout qu'il s'agit de sol agressif, mais cela dit il est adéquat à tout type de terrains vu qu'il absorbe les efforts de pressions.

### **V-4-2 Conduites en fonte**

La fonte est un matériau apte à prendre en charge de grandes pressions, il n'est pas sensible à la corrosion et sa pose se fait sans grande contrainte.

Néanmoins elle nécessite beaucoup de pièces spéciales ainsi son prix devient onéreux mais acceptable par rapport à la longévité de la conduite

### **V-4-3 Conduites en PEHD**

Le PEHD est un matériau apte à prendre en charge de grandes pressions, il n'est pas corrodable, sa pose par soudeur électrique se fait sans grande contrainte. Néanmoins les grands diamètres supérieurs à  $\Phi 300$  mm sont commercialisés à l'heure Actuelle, ils nécessitent beaucoup de pièces spéciales ainsi son prix devient onéreux mais acceptable par rapport à la longévité de la conduite.

### **V-4-4 Conduites en amiante ciment**

L'amiante ciment reste déconseillé pour l'alimentation en eaux potables. Il nécessite beaucoup de pièces spéciales dont la disponibilité reste aléatoire.

Dans notre cas, on a choisi des conduites en fonte vu leur résistance et leur capacité à s'adapter à la nature terrain et donc le risque d'avoir des pressions importantes dans l'adduction, et plus de ces avantages, la disponibilité des grands diamètres sur le marché.

## **V-5 Calcul hydraulique**

On va dimensionner la conduite d'adduction en fonction du débit spécifique calculé par les besoins en eau de la culture la plus exigeante qui est égale à 1.41 l/s/ha.

### **V-5-1 Proposition des variantes**

Plusieurs scénarios peuvent être étudiés pour l'alimentation en eau et la projection de la conduite d'adduction gravitaire vers le secteur A.

#### **V-5-1-1 Variante N°1**

Le secteur A sera irrigué à 100 %, c'est-à-dire la totalité de la superficie qui est de 2450 ha.

Le débit caractéristique nécessaire est alors de  $Q = 1.41 * 2450 = 3.45 \text{ m}^3 / \text{s}$ .

La prise PG3 a un débit nominal de  $6.95 \text{ m}^3 / \text{s}$  et les débits en tête des deux adducteurs (haut et bas) sont respectivement  $0.995 \text{ m}^3 / \text{s}$  et  $3.86 \text{ m}^3 / \text{s}$ , ce qui implique qu'il reste que  $2.09 \text{ m}^3 / \text{s}$  et c'est pas du tout suffisant.

En plus, il y a une partie du secteur A qui se situe avant la PG3, alors, on ne peut pas l'alimenter gravitairement.

- **Recommandation**

Cette variante n'est pas valable car elle ne répond pas aux conditions de l'alimentation en eau de ce secteur.



### V-5-1-2 Variante N°2

Le secteur A sera irrigué à 60% de sa surface totale, c'est-à-dire une superficie

$$S_{\text{irr}}=0.6*2450=1470 \text{ ha.}$$

Le débit caractéristique est alors  $Q=1.41*1470=2.07 \text{ m}^3/\text{s}$

On propose la projection d'une conduite gravitaire provenant de la prise gravitaire PG3 parallèlement aux deux adducteurs (haut et bas) avec une déviation au niveau de la chambre de vanne ADO vers la chambre de vanne A1.

- **Recommandation**

Cette variante est plus valable et répond aux conditions actuelles.

### V-5-2 Dimensionnement de la conduite gravitaire

Le calcul des pertes de charge sera effectué par la formule de Darcy-Weisbakh dite formule universelle de la perte de charge :

$$\Delta H_t = \frac{\lambda * L * V^2}{D * 2g}$$

Sachant que  $Q=V*S \Rightarrow \Delta H_t = \frac{8 * \lambda * L * Q^2}{g * \pi^2 * D^5}$

En tenant compte du matériau de la conduite et du régime d'écoulement, on déduit la formule de perte de charge ;

$$\Delta H_t = \frac{K' * L_e * Q^\beta}{D_{av}^m}$$

$K'$  : Coefficient de perte de charge;

$L_e$  : Longueur équivalente de la conduite (m) ;

$$L_e = L_g + L_{e_\epsilon}$$

$L_g$  : Longueur géométrique de la conduite (m) ;

$L_{e_\epsilon}$  : Longueur équivalente des pertes de charge singulière (m) ;

Dans le cas des adductions, les pertes de charge singulières sont égales à **15%** des pertes de charge linéaires.

$$\Delta H_t = 1,15 * \Delta H^{lin} \Rightarrow L_{eq} = 1,15 * L_g$$

On déduit alors le diamètre calculé de la conduite gravitaire :

$$D_{av} = \sqrt[m]{\frac{K' * L_e * Q^\beta}{\Delta H_t}}$$

Avec :

$\Delta H^{lin}$  : Perte de charge linéaire (m).

Q : Débit véhiculé par la conduite (m<sup>3</sup>/s) ;

D<sub>av</sub> : Diamètre avantageux calculé de la conduite (m) ;

$\beta$  : Exposant tenant compte du régime d'écoulement ;

m : Exposant tenant compte du type du matériau.

Selon le type de matériau les coefficients **K'**, **m** et  **$\beta$**  sont donnés dans le tableau V-1

Tableau V-1 : Coefficients **K'**, **m** et  **$\beta$**  pour différents types de tuyau

Tuyau	<b>K'</b>	<b>M</b>	<b><math>\beta</math></b>
Acier et fonte	0,00179 -0,001735	5,1 - 5,3	1,9 - 2
Amiante-ciment	0,00118	4,89	1,85
Plastique	0,001052	4,772	2

On a choisi La fonte comme matériaux, alors, on prend :

$$\mathbf{K'} = 0,00179 ; \mathbf{\beta} = 2 \text{ et } \mathbf{m} = 5.1$$

#### V-5-2-1 Calcul de la longueur équivalente du tronçon

La longueur du tronçon est présentée dans le tableau V-2

Tableau V-2 : Longueur de l'adduction gravitaire

N° du tronçon	Point de départ	Point d'arrivé	Longueur géométrique (m)	Longueur équivalente (m)
1	Prise gravitaire PG3	Chambre de vanne A1	1850	2127.5

### V-5-2-2 Altitudes des différents points

Les altitudes des différents points de notre adduction sont regroupées dans le tableau V-3.

Tableau V-3 : Altitudes des différents points de l'adduction

N° du point	Points	Côte de terrain naturel (m)
1	Prise gravitaire PG3	135.00
2	Chambre de vanne A1	93

La perte de charge disponible :

$$\Delta H_d = CPG_3 - CA_1$$

$$\Delta H_d = 135 - 93 = 42 \text{ m}$$

### V-5-2-3 Diamètre avantageux de la conduite

Le tableau suivant résulte les différents de perte de charge, de longueur et de diamètre avantageux.

Tableau V-4 : Différents paramètres de la conduite gravitaire

Trançon	Q (m <sup>3</sup> /s)	L (m)	Δ H (m)	D cal (mm)	D nor (mm)
PG3 – A1	2.07	1850	42	833	900

### V-5-2-4 La vitesse d'écoulement

Dans le cas des adductions, la vitesse optimale de l'écoulement varie de 0,5 à 2 m/s, mais maintenant, il existe des conduites qui supporte jusqu'à 4 m/s.

On détermine la vitesse d'écoulement dans la conduite gravitaire moyennant l'équation de continuité :

$$Q = V * S \Rightarrow Q = V * \frac{\pi * D^2}{4} \text{ Ainsi: } V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

Avec :

Q : débit véhiculé par l'adduction (m<sup>3</sup>/s) ;

S : section de la canalisation (m<sup>2</sup>) ;

V : vitesse d'écoulement (m/s) ;

D : diamètre normalisé de la conduite (m).

$$\text{A.N: } V = \frac{4 * 2070 * 10^{-3}}{3,14 * (1)^2} \Rightarrow \mathbf{V = 2.63 \text{ m/s.}} \text{ Cette valeur est admissible.}$$

## Conclusion

Dans ce chapitre, on a cité les différents types d'adduction ainsi que les caractéristiques de chaque type du matériau et les critères de choix du tracé.

Pour notre cas, on a projeté une conduite gravitaire ou le choix du matériau est basé sur ses avantages et aussi de sa disponibilité au marché en grand diamètre (1000, 1200, 1400 ...).

On a essayé de suivre le tracé parallèle aux deux adducteurs ( haut et bas ) pour diminuer au maximum le coût d'exploitation et on était obligé de dévier notre conduite pour atteindre la chambre de vanne la plus proche (A1).

*CHAPITRE VI*  
*EVALUATION TECHNICO-*  
*ECONOMIQUE*

## INTRODUCTION

Ce chapitre consiste à montrer l'importance de notre thème (Amélioration de la gestion) par une estimation du cout d'un mètre cube d'eau et une comparaison entre l'état actuel et l'état projeté.

### VI-1 Cas de pompage

#### VI-1-1 Evaluation du cout énergétique

La consommation de l'énergie électrique par la station de pompage d'El-Affroun est très importante et couteuse. Le tableau suivant indique le cout énergétique en fonction de la superficie irriguée.

Tableau VI-1 : Evaluation du cout énergétique

<b>Superficie équipée (ha)</b>	2450,00	
<b>Superficie irriguée ha (2012)</b>	1022,00	<b>41,71%</b>
<b>Volume pompé au niveau de la station de pompage El-Affroun (Hm<sup>3</sup>)</b>	7358400	
<b>Consommation d'énergie électrique (DA)</b>	16892517	
<b>Cout énergétique d'un mètre cube d'eau pompé (DA)</b>	2,30	

#### VI-1-2 Evaluation du cout d'entretien

Les travaux d'entretien et de réparation des équipements du réseau d'irrigation du secteur A nécessite un chiffre important comme l'indique le tableau suivant :

Tableau VI-2 : Evaluation du cout d'entretien

<b>Cout d'entretien pour la tranche II (DA)</b>	51.399096
<b>Superficie de la tranche II (ha)</b>	15600
<b>Cout d'entretien par ha (DA/ha)</b>	3294 ,81
<b>Superficie du secteur A (ha)</b>	2450
<b>Cout d'entretien pour le secteur A (DA)</b>	8.072293,82
<b>Cout d'entretien pour un mètre cube d'eau pompé (DA)</b>	1,09

### VI-1-3 La masse salariée

Tableau VI-3 : Evaluation de La masse salariée

<b>Cout de la masse salariée pour le secteur A (DA)</b>	11636444,18
<b>Cout pour un mètre cube d'eau pompé (DA)</b>	1,58

### VI-1-4 Cout estimé d'un mètre cube d'eau pompé

Tableau VI-4 : Cout estimé d'un mètre cube d'eau pompé

<b>Energie</b>	<b>Entretien</b>	<b>Masse salariée</b>	<b>Total</b>
2,3 DA	<b>1,9 DA</b>	<b>1,58 DA</b>	<b>4,97 DA</b>

En ajoutant le cout des pièces d'échange et autres travaux secondaires, le prix d'un mètre cube d'eau pompé peut aller jusqu'à **5 à 6 DA**.

### VI-2 Cas gravitaire

#### VI-2-1 Estimation du volume d'eau desservi gravitairement

Tableau VI-5 : Volume d'eau desservi gravitairement

<b>Besoins en eau (m<sup>3</sup> / ha)</b>	23720	
<b>Superficie à irriguée (ha)</b>	1470	<b>60%</b>
<b>Volume d'eau desservi (m<sup>3</sup>)</b>	34868400	

#### VI-2-2 Le cout d'entretien

Tableau VI-6 : Cout d'entretien

<b>Cout d'entretien pour le secteur A (DA)</b>	8.072293,82
<b>Volume d'eau desservi (m<sup>3</sup>)</b>	34868400
<b>Cout d'entretien pour un mètre cube d'eau desservi (DA)</b>	0.23

### VI-2-3 La masse salariée

Tableau VI-7 : Evaluation de La masse salariée

<b>Cout de la masse salariée pour le secteur A (DA)</b>	11636444,18
<b>Cout pour un mètre cube d'eau desservi (DA)</b>	0.33

### VI-1-4 Cout estimé d'un mètre cube d'eau desservi gravitairement

Tableau VI-8 : Cout estimé d'un mètre cube d'eau desservi gravitairement

<b>Entretien</b>	<b>Masse salariée</b>	<b>Total</b>
0.23	<b>0.33</b>	<b>0.56</b>

En utilisant des surpresseurs ou des groupes motopompes au niveau des bornes, le cout d'un mètre cube d'eau peut aller jusqu'à **2.5 DA**

### Conclusion

D'après ces chiffres, on peut conclure que l'état projeté permet de diminuer les dépenses par l'élimination de l'énergie électrique .C'est un gain parce qu'on peut servir de l'eau aux agriculteurs avec un cout minimum et au même temps couvrir la panne de la station de pompage.



## Conclusion générale

A la fin de ce travail on peut conclure

- le périmètre de le Mitidja ouest tranche II, est riche en ressources d'eau superficielle (eau du barrage) et également les eaux souterraines.

L'étude climatique montre qu'on est dans la limite du sub- humide, donc l'irrigation est indispensable.

- Les eaux de barrages de Bouroumi « El-Mostakbal » sont de classe C<sub>3</sub>, moyennement salées, donc elles n'ont pas beaucoup d'effet sur les cultures tolérantes.
- Actuellement , la station de pompage d'El-Affroun ne fonctionne qu'avec deux (02) pompes par quatre donc elle alimente que 40% de la superficie du secteur A.
- Notre projet n'élimine pas le rôle de la station de pompage, mais on a proposé une solution économique pour irriguer une parti du secteur A en cas de panne au niveau de la station ou quand les agriculteurs n'irrigue pas au même temps.
- Les résultats de la comparaison, du cout d'un mètre cube d'eau pompé et desservi gravitairement , nous montre que ce travail améliore la gestion de l'irrigation du secteur A en assurant l'alimentation en eau à partir de la prise gravitaire PG3 d'El-Affroun.

## ***BIBLIOGRAPHIE***

- AMAR IMACHE** , thèse de doctorat , Agro Paris Tech, décembre 2008.
  
- **A.N.R.H**, l'étude agro-pédologique de la Mitidja, Blida.
  
- A.N.R.H**, Situation et besoin de développement en matière d'irrigation et de drainage en Algérie, Blida, 2003.
  
- BAHBOUH.L.S**, Cours et travaux pratiques d'agro-pédologie, 3<sup>ème</sup> année ENSH , 2010.
  
- **DUPONT.A** ; Hydraulique urbaine Tome I et II, Editions Eyrolles, Paris,1988 .
  
- **H. GODART**, Technique de l'ingénieur (technologie de l'eau) , édition T.I., p.C5195 –P 10, 15, 16,17, 18, 25.
  
- LOUDINA Adel**, mémoire de l'ingénieur, ENSH de Blida, 2008.
  
- ONID Ahmar El Ain**, Dévasement des ouvrages de tête du périmètre d'irrigation de la Mitidja Ouest, 2009.
  
- **SALAH B** ; cours d'alimentation en eau potable,4<sup>ème</sup> année ENSH , 2012.

## **“ANNEXES”**

# ANNEXE 1 :

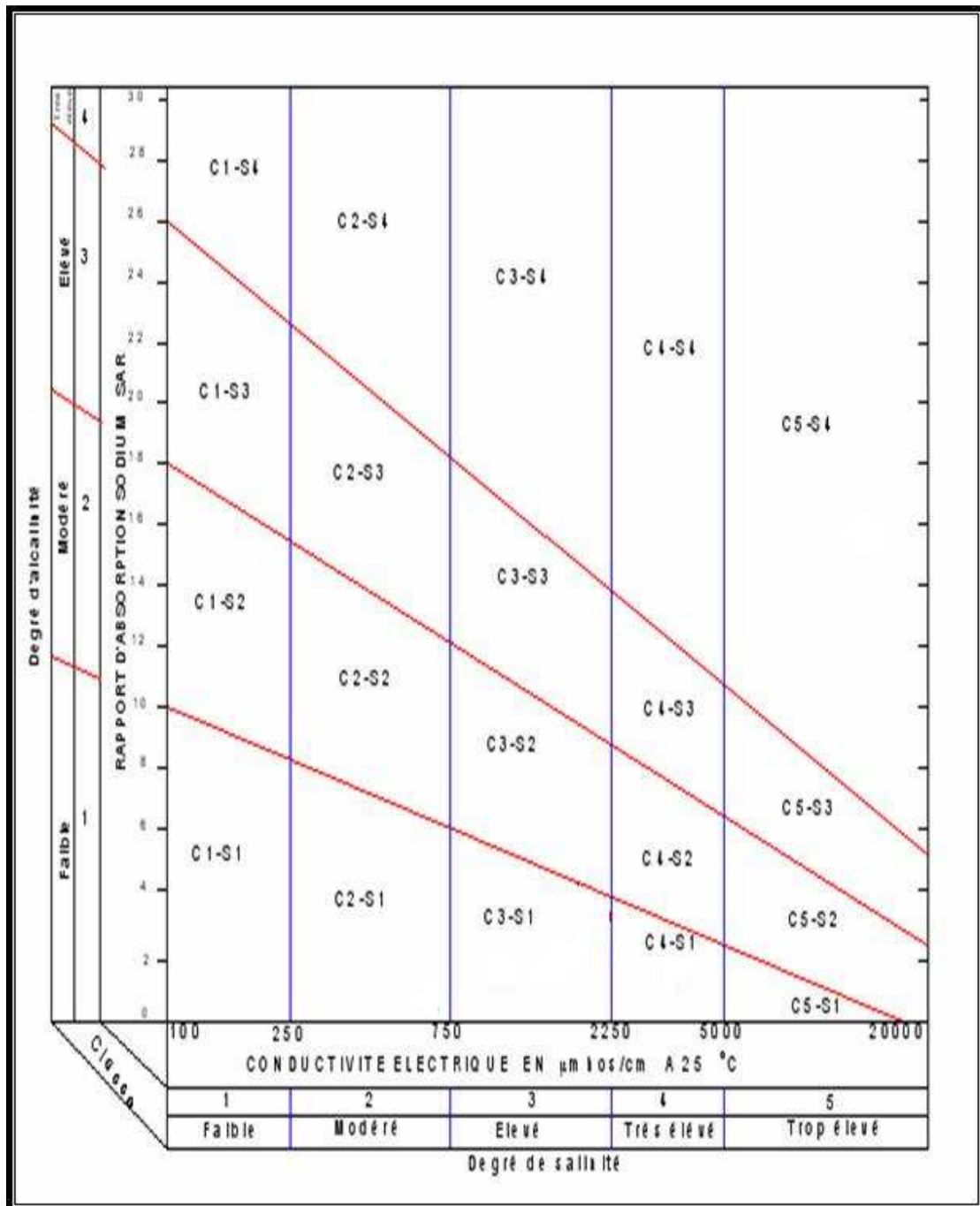


Diagramme de classification des eaux d'irrigation

## ANNEXE 2 :

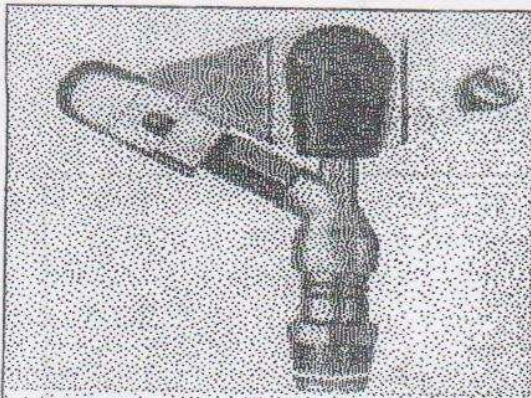
### Caractéristiques hydriques de quelques sols

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

## ANNEXE 3 :

### Valeurs minimales et maximales de Z pour diverses cultures

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



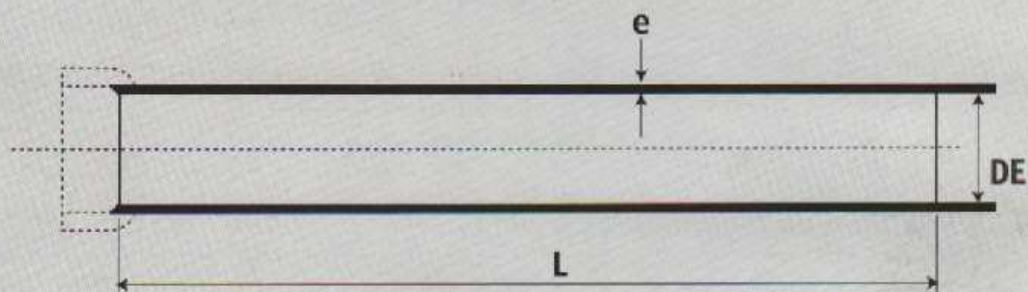
### Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30

1 buse  
angle de jet 30°  
Raccord fileté 1"

Ø de la buse mm	pression à la buse bar	portée m	débit m³/h	espacement		surface irriguée m²		densité d'aspersion mm/h			
				m		□	△	□	△	□	△
				disp.	disp.	disp.	disp.	disp.	disp.		
4,0	2,5	13	0,93	12/18	18/18	216	324	4,3	2,88		
	3,0	14,5	1,02	18/18	18/24	324	432	3,16	2,36		
	3,5	15,3	1,11	18/18	18/24	324	432	3,42	2,57		
	4,0	16	1,19	18/18	18/24	324	432	3,71	2,76		
4,2	2,5	13,5	1,04	12/18	18/24	324	432	4,8	2,42		
	3,0	15	1,14	18/18	18/24	216	432	3,52	2,64		
	3,5	15,8	1,23	18/18	18/24	324	432	3,8	2,85		
	4,0	16,5	1,32	18/24	24/24	324	576	3,06	2,3		
4,5	2,5	14	1,20	18/18	18/24	432	432	3,71	2,78		
	3,0	15,5	1,32	18/18	18/24	324	432	4,07	3,05		
	3,5	16,3	1,42	18/18	18/24	324	432	4,38	3,29		
	4,0	17	1,52	18/24	24/24	324	576	3,52	2,64		
4,8	2,5	14,5	1,38	18/18	18/24	432	432	4,27	3,2		
	3,0	16	1,51	18/18	18/24	324	432	4,66	3,5		
	3,5	16,5	1,63	18/24	24/24	324	576	3,78	2,82		
	4,0	17	1,75	18/24	24/24	432	576	4,05	3,04		
5,0	2,5	14,5	1,48	18/18	18/24	432	432	4,57	3,43		
	3,0	16,5	1,63	18/18	18/24	432	432	5,04	3,77		
	3,5	17	1,76	18/24	24/24	324	576	4,08	3,05		
	4,0	17,5	1,88	18/24	24/24	324	576	4,35	3,26		
5,5	2,5	15,2	1,82	18/18	18/24	432	432	5,62	4,22		
	3,0	17	1,99	18/24	24/24	432	576	4,61	3,45		
	3,5	17,5	2,14	18/24	24/24	324	576	4,95	3,71		
	4,0	18	2,29	18/24	24/24	432	576	5,31	3,98		
6,0	2,5	16,2	2,16	18/24	24/24	432	576	5,00	3,75		
	3,0	17,5	2,37	18/24	24/24	432	576	5,50	4,12		
	3,5	18	2,56	18/24	24/24	432	576	5,92	4,43		
	4,0	18,5	2,74	18/24	24/24	432	576	6,35	4,76		
7,0	2,5	17,5	2,98	18/24	24/24	432	576	6,9	5,1		
	3,0	18,0	3,22	18/24	24/24	432	576	7,5	5,6		
	3,5	18,5	3,48	24/24	24/24	576	576	6,0	6,0		
	4,0	19,0	3,73	24/24	24/30	576	720	6,6	6,2		

Figure IV.48 : fiche technique d'un arroseur

•• ( Tuyaux fonte ductile - AEP ..... ( EN 545  
ISO 2531



DN	Diamètre extérieur DE		Épaisseur Fonte 'e' (K9)		Pression minimale d'essai en usine (bar) K9	Épaisseur fonte 'e' (C40)		Pression minimale d'essai en usine (bar) C40
	Nominal (mm)	Tolérance (mm)	Nominal (mm)	Tolérance (mm)		Nominal (mm)	Tolérance (mm)	
80	98	+1 à -2.7	6,0	-1,3	50	4,8	-1,3	40
100	118	+1 à -2.8	6,0	-1,3	50	4,8	-1,3	40
125	144	+1 à -2.8	6,0	-1,3	50	4,8	-1,3	40
150	170	+1 à -2.9	6,0	-1,5	50	5,0	-1,5	40
200	222	+1 à -3.0	6,3	-1,5	50	5,4	-1,5	40
250	274	+1 à -3.1	6,8	-1,6	50	5,8	-1,6	40
300	326	+1 à -3.3	7,2	-1,6	50	6,2	-1,6	40
350	378	+1 à -3.4	7,7	-1,7	40	7,0	-1,7	40
400	429	+1 à -3.5	8,1	-1,7	40	7,8	-1,7	40
450	480	+1 à -3.6	8,6	-1,8	40	-	-	-
500	532	+1 à -3.8	9,0	-1,8	40	-	-	-
600	635	+1 à -4.0	9,9	-1,9	40	-	-	-
700	738	+1 à -4.3	10,8	-2	32	-	-	-
800	842	+1 à -4.5	11,7	-2,1	32	-	-	-
900	945	+1 à -4.8	12,6	-2,2	32	-	-	-
1000	1048	+1 à -5.0	13,5	-2,3	32	-	-	-

La classe d'épaisseur des tuyaux est marquée sur le fût lorsqu'elle diffère de la classe K9.

Ainsi les tuyaux classe C40 sont marqués 'C40' selon la norme NF EN 545 : 2002.

ELECTROSTEEL peut également fournir, à la demande de ses clients, des tuyaux classes K7, K8, K10, K12.

L'épaisseur de la paroi fonte est donnée par la formule :  $e = K(0.5 + 0.001 DN)$ .