

**République Algérienne Démocratique et Populaire**

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية والشعبية

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche**

**Scientifique**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie El Harrach – Alger**

المدرسة الوطنية العليا للعلوم الفلاحية الحراش \_ الجزائر

**THESE**

En vue de l'obtention du diplôme de Magister en sciences agronomiques

**Département** : Génie Rural

**Spécialité** : Hydraulique Agricole

**THÈME**

**Diagnostic hydro agricole et stratégie de gestion  
des irrigations du périmètre irrigué du k'sob  
W. de M'sila**

Présenté par : MR. REZAG NOUREDINE

**Jury :**

Président :	M. M.N. CHABACA	Maître de conférences, INA Alger
Directeur de thèse:	M. T. HARTANI	Professeur, INA Alger
CO Directeur :	M. A. AIDAOUI	Professeur, INA Alger
Examineurs :	M. B. MOUHOUCHE	Maître de conférences, INA Alger
	M. B. MERABET	Maître de conférences, INA Alger

Année universitaire : 2009 – 2010

L'Algérie est un pays semi-aride. Quand on classe l'Algérie en 2010 parmi les 19 pays africains qui auront à peine 100 m<sup>3</sup> d'eau par personne et par an, je crois qu'il est tout à fait clair qu'il y a un problème qui nous interpelle: celui de la gestion de nos ressources en eau.

(Abdelaziz Bouteflika, 2 mai 2002)

## REMERCIEMENTS

*Nous tenons avant tout à remercier DIEU le miséricordieux, le tout puissant, car sans son aide et sa bienveillance, rien de cela n'aura pu être possible.*

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer mes vifs remerciements à notre jury de thèse **Monsieur M.N.Chabaca**,

Maître de conférence à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'Alger, qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury. Pour sa précieuse aide, ses orientations et sa généreuse contribution scientifique.

**Monsieur T. Hartani**,

Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'Alger, Directeur de thèse. Son soutien, sa contribution scientifique, ses qualités professionnelles et l'intuition scientifique qui le caractérisent, m'ont permis d'accomplir ce travail.

**Monsieur A. Aidaoui**,

Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'Alger, Co-Directeur de thèse, pour son aide inestimable et ses conseils assurés tout le long de mon travail.

**Monsieur B. Mouhouche**,

Maître de conférences à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'Alger,

**Monsieur B. Mérabet**,

Maître de conférences à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique d'Alger, qui nous ont fait l'honneur d'accepter de faire partie du jury et donner leurs appréciations sur ce travail.

Je remercie également Monsieur et Mme Sadouki Mohamed (Rachida), qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance pour leur aide continue afin de réussir ce travail. Que **Mr. A. Kadiri** trouve mes remerciements pour le temps précieux qu'il nous a accordé.

Un grand merci à **Mr. L. Maachi (DSA de Msila)** pour ses encouragements, **le Dr. F.Bahlouli , A. Cherief** (université de M'sila) pour leur disponibilité et leurs précieux conseils. **Mr. A. Sengri**, Directeur de l'office du périmètre irrigué du k'sob (W. de M'sila), M F.Darfalou et Mr K. Birem pour les informations qu'il nous ont fourni.

Ma reconnaissance va à l'équipe du laboratoire d'analyse du sol de l'université Mohamed Boudiaf et aux agriculteurs du périmètre pour leur patience et leur accueil au cours des travaux d'analyse et de diagnostic, Je remercie plus particulièrement **M. Lakhdar, M. Abdelhamid**.

« Je dédie ce travail »

A ma femme et mes enfants en reconnaissance de leurs encouragements et de leurs patiences au cours de mon travail. Je n'oublierai pas d'adresser ma grande gratitude à mon inoubliable père feu Abdelmadjid, ma mère, mon frère Abdessalem, mes sœurs, mon neveu Hassane et mon beau frère M. Djarraf, ma belle-mère Z. Hamdaoui. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma sincère reconnaissance pour leur patience.

A tout le personnel de la DSA et des subdivisions de la w. de M'sila

A toute l'équipe du BEA en particulier Nadir, Djamel, Abbas et cheikh Yacine.

# Table des matières

## Sommaire

1.	PREMIERE PARTIE : INTRODUCTION GENERALE.....	10
2.	DEUXIEME PARTIE :BIBLIOGRAPHIE	12
2.1.	L'irrigation de surface	12
2.2.	Les principaux systèmes traditionnels d'irrigation	12
2.2.1.	Le système de la robta	12
2.2.2.	Le système de la submersion	13
2.2.3.	Le système de la raie longue	14
2.2.4.	L'irrigation par planche	14
2.2.4.1.	Dimensions des planches	16
2.2.4.2.	Facteurs influant sur les dimensions des planches	17
2.2.4.3.	Modernisation de l'irrigation par planche	19
3.	TROISIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES	21
3.1	Présentation de la zone d'étude	21
3.1.1.	Situation géographique	21
3.1.2.	Climat	22
3.2.	Calcul des besoins en eau des cultures	26
3.2.1.	Condition du milieu	26
3.2.1.1.	L'évapotranspiration potentielle (ETP)	26
3.2.1.2.	L'évapotranspiration de référence (ET0)	27
3.2.1.3.	L'évapotranspiration de la culture (ETc)	27
3.2.1.4.	Le coefficient cultural	28
3.2.2.	Cycle de développement des principales cultures	28
3.2.3.	Formules utilisées pour calculer l'ETP	29
3.3.	Ressources naturelles et ouvrages de distribution	33
3.3.1	Barrage	33
3.3.2	Eaux souterraines .....	34.
2.3.3	Ouvrages de distribution .....	34
2.3.4	Qualité des eaux et des sols .....	35
3.4	Orientation des exploitations agricoles.....	41.
3.4.1	Caractérisation socio-économique des exploitations agricoles...	41.
3.4.2	Systèmes de production	42
3.4.3	Occupation du sol à l'intérieur du périmètre.....	44
3.5	Exploitations agricoles suivies	46
3.5.1	Présentation	46
3.5.2	Dispositif experimental	48
3.6	Methodes de mesure .....	50
3.6.1	Mesure de débits	50
3.6.2	Mesure des doses dans les planches	52
3.6.3	Efficiency de l'irrigation et d'utilisation de l'eau par les cultures...	54
3.7	Indicateurs de performance de l'irrigation.....	54
3.7.1	Indicateurs hydrauliques.....	54.
3.7.2	Indicateursagronomiques.....	56.
3.7.3	Indicateurs économiques.....	56

4.	QUATRIEME PARTIE: RESULTATS .....	57.
4.1	Besoins et apports d'eau.....	57
4.1.1	Evapotranspiration	57
4.1.1.1	Etude de l'evapotranspiration	60
4.1.1.2	Deficit hydrique.....	60
4.1.2	Cultures pratiquées	60
4.1.2.1	Phases phénologiques de la culture d'abricotier.....	61
4.1.3	Evaluation des besoins en eau.....	62.
4.2	Apports en eau d'irrigation.....	63.
4.3	Indicateurs de performance de l'irrigation à la parcelle.....	64.
4.3.1	Détermination des débits des canaux.....	64
4.3.2	Efficienc e de transport dans les seguias.....	64
4.3.3	Efficienc e d'application au niveau des planches.....	65.
4.4	Indicateurs de performance à l'échelle de l'exploitation agricole.....	66
4.4.1	Indicateurs de performance hydraulique.....	66.
4.4.2	Indicateurs de performance agronomique.....	69
4.4.3	Indicateurs de performance économique.....	69
4.5	Performance de l'irrigation à l'échelle du périmètre.....	70
4.6	Conclusion - perspectives.....	71
4.6.1	Réhabilitation du réseau.....	71
4.6.2	Maîtrise de la demande en eau agricole dans le périmètre...	72
5.	CINQUIEME PATIE : DISCUSSION.....	73.
6.	SIXIEME PARTIE : CONCLUSION GENERALE.....	76
7.	Références bibliographiques.....	78

## Liste des tableaux

<b>Tableau 01 :</b> Evolution interannuelle des superficies irriguées par l'eau du barrage (OPI)	10
<b>Tableau 02 :</b> Précipitations moyennes mensuelles et annuelles en (mm) pour la période 1984 à 2008	23
<b>Tableau 03:</b> Moyennes mensuelles et annuelles des températures (°C) de la station de M'sila pour la période (1988-2008)	23
<b>Tableau 04:</b> Vitesse du vent	23
<b>Tableau 05:</b> Moyennes mensuelles et annuelles de l'insolation de la station de M'sila pour la période 1988 à 2005.	24
<b>Tableau 06:</b> Moyennes mensuelles et annuelles des jours de gelées de la station de M'sila pour la période 1988 à 2008.	24
<b>Tableau 07:</b> Coefficients culturaux et durée des différentes phases de développement des cultures pratiquées au niveau du périmètre du K'sob durant la campagne 2006/2007,	28
<b>Tableau 08:</b> Valeurs des coefficients a et b de l'équation $aF + b$	31
<b>Tableau 09:</b> Type de canaux et caractéristiques géométriques	34
<b>Tableau 10:</b> Résultats d'analyse de l'eau	36
<b>Tableau 11:</b> Résultats d'analyse de l'eau du barrage	
<b>Tableau-12:</b> Répartition des exploitations par commune (RGA 2001- OPI)	41
<b>Tableau 13:</b> Nombre d'exploitation par classe de SAU	41
<b>Tableau 14:</b> Structure des âges des exploitants du périmètre (RGA 2001- OPI)	41
<b>Tableau 15:</b> Répartition des cultures dans le périmètre année 2008 (source, ONID)	42
<b>Tableau 16:</b> Evolution des superficies de l'abricotier	44
<b>Tableau 17:</b> Rendements agronomiques	45
<b>Tableau 18:</b> Propriétés physiques et chimiques du sol	47
<b>Tableau 19:</b> Caractéristiques physiques du sol des trois exploitations	47
<b>Tableau 20:</b> Evapotranspiration potentielle mensuelle en mm selon la formule de Turc	58
<b>Tableau 21:</b> Calcul de l'ETP selon la formule de blanney et crydle	58
<b>Tableau 22:</b> Résultats de calcul de l'ETP selon les trois formules (turc, blanney et crydle et penman)	59
<b>Tableau 23:</b> Pluies moyennes sur 25 ans et pluies efficaces mensuelles en (mm)	60
<b>Tableau 24:</b> Occupation des terres du périmètre du K'sob (2007-2008)	61
<b>Tableau 25:</b> Besoins nets en eau mensuels en (mm) dans le K'sob (2007-2008)	62

<b>Tableau 26:</b> Besoins en eau des principales cultures du périmètre du Ksob pendant la campagne 2007/2008	62
<b>Tableau 27:</b> Détermination des débits à partir de la vitesse et de la section des canaux en terre de forme trapézoïdale. K'sob 2009	64
<b>Tableau 28:</b> Efficience dans les canaux en terre par exploitation agricole	65
<b>Tableau 29:</b> Efficience d'application de l'eau d'irrigation au niveau des planches d'irrigation dans le cas des abricotiers du périmètre du K'sob (année 2009)	66
<b>Tableau 30:</b> Volumes apportés par planche et doses brutes par hectare	68
<b>Tableau 31:</b> Apports d'eau pour chaque exploitation agricole pendant la campagne 2007/2008	68
<b>Tableau 32:</b> Indicateurs de performances hydrauliques à l'échelle de la parcelle et à l'échelle de l'exploitation	68
<b>Tableau 33:</b> Rendement et efficience agronomique à l'échelle de l'exploitation pendant la campagne 2008	69
<b>Tableau 34:</b> Indicateurs de performance économiques à l'échelle de la parcelle d'abricotier dans le périmètre du K'sob	70
<b>Tableau 35:</b> Bilan de la campagne d'irrigation dans le périmètre du K'sob pour la campagne 2008	71
<b>Tableau 36:</b> Actions de réhabilitation du réseau d'irrigation du périmètre	72

### Liste des figures

<b>Figure 01:</b> Le système d'irrigation à la robta	13
<b>Figure 02:</b> Irrigation à la raie longue	14
<b>Figure 03:</b> Irrigation d'une céréale par petite planche	15
<b>Figure 04:</b> Irrigation de l'abricotier par planche	15
<b>Figure 05:</b> Limites du périmètre irrigué du k'sob de M'sila.	22
<b>Figure 06:</b> Courbe ombro thermique de Gaussen pour la période de 1984 – 2008 de la région de M'sila.	25
<b>Figure 07:</b> Vue en amont du barrage du K'sob	33
<b>Figure 08:</b> Réseau d'irrigation du périmètre irrigué du K'sob	35
<b>Figure 09:</b> Diagramme de classification des eaux	36
<b>Figure 10:</b> Carte des classes de sols	40
<b>Figure 11:</b> Courbe de la production d'abricot	44

<b>Figure 12:</b> Vue d'ensemble du périmètre	45
<b>Figure 13</b> Situation des trois exploitations agricoles sur une image satellite google earth	46
<b>Figure 14:</b> Alimentation en eau des exploitations agricoles de suivi	49
<b>Figure 15:</b> Fruits du prunus arméniaca, des abricots.	50
<b>Figure 16:</b> Dérivation de l'eau du canal principal	50
<b>Figure 17:</b> Mesure de débit dans un canal	51
<b>Figure 18:</b> Mesure de débit	51
<b>Figure 19:</b> Mesure de la dose au niveau d'une planche	52
<b>Figure 20:</b> Evolution de l'ETP Blanney et crydle	59
<b>Figure 21:</b> Evolution de l'ETP à l'aide des différentes formules	59
<b>Figure 22:</b> Besoins en eau de l'abricotier et volume d'eau distribué	64

### **Liste des Annexes**

- 1- Données climatiques
- 2- Exploitations agricoles enquêtées
- 3- Résultats d'analyse de l'eau de quelques forages
- 4- Carte de conductivité électrique
- 5- Répartition du cheptel au niveau des exploitations du périmètre
- 6- Production d'abricot
- 7- La culture de l'abricotier
- 8- Besoins nets des cultures pratiquées
- 9- Tableau des besoins de l'abricotier et apports
- 10- Calcul des débits et infiltration linéaire au niveau des canaux
- 11- Calculs de l'humidité et dose stockable
- 12- Détail de calcul des efficacités



## Liste des abréviations

ONID : Office National d'Irrigation et de Drainage

ITAF: Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière

ONM : Office National de Météorologie

FAO : Organisation de l'ONU pour l'alimentation et l'agriculture, créée en 1945.

PNDA: Programme national de développement agricole

PNDAR: Programme national de développement agricole et rural

RGA: Recensement général de l'agriculture

EAC: Exploitation agricole collective

EAI : Exploitation agricole individuelle

SAU: Surface agricole utile

HA : Hectare

ETP: Evapotranspiration potentielle

ET0: évapotranspiration de référence

ETM: Evapotranspiration maximale

Kc : Coefficient cultural

PE : Pluie utile

FC : Capacité au champ

WP: Point de flétrissement

CE: Conductivité électrique

RU: Réserve utile

RFU: Réserve facilement utilisable

HM<sup>3</sup>: Hectomètre cube

m<sup>3</sup> : Mètre cube

m<sup>2</sup> : Mètre carre

CaCO<sub>3</sub> : Carbonate de calcium

Ø : Diamètre

Q : Débit

Seguia: Canal en terre

# 1. PREMIERE PARTIE : INTRODUCTION GENERALE

---

L'eau est devenue une préoccupation majeure pour la plupart des pays. L'Algérie avec une superficie de 238,174 millions d'ha, ses ressources en eau sont faibles, fluctuantes et localisées dans la partie nord du pays. Sa surface agricole utile représente 8,5 millions d'hectare soit 25,4% de la surface agricole dont 90% sont concentrés dans le nord où vit environ 80% de la population (Chabaca et Guemraoui, 2005). En matière de grande hydraulique, de nombreux périmètres d'irrigation ont été réalisés et sont en service à travers le pays. Cependant, après un certain temps, les besoins à satisfaire changent, les aménagements existants nécessitent des modifications structurelles.

L'irrigation joue un triple rôle: économique, environnemental et social. Le périmètre du K'sob qui s'étend sur 4 840 ha en est une bonne illustration. Cependant, il faut relever le fait que seuls 1736 ha ont été irrigués ces dernières années (tableau 1) en raison de l'insuffisance de l'eau d'irrigation, de la détérioration du réseau de distribution et du manque d'entretien des infrastructures hydrauliques.

Tableau 1 : Evolution interannuelle des superficies irriguées par l'eau du barrage (ONID)

Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Sup Moyenne en (ha) 2000-2006
Superficies Irriguées (ha)	2838	2785	1200	1000	1032	1200	2100	1736

Ces contraintes naturelles et infrastructurelles constituent un frein pour le développement de l'agriculture dans la région. La présente étude a pour ambition d'établir un diagnostic de l'irrigation à l'échelle des exploitations agricoles du périmètre du K'sob. Ce dernier est fondé sur un constat partagé par l'ensemble des acteurs locaux qui citent une insuffisance et une iniquité par rapport à la ressource.

L'analyse des superficies irriguées entre 2000 et 2006 montre une intensification insuffisante par l'irrigation puisque le taux d'intensification moyen, égal au rapport entre les superficies irriguées et irrigables, se situe autour de 37,4 %. Ce taux témoigne d'une sous utilisation des équipements et d'un manque à gagner équivalent à 2878 ha par an. Cette régression du taux d'intensification culturale s'explique tout d'abord de la défektivité du réseau et de la diminution de l'offre en eau d'irrigation au niveau du barrage soumis à l'envasement et à l'irrégularité des apports.

Ce travail s'intéresse en particulier aux pratiques d'irrigation en s'appuyant sur l'évaluation d'indicateurs de performance (débit, dose, efficience) dans quelques exploitations du périmètre pour comprendre et tenter d'améliorer la gestion des irrigations. Il s'appuie sur la l'approche développé par Boss et al (2005) à l'échelle de

la parcelle agricole concernant les indicateurs de performance des systèmes d'irrigation puis reprise par Legrusse et *al* (2009) dans le cas d'exploitations agricoles situées dans des périmètres irrigués d'Afrique du nord. Il comprend une introduction générale qui résume la problématique qui justifie ce travail, une partie bibliographique, une partie matériel et méthodes dans laquelle sont exposés les objets d'études ainsi que les méthodes mises en œuvre, une partie résultats dans laquelle les principaux éléments de calculs et d'estimation des performance sont développés puis une partie discussion permettant d'analyser de manière critique la qualité de nos résultats dans un contexte de rareté de l'eau. Enfin une conclusion générale et une partie annexe y sont associées où l'on trouve les différents tableaux et graphiques auxquels fait référence le mémoire.

## **2. DEUXIEME PARTIE : BIBLIOGRAPHIE**

---

### **2.1. L'IRRIGATION DE SURFACE**

L'irrigation de surface ou irrigation gravitaire consiste à répartir l'eau sur la parcelle cultivée par ruissellement sur le sol dans les sillons (irrigation à la raie) ou en nappe (irrigation par planche ou calant) ou encore par submersion contrôlée (irrigation par bassins). Peu coûteux en investissement, nécessitant peu d'énergie, c'est le mode d'irrigation le plus ancien et le plus répandu dans le monde. Sous la forme traditionnelle, l'eau est amenée au niveau de la parcelle, puis distribuée en tête de celle-ci dans des canaux en terre. L'alimentation des raies, des planches ou des bassins se fait par ouverture de brèches dans les berges de ces canaux. Les pertes par infiltration dans les canaux en terre ainsi que la difficulté de contrôler les débits délivrés à travers les brèches conduisent à un gaspillage de l'eau et à une grande hétérogénéité des arrosages (Rieul, 1990).

En Algérie, le mode d'irrigation le plus dominant est le gravitaire (micros raies et micros planches). Il est conduit d'une façon traditionnelle, il consomme beaucoup d'eau dans un contexte climatique difficile (faible pluviométrie) et une demande, multisectorielle accrue. Dans ce système les pertes en eau sont localisées essentiellement dans la parcelle et résultent surtout d'un problème de nivellement (Mailhol et al, 2004).

### **2.2 LES PRINCIPAUX SYSTEMES TRADITIONNELS D'IRRIGATION**

#### **2.2.1 LE SYSTEME DE LA ROBTA**

Le système de la robta est constitué soit de petits bassins à fond plat d'une surface variant de quelques mètres carrés à une dizaine de mètres carrés (fig 1), soit de micro-bassins avec des billons et des micro-raies. La main d'eau transportée dans le canal quaternaire généralement en terre (ou quelquefois en béton semi-porté) ne dépasse pas 30 l/s. Une part de cette main d'eau est véhiculée depuis le point d'alimentation – constitué par une brèche dans le quaternaire ou par un ou plusieurs siphons, à la parcelle par des petits canaux en terre, les seguias. Pour irriguer, on répartit l'eau qui transite par les seguias vers les différents bassins, au moyen de petits batardeaux

On détermine visuellement la durée d'alimentation en fonction du remplissage et de l'uniformité d'application. Selon la main d'eau et les disponibilités en main-d'œuvre, une ou plusieurs seguias alimentent la parcelle en même temps. Lorsque l'agriculteur

n'a pas les moyens de manipuler une main d'eau importante, il demande une diminution de la main d'eau. Le système offre une grande souplesse pour cultiver. Les cultures généralement semées à la volée doivent être irriguées par micro-bassins. Pour les cultures en ligne, qui ne tolèrent pas les excès d'eau au niveau du collet par exemple, il faut mettre en place des micro-raies. Mais un des avantages majeurs du système de la robta est qu'il n'est pas exigeant en matière de topographie comme le sont les systèmes de raie longue ou de planche. Il est en effet plus facile de faire circuler une main d'eau d'une dizaine de litres par seconde à l'intérieur d'une parcelle au moyen d'une seguia à topographie très chaotique, que cette même main d'eau sur une planche ou répartie sur plusieurs raies longues, dont le nivellement est fortement dégradé. C'est la raison majeure de l'adoption du système de la robta par les agriculteurs qui ne disposent pas des moyens nécessaires pour maintenir un bon nivellement (Mailhol et al, 2004).



Fig 1: le système d'irrigation à la robta (Bousaâda, 2009)

### **2.2.2 LE SYSTEME DE SUBMERSION**

Le système de submersion n'est quasiment pas utilisé car les agriculteurs ne possèdent pas de moyens sophistiqués de planage. La technique de submersion ou du bassin à fond plat est largement utilisée au Etats-Unis et en Espagne, ainsi qu'en France dans le cas de la riziculture. Elle est reconnue comme efficiente dans la mesure où une main d'eau souvent très élevée (50 l/s) peut être distribuée uniformément si le nivellement est de très bonne qualité.

### 1.2.3 LE SYSTEME DE LA RAIE LONGUE

Le système de la raie longue laisse supposer que l'eau introduite à l'amont circule librement sous l'effet de la gravité jusqu'à l'aval de la parcelle (fig 2). Il n'en est pas ainsi pour la plupart des parcelles utilisant ce système, l'avancée de l'eau étant temporairement bloquée au moyen de batardeaux, sortes d'obstacles en terre qui contribuent en outre à dégrader la qualité du nivellement.



Fig 2: Irrigation à la raie longue (Bousaâda, 2009)

### 1.2.4 L'IRRIGATION PAR PLANCHE

L'irrigation par planche se caractérise par l'aménagement de diguettes de faible hauteur (de l'ordre de 20cm) perpendiculairement aux courbes de niveau et destinées à guider la lame d'eau déversée (fig 3 et 4), la longueur de la planche (zone située entre deux diguettes successives), généralement située entre 100 et 200m dépend principalement: i- des dimensions et de la forme des parcelles; ii- de la capacité d'infiltration du sol; iii- de la pente vu qu'une pente faible <1% permet d'adopter des débits plus élevés, les risques d'érosion restant minimes; iv- de la profondeur d'enracinement des cultures (le temps de séjour avant les pertes par percolation est d'autant plus grand que cette profondeur est importante) (Soutter et al, 2007).

L'eau se répand sur toute la largeur de la planche. Avant que la lame d'eau arrive à l'extrémité inférieure l'apport est coupé et l'eau qui reste sur la surface du terrain s'écoule vers le bas pour arroser l'extrémité inférieure. Dans certaines conditions qui seront traitées par la suite il est nécessaire de continuer à irriguer avec un débit plus faible après que l'eau est arrivée à l'extrémité inférieure afin d'obtenir une profondeur adéquate d'infiltration. Idéalement il n'y a pas de pente transversale (c'est-à-dire une pente perpendiculaire à la direction de l'écoulement) à l'intérieur de la planche. Dans la pratique il peut exister une faible pente transversale et la différence de niveau admissible à travers une planche dépend de la hauteur normale de la lame d'eau. Dans la majorité des cas, la différence ne devrait pas dépasser d'un quart la hauteur d'eau

normale. Etant donné que pour l'irrigation et d'autres opérations culturales il est souhaitable de construire des planches de la même longueur, les ados sont généralement parallèles aux limites de la parcelle et il peut être nécessaire de réduire la pente transversale par le nivellement. Pour des systèmes réellement permanents chaque planche peut être nivelée séparément pour réduire la pente transversale et ceci donne comme résultat final une superficie essentiellement terrassée ou "en gradins". Toutefois, le terrassement n'est pas pratique si on doit pratiquer des assolements tant par l'irrigation à la planche que par rigoles d'infiltration.



Fig 3: Irrigation d'une céréale par petite planche (2009)



Fig 4: Irrigation de l'abricotier par planche (zone jardins k'sob, 2009)

#### 1.2.4.1 DIMENSIONS DES PLANCHES

Comme pour l'irrigation par bassins. La superficie de la planche doit s'adapter à la dimension de la main d'eau en tenant compte du taux d'infiltration. En outre, les facteurs influant sur la vitesse de l'eau en surface (pente, rugosité du sol et densité de la végétation) déterminent aussi les dimensions de la planche. Compte tenu de la relation de la pente transversale déjà mentionnée, la longueur et la largeur de la planche devraient être considérées séparément. Les largeurs des planches dépendent de la pente transversale de la hauteur d'eau normale, de la main d'eau disponible, de la vitesse d'infiltration, de la hauteur normal d'arrosage, si la pente du terrain dans la direction de l'écoulement est 0.1-0.2 pieds par 100 pieds(un pied = 30,48cm), la hauteur de l'eau sera de 4 ou 5 pouces(un pouce = 2,54 cm) et la différence de niveau à travers la planche peut arriver à 0.1 pieds par exemple, si la pente transversale est de 0.2%, les largeurs des planches peuvent être de 50 pieds, si les autres conditions le permettent, et avec des pentes transversales plus plates on peut utiliser des planche encore plus larges. Les hauteurs d'eau diminuent considérablement ou fur et à mesure que la pente du terrain dans la direction de l'écoulement augmente de sorte que pour une pente de 0.3 à 0.4%, les largeurs seront généralement de 30 à 40 pieds au maximum et pour des pentes de 0.5% ou plus les largeurs des planche ne devraient dépasser rarement 20-25 pieds. Toutefois, une meilleure précision du nivellement du terrain peut permettre d'utiliser des planches plus larges avec une couverture satisfaisante de la surface du terrain. *Si pour une infiltration adéquate, il est nécessaire d'utiliser de petites mains d'eau et des largeurs plus petites peuvent être plus satisfaisantes.*

Si les largeurs des planches ne sont pas limitées par les conditions topographiques, elles peuvent être déterminées par la dimension de la main d'eau disponible pour l'irrigation. La main d'eau doit être telle qu'elle puisse couvrir toute la longueur de la planche de sorte que la hauteur d'eau appropriée soit appliquée uniformément et sans gaspillage excessif. Pour maintenir une certaine flexibilité de fonctionnement (c'est-à-dire pour varier la hauteur appliquée) il est mieux de diviser la main d'eau disponible pour desservir deux ou plusieurs planches dans les conditions normales de fonctionnement. Cela permet d'appliquer une hauteur plus grande pour couvrir la surface plus rapidement.



#### 1.2.4.2 FACTEURS INFLUANT SUR LES DIMENSIONS DES PLANCHES

Les longueurs des planches doivent être aussi longues que possible tout en obtenant une uniformité raisonnable d'application puisque des planche plus longues réduisent les couts des systèmes de distribution et de la main d'œuvre pour l'irrigation .les planche longues sont satisfaisantes sur des sols ayant un taux d'infiltration très faible (par ex: sols à texture fine) lorsque la vitesse d'infiltration est élevée, la longueur de la planche doit être réduite ou le débit augmenté. La main d'eau adoptée peut être limitée par celle qui est disponible, par la hauteur des levées ou par l'érosion sur les pentes plus fortes. A cause de ces facteurs et pour les hauteurs d'eau plus petites communément adoptées (les sols à texture grossière, les sols très perméables pourraient avoir aussi des faibles capacités de stockage), les longueurs des planches peuvent être de 300 pieds seulement. Des conditions intermédiaires entre ces deux extrêmes demandent des longueurs intermédiaires de planches.

D'autres facteurs influents sur la longueur voulue des planches. Généralement la longueur des planches peut être augmentée au fur et à mesure que la hauteur d'eau appliquée augmente. La présence d'obstacles (végétation et rugosité du terrain) réduit la longueur. Sur les pentes plus plates (jusqu'à 0.5-1%, selon l'érodabilité du sol) la longueur de la planche peut être augmentée. Sur les pentes plus fortes il peut être nécessaire de réduire le débit pour éviter l'érosion, et dans ces conditions la longueur diminue au fur et à mesure que les pentes du terrain augmentent. La longueur de la planche peut être limitée par la main d'eau disponible, même si cette adaptation doit être faite en agissant plutôt sur la largeur de la planche dans la mesure où il est pratique. Dans des conditions favorables, l'irrigation uniforme peut être achevée avec un débit constant dérivé dans la planche jusqu'à ce que la lame d'eau avance à un point donné le long de la planche, lorsque l'apport est interrompu, l'eau qui reste sur la surface du sol s'écoule vers l'extrémité inférieure en complétant l'arrosage. Toutefois, l'uniformité requiert que l'on adopte la main d'eau appropriée et qu'elle soit coupée au moment opportun. L'alternative est le procédé dit "cut back" (réduction du débit), un grand débit est admis dans la planche pendant un temps suffisant pour qu'il puisse couvrir rapidement la planche jusqu'à l'extrémité inférieure , puis il est réduit pour minimiser le ruissellement. L'utilisation d'un débit constant est préférée souvent par l'irrigant car il demande moins sa présence au champ.

Les facteurs qui permettent une irrigation uniforme des planches à débit constant ne sont pas complètement compris. Cependant, une considération importante est le volume d'eau qui se trouve au-dessus du terrain quand le débit est coupé. Cela est

déterminé, en premier lieu, par la lame d'eau dans la planche ce qui, à son tour, dépend beaucoup de la pente. Pour les sols à taux d'infiltration et capacité de stockage moyens, les pentes comprises entre 0.2 et 0.3% sont l'idéal, il est probable que les lames d'eau soient trop faibles pour des pentes qui dépassent 0.5% pour une irrigation uniforme à débit constant. La méthode à la planche est adoptée pour arroser sur des pentes beaucoup plus fortes - plus de 5% sur les pâturages ou le terrain est protégé contre l'érosion par la couverture végétale. Le procédé "cut back" n'est pas utilisé toujours dans ces conditions à cause de certains inconvénients et toutefois, il est sûr qu'il faut prévoir un certain manque d'uniformité.

Si l'on opère correctement pour obtenir une irrigation uniforme à débit constant. Cela ne signifie pas qu'on applique automatiquement la hauteur d'eau appropriée. Si la quantité d'eau apportée est excessive la main d'eau par unité de largeur doit être augmentée, la planche doit être raccourcie ou, si possible, elle doit être nivelée de nouveau en réalisant une pente plus forte. Si la hauteur d'eau est nettement inadéquate, on peut adopter le procédé "cut back" pour prolonger le temps de séjour de l'eau sur la surface du terrain et, donc, augmenter la hauteur de l'eau appliquée. Toutefois, Souvent on opte pour une irrigation plus fréquente avec un débit plus léger.

Trop de facteurs doivent être considérés dans la conception des systèmes d'irrigation à la planche pour pouvoir appliquer des critères spécifiques de projet.

Des indications générales basées sur l'observation et l'expérience ont été publiées. Elles sont très utiles lorsqu'on doit décider les gammes appropriées des débits, les largeurs des planches, les longueurs des planches suivant les différentes conditions du sol, la pente et la hauteur d'eau d'application. Ces valeurs devraient être comparées avec les valeurs des systèmes locaux qui donnent des performances satisfaisantes. Cela parce que les critères les plus recommandés sont différents pour des textures de sol différentes et, probablement pour des taux d'infiltration différents. Malheureusement, en règle générale, le taux d'infiltration dépend de la texture seulement et n'importe quel sol peut être une exception de la règle générale (A. Caliendo, 1983).

Etant donné qu'il est difficile de concevoir un système d'irrigation à la planche et d'être sûr qu'il fonctionnera d'une manière efficace, il peut être souhaitable d'installer un système temporaire et de le faire fonctionner pour une certaine période. de cette manière, dans les conditions réelles on peut faire des évaluations plus détaillées. L'uniformité d'arrosage peut être facilement évalué en mettant des piquets de repère espacés de 100 pieds le long de la planche et en déterminant le temps auquel la lame d'eau avance ou recule de chaque piquet. La différence entre ces deux

temps exprime le temps de séjour de l'eau sur la surface en chaque point. Si ce temps est le même en chaque point, l'irrigation est considérée uniforme. Les essais doivent être faits avec des débits et des durées différents. La hauteur moyenne d'application doit être calculée pour voir si elle est appropriée ou excessive, compte tenu de la capacité de stockage du sol et de la profondeur d'enracinement des cultures.

#### 1.2.4.3 MODERNISATION DE L'IRRIGATION PAR PLANCHE

La modernisation des systèmes d'irrigation par planches ou par bassins consiste à étancher le canal qui distribue l'eau en tête de parcelle et à l'équiper de vannes de régulation qui permettent d'alimenter successivement les biefs de ce canal, et de vannes de prises latérales qui alimentent les planches ou bassins.

Un investissement peu coûteux consiste à utiliser des vannes de régulation mobiles que l'on déplace le long du canal d'alimentation. Lorsque le canal d'alimentation a une pente suffisamment forte, les prises latérales peuvent être constituées de simples seuils disposés en marche d'escalier le long des biefs horizontaux (Rieul, 1990).

Le fonctionnement du système peut être organisé pour commencer l'arrosage, soit par l'extrémité aval en progressant de poste en poste vers l'amont ou vice-versa.

Dans le premier cas, le canal est équipé de vannes ouvertes au départ, sauf la dernière en aval. Ces vannes sont fermées progressivement pour déplacer les postes de l'aval vers l'amont. Au contraire dans l'irrigation de l'amont vers l'aval, toutes les vannes de régulation sont fermées au départ et elles sont ouvertes progressivement de l'amont vers l'aval. L'ouverture ou la fermeture des vannes qui sont basculante ou coulissante peut être automatisée. Les vannes peuvent être manœuvrées par des dispositifs mécaniques, électromécaniques ou pneumatiques. Le déclenchement des dispositifs peuvent être commandé soit par des horloges mécaniques ou électroniques ou encore par des programmeurs. Pour améliorer l'efficacité des canaux de distribution en tête de parcelle, on est souvent conduit à revêtir ces canaux ou les remplacer par des canaux préfabriqués. Quoique cela améliore sensiblement l'efficacité du système, les canaux en surface du sol présentent le gros inconvénient de créer un obstacle à la circulation et de nécessiter un entretien permanent; Pour y palier, on voit apparaître des réseaux en conduites à basse pression. Ces réseaux sont réalisés en conduite en matière plastique de faible épaisseur. Les prises sur ces conduites sont alors équipées soit de vannes papillon ou de robinets vannes classiques ou encore de vannes à clapet ou à opercule commandées par des dispositifs pneumatiques. Ces types de vannes peuvent être également automatisés.

L'utilisation de tels équipements modernes associée à une bonne conduite des arrosages peut accroître considérablement l'efficacité de l'irrigation. La bonne conduite des arrosages consiste à optimiser le choix de débit en tête de raie, dans les planches ou dans les bassins et la durée d'arrosage. L'utilisation de techniques d'irrigation intermittente, par vagues ou à deux débits, permet d'améliorer encore l'efficacité de l'irrigation de surface. Ces techniques consistent à humidifier la surface des raies ou des planches d'irrigation par un débit d'attaque élevé pendant un temps relativement court. On a pu ainsi constater qu'il est possible de faire passer les rendements hydrauliques de l'irrigation de surface de moins de 50% en irrigation traditionnelle à 70-80% en irrigation modernisée. Outre l'amélioration de l'efficacité, on obtient des coefficients d'uniformité qui tournent également autour de 75 à 90 %. De telles performances s'approchent de celles que l'on obtient avec les techniques d'irrigation par aspersion ou de micro-irrigation.

## 3. TROISIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

---

### 3.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

#### 3.1.1 Situation géographique

Le périmètre du K'sob a été choisi en tant que zone d'étude pour plusieurs raisons. En premier lieu, il s'agit d'un ancien périmètre irrigué datant d'avant 1962 et qui a été peu étudié. Ensuite, malgré les travaux de réaménagement des années 1980, le réseau collectif connaît des dysfonctionnements engendrant des perturbations dans la distribution de l'eau aux agriculteurs. La superficie moyenne irriguée entre les années 2000 et 2006 est en effet inférieure à 1800 ha. L'arboriculture fruitière, à elle seule, couvre plus de 20% de la surface irrigable. Elle est située dans la zone amont du périmètre. Aujourd'hui, cette zone représente le principal pôle de production d'abricots pour toute la région du centre de l'Algérie. Compte tenu de son importance stratégique, le diagnostic de l'irrigation à l'échelle des exploitations agricoles de cette zone est important pour mieux gérer la ressource en eau disponible.

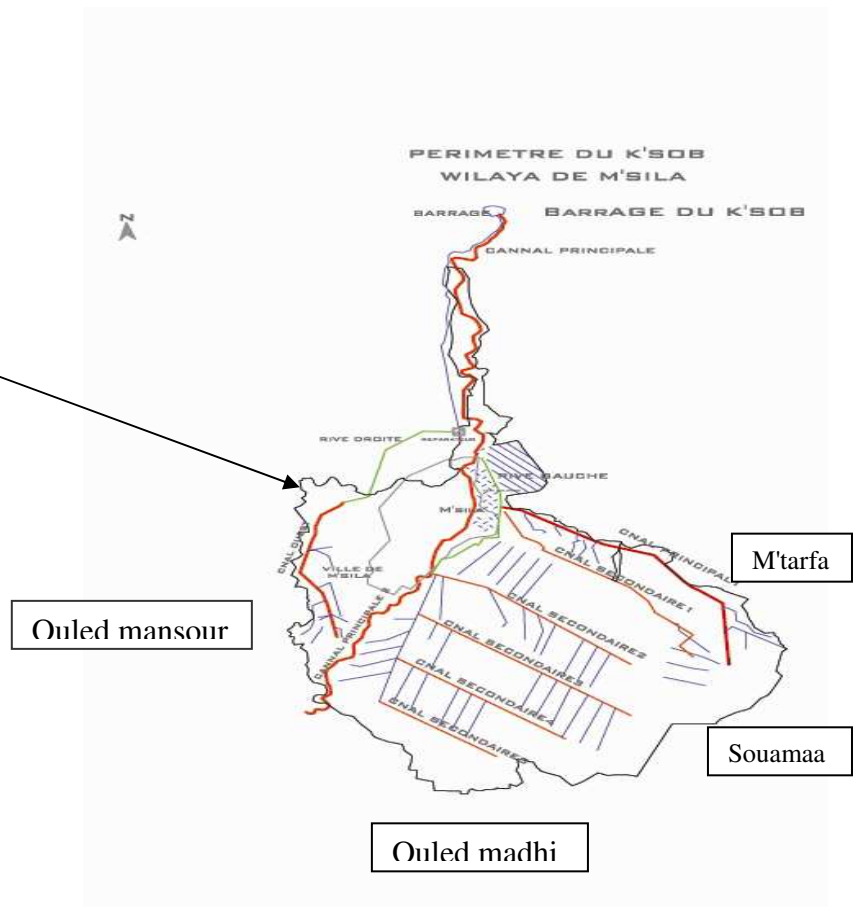
Avec environ 4840 ha équipés en grande hydraulique, le périmètre irrigué du K'sob (M'Sila) mis en service en 1962 est l'un des plus anciens et importants de la région steppique. Situé, presque tout autour de la ville de M'sila à une altitude moyenne d'environ 460 m. Il est limité au Nord par les monts du Hodna, au Sud par la commune d'Ouled madhi à l'Est par les deux communes de M'tarfa et Souamaa et à l'Ouest par le territoire d'Ouled mansour (figure 5). S'étalant tout au long de l'oued du k'sob qui le subdivise en deux parties inégales sur plus de 20 km, boukhmissa et sbaa el gharbi en rive droite, avec une superficie de 1 656 ha ainsi que les zones des jardins, sbaa el guebli et mezzir en rive gauche, d'une superficie de 3 184 ha irrigués. Actuellement, le nombre total des exploitations agricoles dans le périmètre est de 2086 majoritairement privées. La gestion de l'eau dans ce périmètre est assurée par l'office national pour l'irrigation et le drainage.



Carte 1. Image satellitaire du nord de l'Algérie

Source : Google earth (2006)

Figure 5: Limites du périmètre du k'sob w. M'sila



### 3.1.2 Climat

L'analyse des paramètres climatiques porte sur la station principale représentative de la zone de M'sila. Les variables climatiques concernent des périodes allant de 1984-2008 et 1988-2008. La station météorologique de l'ONM est située au Sud Ouest de la commune de M'sila (latitude : 35° 40' Nord, longitude : 04° 30' Est, altitude : 441 m). Elle mesure les paramètres climatiques (annexe1) nécessaires pour la caractérisation climatique de la région. Les données disponibles sont:

#### Pluviométrie

La zone de M'sila se situe entre les isohyètes 500 mm au niveau des reliefs septentrionaux (Monts du Hodna) et 150 mm au niveau du Chott (plaine du Hodna) avec une moyenne annuelle pluviométrique de 208,12 mm (tableau 2). Les mois relativement pluvieux s'étalent de Septembre à Mai. Les pluies d'automne sont parfois torrentielles et plus ou moins catastrophiques (inondations de oued M'sila, automne 2007). Quant aux pluies d'hiver, elles sont moins violentes. Les pluies de Mai sont utiles pour les pâturages, elles sont tardives pour les céréales. Celles-ci tombent souvent sous forme d'averses très limitées dans le temps provoquant des écoulements néfastes de courte durée et peu bénéfiques pour la végétation (faible infiltration).

Tableau 2 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles en mm  
pour la période 1984 à 2008

Mois	Jan	fev	mar	Avr	mai	juin	juil	août	sept	octo	nove	dec	total
P (mm)	19,76	13,8	15,9	18,8	25,68	10,4	3,88	7,5	25,2	24	22,3	20,9	208

Source: Station météorologique de M'sila

### Température

La température moyenne annuelle dans la zone d'étude est évaluée à 19,97 °C (tableau 3). La ventilation mensuelle des températures moyennes montre que le mois le plus froid est celui de Janvier avec 8,34°C et le plus chaud celui de Juillet avec 31,62°C.

Tableau 3 : Moyennes mensuelles et annuelles des températures (°C) de la station de  
M'sila pour la période (1988 - 2008)

Mois	jan	fev	mar	Avri	mai	Juin	juil	août	sept	octo	nove	dec	total
Moy, T°C	8,34	10,14	13,8	16,7	22,47	28	31,6	31	25,3	19,9	13,2	9,13	19,97

Source: Station météorologique de M'sila

### Vent

Le vent est fortement influencé par la topographie locale. Il est l'un des éléments les plus importants du climat. Il prend encore plus d'importance dans la région.

Les vents dominants qui soufflent dans la région de M'sila sont: le vent d'Ouest, qui est le plus pluvieux, il est fréquent en automne, hiver, et au printemps, le vent du Nord, est moins fréquent, froid et sec et enfin le sirocco, vent chaud et sec, souffle du sud, il augmente l'évapotranspiration et provoque l'échaudage des céréales. La vitesse moyenne annuelle du vent est de 4 m/s ; elle se situe dans la plage des vents modérés qui favorisent les échanges d'oxygène et de gaz carbonique entre les organes végétatifs et le milieu (Tableau 4) .

Tableau 4: Vitesse moyenne du vent

Mois	jan	fev	mar	Avri	mai	Juin	juil	août	sept	octo	nove	dec
Moy.m/s	3,83	4,02	4,48	5,32	4,77	4,64	4,51	4,12	3,72	3,68	3,83	3,99

Source: Station météorologique de M'sila

### Insolation

La durée d'insolation caractérise l'intervalle de temps, variable avec la saison, compris entre le lever et le coucher du soleil. Dans la région de M'sila elle varie irrégulièrement durant l'année et atteint son maximum au mois de juillet avec une

moyenne journalière de 11, 12 h/j et descend jusqu'à atteindre son minimum au mois de décembre où la durée est de 5,58 h/j. La moyenne journalière est de 8,5 h/j (tableau 5).

Tableau 5: Moyennes mensuelles et annuelles de la durée d'insolation de la station de M'sila pour la période 1988 à 2005.

Mois	jan	fev	mar	Avr	mai	Juin	juil	août	sept	octo	nov	dec	total
Insolation h./jour	6,06	7,97	8,25	8,96	10,09	10,68	11,12	10,04	8,81	8,01	6,54	5,58	102,1
%	5,9	7,8	8,1	8,8	9,9	10,5	10,9	9,8	8,6	7,8	6,4	5,5	100
%heures diurnes	0,23	0,25	0,27	0,29	0,31	0,32	0,32	0,3	0,28	0,25	0,23	0,22	

Source: Station météorologique de M'sila

### Gelées

Les premières gelées apparaissent au mois de novembre et prennent fin au mois de mars. Ces dernières sont les plus à craindre surtout pour les arbres fruitiers tel que l'abricotier. La température minimale absolue est de  $-3,9^{\circ}\text{C}$  enregistrée durant le mois de janvier. Il est à noter que la moyenne mensuelle du nombre de jours de gelée pour le mois de janvier est de 06 jours et la moyenne annuelle des jours de gelée est de 11 jours (tableau 6).

Tableau 6: Moyennes mensuelles et annuelles des jours de gelées de la station de M'sila pour la période 1988 à 2008.

Mois	jan	fev	mar	avri	mai	juin	juil	aout	sept	octo	nove	dec	moy
Gelées (j/M)	5,52	1,62	0,76	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,38	2,62	10,90

Source: Station météorologique de M'sila

### Courbe ombrothermique

Les conditions climatiques de la zone étudiée sont sévères. Les températures élevées de l'été provoquent l'évaporation des sols et la transpiration des plantes. Les précipitations ne suffisent pas pour constituer une réserve utile à la plante. Lorsqu'on construit la courbe à partir des moyennes (PI et  $T^{\circ}$ ), où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec  $P=2T$ . On constate l'existence d'une période sèche très longue, allant du mois de février au mois de novembre, et une période humide très courte s'étalant du début de décembre à la fin de janvier (figure 6). Portée sur le climagramme d'Emberger, la station se positionne



dans l'étage bioclimatique aride à hiver tempéré, caractérisée par un été sec, très chaud et un hiver très froid; avec une sécheresse presque toute l'année.

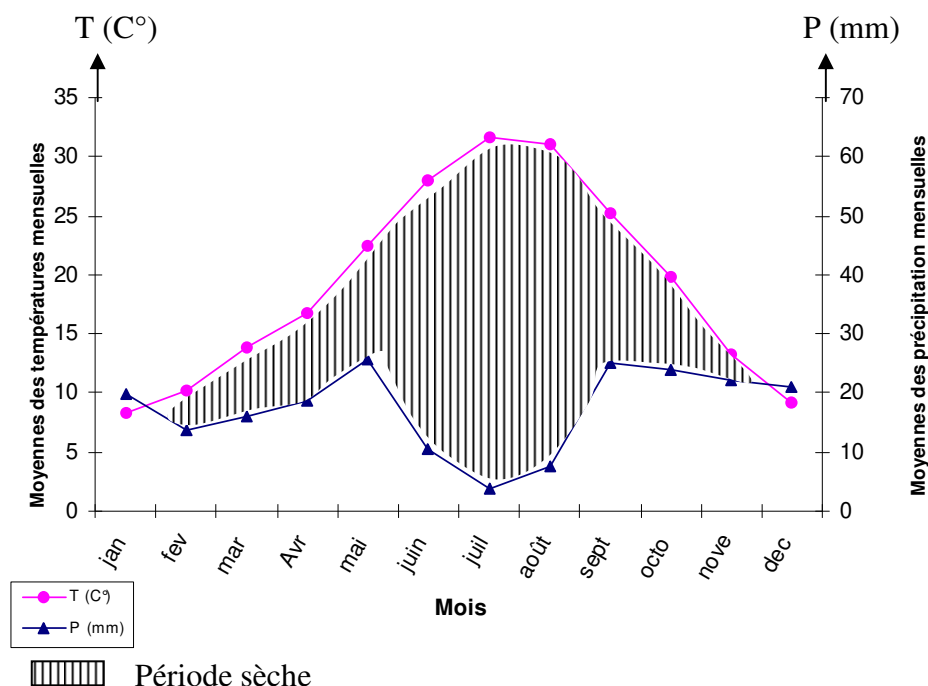


Figure 6 : Le diagramme ombrothermique de gaussen et bagnouls pour la période 1984 -2008 de la région de M'sila

### Synthèse climatique

Dans la région de M'sila, les spécificités climatiques et géographiques constituent un handicap naturel qui limite les productions agricoles. L'écosystème Steppique du territoire est fragile et des contraintes bioclimatiques fortes contrarient les cultures: aridité, irrégularité des pluies et augmentation de la température. L'adoption de pratiques intensives d'agriculture est donc rendue difficile par une pluviométrie globalement déficitaire, aléatoire, irrégulièrement répartie, à laquelle il faudrait ajouter les accidents climatiques tels que le gel (décembre à mars) et le sirocco qui affectent la région. L'élément qui devrait permettre de compenser le handicap pluviométrique est la gestion rationnelle des ressources en eau (sachant que la faible pluviométrie limite les écoulements permanents d'eau superficielle) notamment par l'irrigation. La question de l'irrigation des cultures est au centre des préoccupations notamment dans la région steppique, s'agissant d'une région aride majoritairement située au-dessous de l'isohyète 300 mm qui constitue la limite de la culture pluviale de l'orge. Toutefois la région est un bassin endoréique qui pose des problèmes de salinisation des sols et de drainage. La mobilisation des eaux de surface se fait par stockage dans le seul barrage

du K'sob, ce qui pose le problème de son envasement, et reprise vers le seul périmètre irrigué collectif du K'sob. Il apparaît clairement du diagnostic climatique que l'agriculture dans la région se heurte à un handicap naturel : sécheresse et aridité constituent une menace constante. Les contraintes agro climatiques ont délimité naturellement les frontières à la vocation agricole de la région.

## **3.2 CALCUL DES BESOINS EN EAU DES CULTURES**

Les ressources hydriques que peut mobiliser le barrage du K'sob sont estimées à 12,7 millions de m<sup>3</sup>. Ces ressources allouées en totalité à l'agriculture sont limitées alors que les superficies proposées à l'irrigation sont importantes (4035 hectares pour la campagne 2008). L'amélioration de l'état actuel du réseau peut améliorer l'efficacité de transport et de répartition en vue de satisfaire les besoins des cultures. La détermination des besoins en eau d'une culture nécessite la connaissance de divers paramètres tels que: les données climatiques, pédologiques et la connaissance de la plante. Selon Doorenbos et Pruitt (1975) cité par Ammar Boudjellal (2007), le climat est l'un des facteurs qui influe le plus sur le volume d'eau que la culture perd par évapotranspiration. Les pratiques agronomiques, les techniques d'irrigation, les engrais, les infestations dues aux insectes et aux maladies peuvent aussi influencer le taux d'évapotranspiration.

### **3.2.1 Conditions du milieu**

La programmation des irrigations ne peut se faire sans la connaissance des conditions du milieu. La plante utilise le sol comme un milieu de transfert pour son alimentation en eau et en éléments nutritifs nécessaires à son développement. Donc, les sols ont des caractéristiques physiques multiples et peuvent avoir des capacités de rétention différentes, appelées communément réserve utile (RU) qui se situe entre la capacité au champ (Fc) et le point de flétrissement (Wp). Une fraction de cette réserve utile (RU) est appelée réserve facilement utilisable (RFU) qui est puisée sans difficultés par les plantes en vue de se développer, de produire et de satisfaire la demande climatique (ETP).

#### **3.2.1.1 L'évapotranspiration potentielle (ETP)**

L'ETP est l'association de l'évaporation de l'eau à partir de toute surface et de la transpiration provenant des plantes quand la fourniture en eau n'est pas limitée. L'ETP peut être mesurée par l'utilisation des cases lysimétriques ou estimée à partir des

formules mathématiques, prenant en compte les variables climatiques (température, pluies, vent, etc.).

### **3.2.1. 2 L'évapotranspiration de référence (ET<sub>0</sub>)**

L'évapotranspiration de référence (ET<sub>0</sub>), est définie comme l'ensemble des pertes en eau par évaporation et transpiration d'une surface de gazon de hauteur uniforme, en pleine période de croissance, recouvrant complètement le sol et abondamment pourvue en eau (Allen et al,1998 cités par Ammar Boudjellal (2007). La détermination de l'ET<sub>0</sub> peut être faite : soit directement à l'aide de lysimètre, soit indirectement à l'aide de formules empiriques et théoriques qui combinent des variables climatiques. En se servant aussi de logiciels de simulation du bilan hydrique tel que le cropwat

### **3.2.1.3 Evapotranspiration potentielle de la culture (ET<sub>c</sub>)**

Pour répondre à la demande en eau des cultures, l'estimation de l'évapotranspiration en vue de la programmation de l'irrigation doit s'effectuer en se fondant sur le calcul de l'évapotranspiration maximale de la culture (E<sub>tm</sub>) et de la pluie efficace (P<sub>e</sub>) d'après Doorembos et Pruitt (1975,1977). Pour faciliter la tâche et dans un souci d'homogénéisation des modèles, les chercheurs sont arrivés à déterminer les besoins en eau des cultures, par la correction de l'évapotranspiration potentielle (ET<sub>0</sub>) par un coefficient (K<sub>c</sub>) appelé "coefficient cultural" en utilisant la formule suivante:

$$E_{tm} = K_c \times ET_0 \quad (1)$$

Dans ce cas, l'irrigation est préconisée lorsque l'E<sub>tm</sub> est supérieure à P<sub>e</sub>. La pluie efficace (P<sub>e</sub>) est la quantité d'eau retenue au niveau de la zone racinaire, donc utilisable par la plante. L'évapotranspiration de référence est calculée par la formule de turc et de Penman-Monteith utilisée par le logiciel cropwat. Donc, dans ce travail, nous proposons, la formule la plus appropriée en fonction des données disponibles. En effet, la combinaison de plusieurs facteurs climatiques (température, vent, humidité, rayonnement solaire) traduit une demande potentielle en eau (ETP). A chaque stade de développement d'une culture il y a une évapotranspiration maximale (E<sub>tm</sub>), lorsque toutes les conditions sont réunies (confort hydrique, présence d'éléments nutritifs). Enfin, à partir des valeurs de l'évapotranspiration nous estimerons les besoins en eau de l'abricotier, des céréales, oignon, fèves et de la carotte pour différents stades de

développement, puis les besoins en eau du périmètre et enfin la confrontation entre les besoins et les disponibilités.

### 3.2.1.4 Coefficient de culture (Kc)

La valeur du coefficient Kc (tableau 7) est largement affectée par la nature de la culture, sa hauteur, sa durée de cycle, et son taux de croissance, mais aussi par la fréquence des pluies ou de l'irrigation au début du cycle de la culture. Kc est donné par des tables (FAO, 1976, 1998)

### 3.2.2 CYCLE DE DEVELOPPEMENT DES PRINCIPALES CULTURES

Le cycle de développement est divisé en quatre phases caractérisant le développement du végétal. Ces phases sont la phase initiale, la phase de développement, la phase de mi-saison et la phase d'arrière-saison. Pour les cultures arboricoles, la phase initiale de l'abricotier a lieu entre le démarrage de la croissance en février et la floraison. La phase de développement se produit entre la fin du stade de croissance initiale et le moment où la culture atteint son plein développement. La phase de mi-saison se prolonge entre le moment où la culture couvre effectivement la totalité du sol et le début de maturité. Enfin, la phase d'arrière-saison a lieu entre la phase mi-saison et la récolte. Le coefficient cultural Kc est le rapport entre l'évapotranspiration de la culture (ETc) et l'évapotranspiration de référence (ET<sub>0</sub>), il varie au cours du cycle de développement de la culture, de son stade de développement, de l'état hydrique du sol et des conditions climatiques.

Tableau 7. Coefficients culturaux et durée des différentes phases de développement des cultures pratiquées au niveau du périmètre du K'sob durant la campagne 2006/2007

cultures	Démarrage	Kc ini	Kc mi	Kc ar	L ini	L dev	L mi	L ar	Durée totale
Céréales	Novembre	0,3	1,15	0,4	40	60	60	40	200 j
Abricotier	Février	0,45	0,9	0,7	20	70	120	60	270
Fève verte	Septembre	0,7	1,05	0,95	20	40	50	20	130
Oignon vert	Novembre	0,7	1	1	20	45	20	10	95
Carotte	Janvier	0,7	1,05	0,95	30	40	60	25	155

Kc ini, Kc mi, Kc ar : coefficient cultural en phase initiale, de mi-saison et d'arrière-saison, respectivement ; Lini, Ldev, Lmi, Lar : durée du développement en phase initiale,

de développement, de mi-saison et d'arrière-saison. La longueur de chaque phase de développement est indiquée en jours.

### 3.2.3 Formules utilisées pour calculer l'évapotranspiration

La connaissance de l'ETP est importante, ce paramètre conditionne l'abondance ou le déficit en eau pour la végétation. L'évapotranspiration peut être calculée par différentes méthodes. L'objectif est de définir la méthode de calcul de l'ETP la plus appropriée en fonction des données climatiques disponibles.

#### Formule de Turc

La formule qui permet d'estimer l'ETP mensuelle est la suivante :

$$ETP = 0,4 (I_g + 50) \frac{t}{t + 15} \quad (2)$$

Avec :

ETP : Evapotranspiration potentielle mensuelle (mm).

I<sub>g</sub>: La radiation maximale théorique donnée par des tables exprimée en cal/cm<sup>2</sup>/jour ; ne dépend que de la latitude de lieu.

t : température moyenne mensuelle (°C).

h : durée moyenne d'insolation (heures).

H : durée astronomique du jour (heures) s'obtient par des tables.

I<sub>g</sub> : radiation solaire globale du mois considéré sur une surface horizontale (calories/cm<sup>2</sup>/jour).

H<sub>r</sub>: humidité relative (%)

$$C: \text{terme correctif si } H_r < 50\%, \quad C = 1 + \frac{50 - H_r}{70} \quad (3)$$

#### Formule de Penman Monteith

Cette méthode intègre différents paramètres climatiques, elle s'écrit :

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma 900 U 2 \frac{(e_s - e_a)}{T + 273}}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 U 2)} \quad (4)$$

Avec

T : moyenne de la température de l'air à 2 m de hauteur en °C.

ET<sub>0</sub> : Evapotranspiration de référence (mm.j-1)

$\Delta$ : pente de la courbe de pression de vapeur, à la température moyenne de l'air (mbar.oC<sup>-1</sup>)

Rn : rayonnement net, exprimé en évaporation équivalente (mm.j<sup>-1</sup>)

G : flux de chaleur dans le sol (mm.j<sup>-1</sup>); souvent négligé

$\gamma$  : constante psychrométrique (0.66 mbar.oC<sup>-1</sup>)

es : pression de vapeur saturante à la température moyenne de l'air (mbar)

ea : Pression de vapeur dans l'air, à 2 m de hauteur (mbar).

Pour une zone cultivée :  $f(U_2) = 0.26 (1 + 0.54 U_2)$

U<sub>2</sub> : Vitesse moyenne du vent à 2 m de hauteur (m.s<sup>-1</sup>)

Cette formule est celle utilisée par le logiciel Cropwat et elle a été recommandée comme étant la méthode la plus appropriée pour déterminer l'évapotranspiration de référence lorsqu'on dispose des données climatiques sur la température, l'humidité, l'insolation et la vitesse du vent (Martin, 1992). Pour la formule de Penman-Monteith les données permettant de calculer l'évapotranspiration de référence sont :

- les coordonnées géographiques de la zone d'étude,
- les températures moyennes max et min;
- l'humidité de l'air,
- la vitesse du vent,
- la durée d'insolation.

### **Formule de Blanney-crydle**

C'est l'une des plus anciennes car en 1931 Harry Blaney pensait que l'ETP dépendait de deux facteurs essentiels :

- La force évaporante F.
- L'humidité relative de l'air ou le déficit de saturation.

A ce moment là, les auteurs ont envisagé une régression linéaire entre l'ETP et la température ; ensuite ils ont remarqué que l'ETP ne dépend pas seulement du potentielle énergétique F, dépensé pour actionner le déficit de saturation H mais aussi de la structure de la surface qui libère les molécules d'eau. Ce dernier est appelé facteur de correction K qui dépend directement du type de la plante.

Ainsi la première formule s'écrit :

$$ETP = F \cdot K (114 - H)$$

Enfin en 1945, les mêmes auteurs Blaney Harry et Criblle Wayne ont remarqué que

le facteur H joue un rôle moins important que prévu vis-à-vis du potentielle énergétique et à l'état de liaison de l'eau à la surface évaporante, alors pour simplifier le calcul, ils éliminèrent le H de leur formule qui devient ainsi :

$$ETP = K F$$

Où :

K : Coefficient propre à la couverture végétale considérée.

La formule de l'ETP climatique s'écrit de la manière suivante:

$$ETP = aF + b \quad (5)$$

Avec :

F : en mm/mois.  $F = P (0.46 t + 8.13)$

P : Durée d'éclairement en %

T : Température moyenne mensuelle en °C

a et b: Coefficients de correction en fonction de trois paramètres climatiques:

l'humidité relative, la vitesse du vent et l'insolation effective (rapport des heures d'insolation et de la durée astronomique de jour), les valeurs de a et b sont données par le tableau suivant:

Tableau 8: Valeurs des coefficients a et b de l'équation  $aF+b$

Insolation effective	Vitesse du vent (m/s)	Humidité relative (%)					
		Faible <20%		Moyenne 20-50%		Elevée >50%	
		a	b	a	b	a	b
Elevée 0.70-0.90	Faible 0-2	1.59	-2.02	1.45	-2.18	1.16	-1.96
	Modérée 2-5	1.77	-1.84	1.59	-2.11	1.25	-1.88
	Elevée 5-8	2.00	-1.86	1.73	-2.04	1.36	-2.00
Modérée 0.45-0.70	Faible 0-2	1.45	-2.00	1.30	-2.07	1.05	-2.00
	Modérée 2-5	1.66	-1.98	1.45	-2.00	1.14	-1.84
	Elevée 5-8	2.05	-2.23	1.57	-1.98	1.21	-1.80
Faible 0-0.45	Faible 0-2	1.25	-1.79	1.13	-1.71	0.89	-1.70
	Modérée 2-5	1.45	-1.91	1.23	-1.75	0.96	-1.66
	Elevée 5-8	1.61	-1.88	1.36	-1.82	1.02	-1.59

$$ETP = aF+b$$

L'application de cette formule à la station a permis d'obtenir les résultats qui ont été consignés dans le tableau 21 et reportée dans la figure 20.

Avec :

ETP<sub>clim</sub>: Evapotranspiration potentielle climatique (mm).

ETP<sub>cult</sub>: Evapotranspiration potentielle de culture (mm).

P : Durée d'éclairement en %

t : Température moyenne mensuelle (C°).

F: Force évaporante.

a et b: Coefficients de correction (tableau n° 8)

H : Durée astronomique du jour (heures) s'obtient par des tables.

h: Durée moyenne d'insolation (heures).

V: Vitesse moyenne de vent (m/s).

Hr: Humidité relative (%)

Pour le calcul de l'ETP culture, nous avons adopté les valeurs des coefficients proposés par j.Doorenbos et W.O.Pruitt pour des cultures en plein champ, qui ont les valeurs suivantes:

Saison humide: K<sub>c</sub>=0.70.

Saison sèche: K<sub>c</sub>=1.10.

Car la détermination des valeurs de K<sub>c</sub> exige un grand nombre de mesures expérimentales sur terrain.

### **Données climatiques**

Les paramètres climatiques disponibles sont ceux de la station de M'sila, ce sont des moyennes mensuelles calculées sur 25ans pour la pluviométrie et vingt et un ans pour les températures moyennes, les gelées et l'évaporation.

### **Pluie efficace**

Pluie efficace ou utile: elle représente la fraction des précipitations qui est effectivement utilisée par la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface et par percolation profonde. Prenant en compte le climat de la région, la méthode appropriée pour le calcul des précipitations efficaces est la formule mise au point par le département américain de l'agriculture (USDA) selon Penman Monteith convient bien à la région. Pour des précipitations moyennes inférieures à 250 mm/mois, on prend :

$$P_e = (125 - 0,2 P_{moy}) \frac{P_{moy}}{125} \quad (6)$$



### 3.3 RESSOURCES NATURELLES ET OUVRAGES DE DISTRIBUTION

#### 3.3.1 Barrage

Le barrage du K'sob, construit entre 1934-1939 et mis en eau en 1940 (René Arrus, 1985) est l'élément principal du système irrigué de la région. Situé à 15 km au nord de M'sila, il régularise les apports saisonniers de l'oued du K'sob. Le barrage contribue, lors des forts épisodes pluvieux, à l'écêtement des crues du bassin versant du K'sob (1470 km<sup>2</sup>). L'eau stockée dans la retenue du barrage, servira uniquement à l'irrigation des cultures. Nous signalons que les ressources en eau de surface étaient abondantes jusqu'au début des années soixante. A partir de cette date, la pénurie d'eau d'irrigation s'est ressentie au niveau du périmètre dû notamment à l'envasement progressif du barrage, aux irrégularités des apports pluviométriques et au développement des cultures arboricoles à plus forte consommation en eaux. En 1972, la digue du barrage a subi une surélévation de 15 m pour augmenter la capacité de l'ouvrage à 28 hm<sup>3</sup>. Actuellement, les ressources en eau du barrage sont réduites de nouveau de moitié passant ainsi de 28 millions de m<sup>3</sup> à 12,5 hm<sup>3</sup>. Donc, l'envasement continue d'être un problème important : il mobilise encore environ plus de 50% de la capacité de la retenue. Le potentiel hydrique s'articule autour de la pluviométrie, de la mobilisation des eaux de ruissellement et de l'exploitation des nappes phréatique et profonde. Les ressources en eau sont de trois types (ONID):

- Le barrage du k'sob a un volume annuel moyen utilisable de 12,5 hm<sup>3</sup>/an ;
- Les sources dites du "hammam" ont un volume annuel moyen estimé à 3,9 hm<sup>3</sup> ;
- Les forages ont un volume annuel moyen estimé à 3,3 hm<sup>3</sup>.



Figure 7: Vue en amont du barrage du K'sob

### 3.3.2 Eaux souterraines

L'insuffisance en eau du barrage est devenue un handicap majeur poussant les agriculteurs en aval du périmètre à s'orienter vers les forages. Ainsi, 46 forages ont été réalisés par des agriculteurs privés. D'après une enquête d'investigation réalisée en mars 2009, sur 50 exploitations agricoles, 11 utilisaient les eaux souterraines au moyen de forages dont la profondeur peut aller jusqu'à 220 m, elles sont toutes situées en zone avale (annexe2). L'irrigation mixte (eau de surface, eau souterraine) est utilisée par les agriculteurs de la zone avale pour augmenter le débit dans les seguias et diminuer ainsi le temps de fonctionnement du dispositif de captage qui, en utilisation unique, demande une durée en temps importante selon la culture.

En zone amont, la même enquête montre que 4 exploitations ont recours à l'eau souterraine pour l'irrigation en cas de rupture du réseau de surface ou en raison de l'indisponibilité de l'eau du barrage.

### 3.3.3 Ouvrages de distribution

Le réseau d'irrigation est de type ramifié, constitué de canaux portés en éléments préfabriqués, il présente les caractéristiques géométriques indiquées en tableau 9. Le schéma du réseau de distribution de l'eau de surface à partir du barrage K'sob est donné en figure 8.

Tableau 9: Type de canaux et caractéristiques géométriques

Type de canaux	Longueur (m)	Diamètre (mm)
Le canal tronc commun	11.000	1800
Les canaux principaux et secondaires	44.210 dont 14.540 enterrées (Ø 600 à 1250mm)	1000 à 1600
Les canaux tertiaires	109.650	35, 40, 50
Le canal de l'ingénieur et le canal F1-F7	4000	-

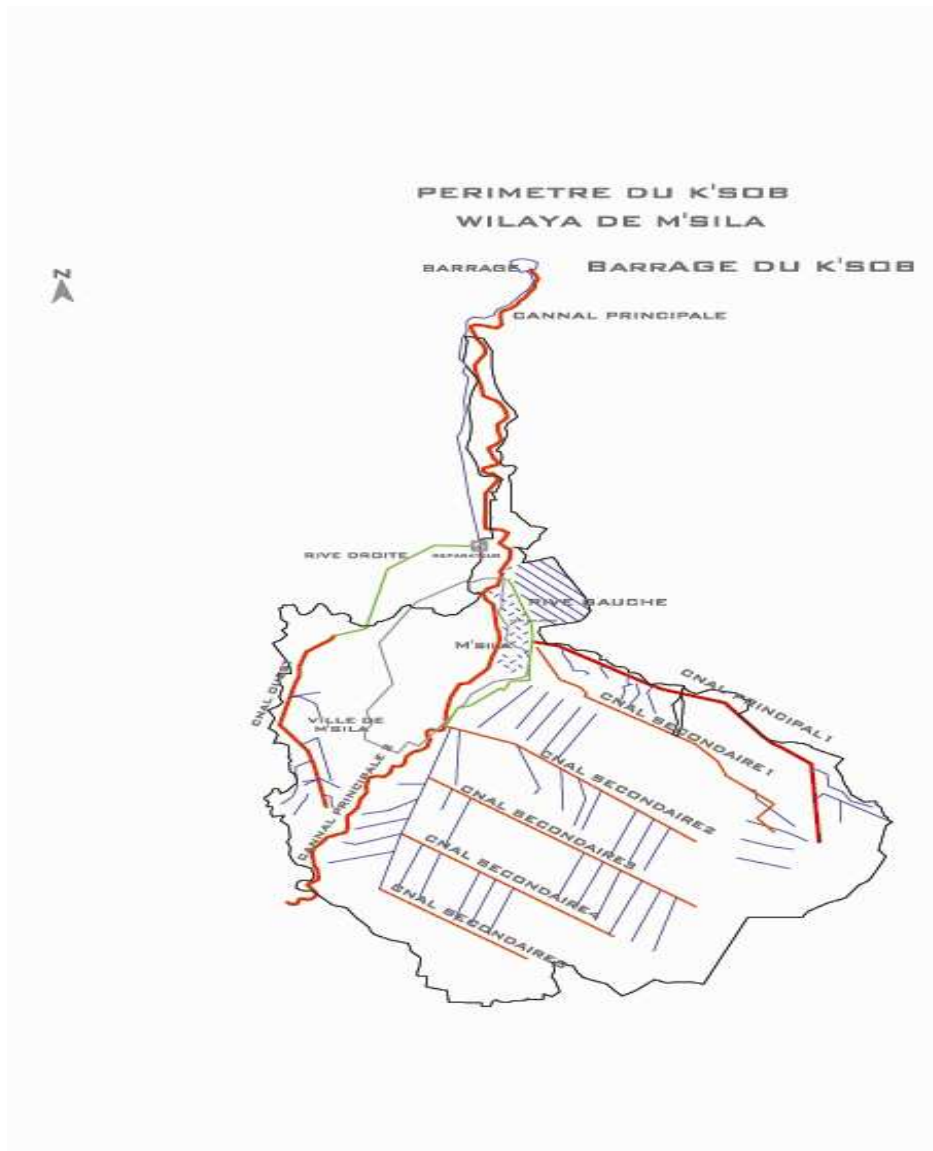


Figure 8: Réseau d'irrigation du périmètre du K'sob

### 3.3.4 Qualité des eaux et des sols

D'après les résultats d'analyses tableaux 10 et 11, les eaux sont aptes à l'irrigation (Ifagraria, 1966, Dekkiche et *al*, 2003). Selon le diagramme de classification des eaux d'irrigation (Figure 9), l'eau du barrage et des sources appartient à la classe C2 S1 dont le risque de salinité est moyen avec une faible alcalinité.

Tableau 10 : Résultats d'analyse de l'eau

Données	Eaux du barrage		Eaux de source	
	mg/litre	meq/litre	mg/ litre	meq/litre
Ca	110	5,5	190	9,5
Mg	40	3,3	80	6,6
Na	54	2,3	110	4,7
SAR		1,1		1,6
Ca <sup>++</sup>	105	5,2	170	8,5
Mg <sup>++</sup>	36	3	64	5,3
Na <sup>+</sup>	80	3,5	110	4,7
SAR		1,7		1,8

Etude Ifagraria: 66/67

Tableau 11 : Résultats d'analyse de l'eau du barrage

Analyses	Résultats
K <sup>+</sup> (meq/100g)	1,07
Na <sup>+</sup> (meq/100g)	3,15
Ca <sup>++</sup> (meq/100g)	14,15
Mg <sup>++</sup> (meq/100g)	0,75
Sulfate (SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> ) (meq/l)	1,16
Chlorures (Cl <sup>-</sup> ) (meq/l)	8,09
Carbonates (CO <sub>3</sub> <sup>--</sup> ) (meq/l)	3,15
Bicarbonates (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (meq/l)	6,13
CE (dS/m)	0,68
SAR	1,15

INSID/octobre2003

Laboratoire de salinité des sols des USA

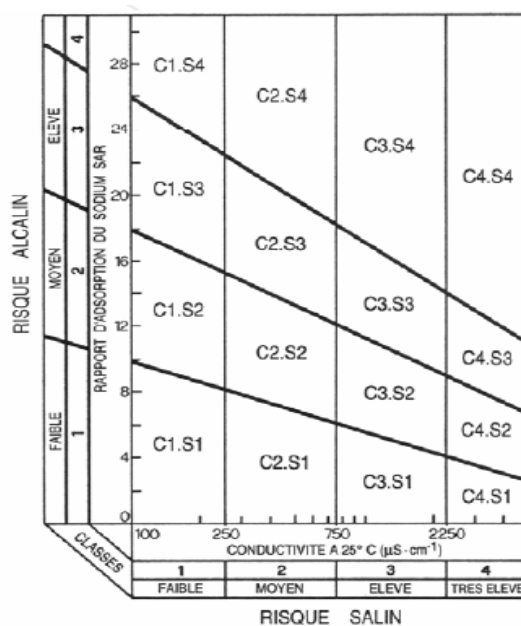


Figure 9: Diagramme de classification des eaux d'irrigation

Les quelques points d'eau situés dans les zones de Boukhmissa, Nouara et ouled bouaker (annexe 3) présentent une salinité de 2 à 3 mmhos/cm et sont rarement utilisées d'après les affirmations des agriculteurs. Les eaux des forages situées en dehors des zones suscitées sont de qualité acceptable (annexe 3).

### **3.3.5 Les sols :**

Les sols de la zone d'étude appartiennent à quatre classes fondamentales (figure 10) et sont classés du point de vue aptitude à l'irrigation (T.Boyadgiev et J.M.Kots, 72) de la manière suivante:

#### **Classe I**

##### **Sols peu évolués d'apport alluvial steppisés superficiels 610 Ha**

On les trouve surtout liés avec les grands oueds sur des terrains plats. Les sols se caractérisant par des couleurs brunes jaunâtres et oranges jaunâtres par des textures limoneuses ou limono argileuse à structures polyédriques faiblement développées. Ils ont du calcaire différencié comme amas ou nodules en profondeur, on trouve parfois une micro-cristallisation de galeries gypso salines.

La conductivité électrique est de (1.2 à 1.3 mmohs) a la surface est augmentée à (4.3 mmohs) en profondeur. La perméabilité est faible les sols sont bons pour l'irrigation et classés dans la classe I à II. On conseille un enrichissement en matière organique et en engrais (phosphaté est azoté).

#### **Classe II**

##### **Sols peu évolués d'apport alluvial modaux superficiels 718 Ha**

La plus part est située le long des oueds les plus importants l'oued K'sob, l'oued M'sila et l'oued attia , ils occupent des terrains plats . Ces sols se caractérisent par des couleurs brunes jaunâtres à brunes olivâtres, par une texture variable et une structure polyédrique subangulaire, ils ont une bonne porosité, ils contiennent beaucoup de calcaire et peu de gypse et de sels. Les sols sont dans la partie supérieure (40cm) limono argileuse fine, devenant limono sableuse en profondeur. La conductivité électrique augmente en profondeur mais ne dépasse pas les 5mmohs.

Ils sont aptes à l'irrigation (classe II) il est conseillé de prévoir une quantité d'eau pour le lessivage des sols, l'humectation doit se faire jusqu'à la profondeur dont on a besoin. Il faudrait ajouter aussi des engrais chimiques (phosphate et azote) et matière organique.

### **Siérozems à amas et ou nodules calcaires superficie 931 ha**

Ils sont situés irrégulièrement dans la partie ouest du périmètre de M'sila, ils occupent des endroits plus élevés et accidentés. Ces sols sont de couleurs brunes jaunâtres et oranges jaunâtres, de texture moyenne qui devient plus légère en profondeur, la structure est motteuse à la surface. Ils sont calcalifères, dans la partie supérieure se trouve du gypse ou des sels cristallisés. La texture est limono argileuse a la surface et plus légère (limoneuse) en profondeur, ils ne sont pas alcalins, la C.E = 1 et 4 mmohs. La perméabilité (après 6 heures) en moyenne est de 27 mm/min et en profondeur (à 30cm) 20mm/min. Ils sont aptes à l'irrigation, ils se placent dans la classe II pour l'irrigation la méthode d'aspersion est à envisager.

### **Classe III**

### **Sols peu évolués vertiques superficies 733 Ha**

Une grande partie de ces sols est située le long de l'oued K'sob , en outre on les trouve dans quelques petites parties séparées dans le nord – ouest sur des terrains plats. Ils sont de couleur grise jaunâtre, brun jaunâtre et olivâtre leur texture est lourde avec une tendance à devenir plus légère en profondeur, la structure est motteuse à polyédrique en surface, fentes de retrait le long du profil, ils sont poreux en surface et compactes en profondeur, ils sont calcalifères. Le gypse est le sel se manifestent sous forme de taches.

Les textures limono argileuses, ils sont pauvres en gypse (0.17 à 5%) la C.E est faible (1.2 à 5.5mm/has). La perméabilité est très faible 0.2mm/min et à 30cm de 0.6mm/min. Les sols peu évolués vertiques sont classés dans la classe III qui est moyennement bon pour l'irrigation, leur défaut est la lourde texture l'humectation de ces sols doit se faire jusqu'à 50cm avec un lessivage périodique. Il faut enrichir ces sols en engrais, azotés et phosphatés et faire des labours profonds.

### **Sierozems à amas et ou nodules calcaires gypseux Superficie 390 ha**

La quantité de gypse augmente en profondeur, comme des amas galeries et microcristaux devenant plus concentré dans la partie inférieure où il forme un horizon gypseux dur et cimenté. Le pourcentage de gypse à la surface est faible peut atteindre 58% dans la partie moyenne, ces sols montrent une accumulation de valeurs plus hautes pour le calcaire actif (15 à 23%). Ces sols sont moyennement aptes à l'irrigation, ils sont placés dans la classe III.

## Classe IV

### Sols peu évolués vertiques halomorphes 1346 ha

Ils occupent des plaines vastes avec reliefs quasi plat dans toute la partie méridionale du périmètre, presque toute la superficie au sud de la route de M'sila – Barika et la méridionale entre oueds el Karma et M'sila est occupée par ces sols.

Leur couleur est brune jaunâtre à orange jaunâtre, parfois brune olivâtre de texture lourde, la structure est motteuse en surface. Ils montrent des faces de glissements et des fentes de retrait parfois à la surface de 3 à 4 cm, Ils sont calcaifères avec accumulation de gypse et de sel, dans la partie supérieure, le gypse se manifeste en taches et galeries, devenant plus concentré et dense en profondeur (micro cristaux de gypse). Les textures sont limoneuses ou limoneuse argileuses fines, en profondeur il y'a une tendance de texture plus légère, ces sols sont salins (4 à 15 mmohs) le type de salinisation est sulfatée, chlorurée ou chlorurée sulfatée. Les sols appartenant à la classe Iv sont situés dans l'est de la région, au nord de l'oued attia ces sols sont plus aptes à l'irrigation, étant donné une meilleure structure et une meilleure perméabilité, avec un lessivage périodique, en hiver. Il faut choisir l'orge et le blé comme culture, l'enrichissement en matière organique, azoté et phosphaté sera préférable.

#### Conclusion

Du point de vue aptitude à l'irrigation, les sols au nord et à l'est de l'oued Attia, on considère que les premiers ont une meilleure aptitude à cause d'une structure plus favorable et une meilleure perméabilité en profondeur. Les sols du périmètre du K'sob sont tous affectés par des sels solubles. La carte de conductivité électrique ci-jointe (annexe 4) montre une augmentation des sels dans la partie méridionale. Il est conseillé d'être prudent en cas d'irrigation surtout pour les sols à texture fine. Il faut prévoir régulièrement un lessivage afin de prévenir une augmentation des sels.

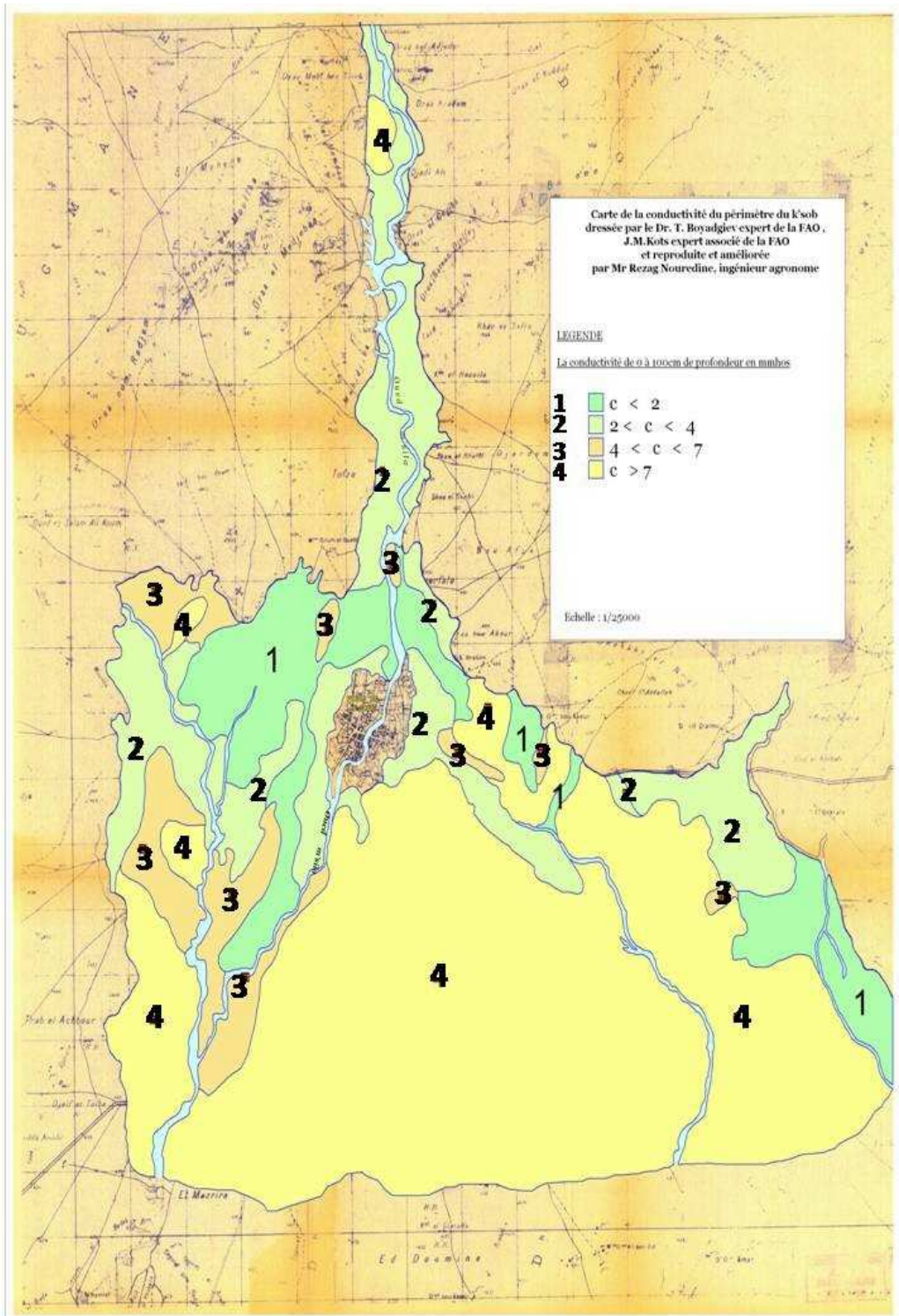


Figure 10: Carte des classes des sols



### 3.4 ORIENTATION DES EXPLOITATIONS AGRICOLES

#### 3.4.1 Caractérisation socio-économique des exploitations agricoles

Les exploitations agricoles du périmètre du K'sob sont au nombre de 2086 (tableau 12) et s'étendent sur une superficie totale équipée de 4840 ha. La structure foncière des terres est nettement dominée par un statut juridique privé où l'on rencontre une majorité de petites exploitations dont la superficie est inférieure à 5 ha. La répartition des exploitations, selon les classes de SAU est de 37% pour celles ayant une superficie de moins de 1 ha; 41 % de 1 à 5 ha et 22 % de 5 ha et plus (tableau 13).

Un autre élément important concernant l'agriculture dans le K'sob est l'âge relativement avancé des agriculteurs. En effet, les plus de 50 ans représentent une forte proportion soit 67,9% du nombre total, ce qui influe sur la productivité agricole au sein du périmètre (tableau 14). Il est ainsi fréquent que les membres des familles disposent d'emplois extra agricoles tels que fonctionnaire, maçon, soudeur, chauffeur, manœuvre ou gardien ce qui apporte une relative stabilité aux petites exploitations.

Tableau 12: Répartition des exploitations par commune (RGA 2001- ONID )

Wilaya	Commune	Privé	EAC	EAI	Pépinière	Total
M'sila	M'sila	857	12	123	02	994
	M'tarfa	700	-	-	-	700
	Souamaa	392	-	-	-	392
Total périmètre		1949	12	123	02	2086

Tableau 13: Nombre d'exploitation par classe de SAU

Périmètre	Classes de SAU							
	<1000m²	1000à2500m²	2500à0.5ha	05à 1ha	1à5ha	5à10ha	10à20ha	>20ha
K sob	154	316	218	95	851	242	119	91

Tableau 14: Structure des âges des exploitants du périmètre (RGA 2001)

Classe des âges (ans) des exploitants		
<35 ans	35 à 49ans	>50 ans
147	523	1416
7%	25,10%	67,90%

### 3.4.2 Systèmes de production

Comme dans la plupart des plaines irriguées d'Algérie, le paysage agraire est dominé par la céréaliculture et l'élevage ovin en raison de la nature du climat et des conditions socioéconomiques des populations rurales. Depuis bien longtemps, les agriculteurs du K'sob ont adopté un système de production basé sur l'association élevage - céréales expliquant par là, la présence d'un cheptel important réparti entre les exploitations du périmètre (annexe 5). Lorsque les disponibilités en eau du barrage sont suffisantes, la culture de l'orge occupe une superficie importante (3300 ha). Il est brouté en vert par les animaux pendant la saison hivernale. Actuellement l'élevage est indispensable à l'activité économique de l'exploitation puisqu'il fournit beaucoup de produits, comme la viande, le lait, la peau, la laine.

La densité d'élevage est de 2,54 têtes par exploitation pour les bovins, 20 têtes ovines et 7,5 têtes caprines par exploitation pour le reste des élevages, on cite l'équin le camelin l'aviculture et l'apiculture. Dans la zone amont du périmètre, le système de cultures dominant est l'arboriculture fruitière illustrée par l'abricotier (tableau 15). On y rencontre aussi du maraîchage qui se fait en intercalaire. Les superficies des exploitations varient de 0,5 ha à 4 ha.

Tableau 15: Répartition des cultures dans le périmètre (source, ONID)

cultures	Lieux dits	zones
-Arboriculture -Maraîchage	-Boukhmissa -Les jardins -Sbaa el gharbi (Lebkhata)	-Amont  (partie nord du périmètre)
-Céréaliculture	-Mezrir -Sbaa el guebli -ex.Ferme pilote	-Avale  (partie sud du périmètre)

Sur la partie avale, on trouve la céréaliculture fortement représentée par l'orge et le blé spécifiques à cette zone du périmètre en association avec l'élevage ovin. Les superficies des exploitations sont de 3 ha à plus de 50 ha. L'examen des cultures pratiquées permet de constater un assolement stable, depuis longtemps, à savoir arboriculture – maraîchage en intercalaire et céréales- jachère ou céréales -fourrage.

On note une très faible présence des cultures maraîchères et fourragères cela est du aux faibles disponibilités en eau d'irrigation liées au tour d'eau et à l'incertitude des approvisionnements

### **Céréales**

Les céréales occupent une place importante dans le système agricole du périmètre du k'sob, en effet, elles représentent près de 65% de la superficie irrigable du périmètre, soit environ 3000 ha. Elles sont pratiquées en irrigué et en sec (en absence de l'irrigation) et jouent un rôle important dans la vie de l'agriculteur. C'est en effet une sécurité alimentaire pour l'agriculteur, un aliment essentiel pour le bétail et permet, d'année en année, d'améliorer les propriétés physico chimiques du sol.

La sole céréalière bénéficie d'une à deux irrigations par an, généralement en automne, suite aux lâchers des eaux excédentaires du barrage. Malheureusement les rendements restent toujours faibles en raison de l'absence des irrigations au moment opportun où la culture des céréales en a le plus besoin (mars avril) ce qui est préjudiciable, pour les agriculteurs céréaliers qui ont perdu tout espoir au cours de ces dernières années. Il apparaît donc nécessaire d'y remédier par la réhabilitation du réseau et l'amélioration de l'irrigation à la parcelle afin de rétablir la confiance entre les exploitants et l'ONID.

### **Abricots**

L'abricotier est la culture phare de la plaine du K'sob et plus particulièrement la partie nord de celle-ci qui recèle des variétés très appréciées. Elle représente 20,3% de la superficie irrigable correspondant à 935 ha avec une production moyenne annuelle de 140 à 150 qx. Elle a bénéficié d'un intérêt particulier durant ces dernières années à la faveur de la mise en œuvre des différents programmes de développement tendant à augmenter la superficie de l'arboriculture fruitière et donc la production (PNDA, PNDAR). En six ans, cette dernière a pratiquement quadruplé, passant de 76 500qx en 2000 à 376 000 qx en 2006 dans toute la wilaya (figure 11). Comparée à la production de la campagne 2004/2005, la production de la campagne 2005/2006 a augmenté de 240 000 qx à 376 000 qx (annexe6). *La production du périmètre représente environ 40% de la production totale de la wilaya.* En 2001-2002, une diminution de la production a néanmoins été observée en raison des mauvaises conditions climatiques et d'une mauvaise pluviométrie en particulier.

Tableau 16: Evolution des superficies de l'abricotier

Année	Superficie (ha)
2000	2880
2001	3200
2002	3400
2003	6010
2004	6310
2005	6600
2006	6700
2007	6870
2008	7000
2009	8000

Source: DSA, M'sila, 2009

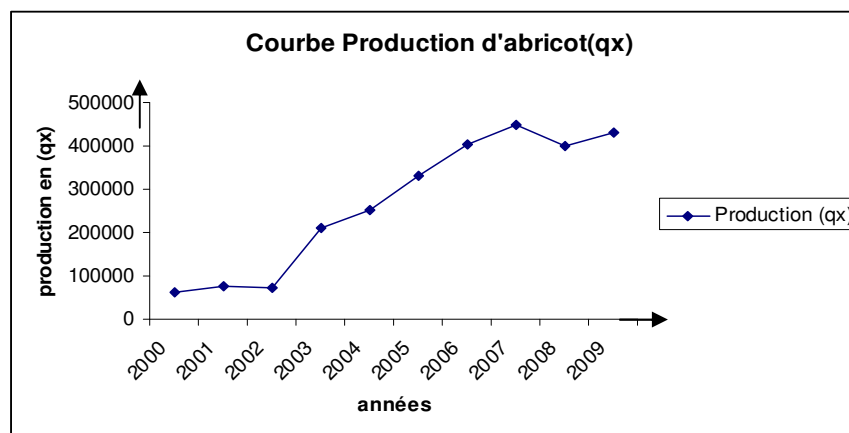


Figure 11: Courbe de la production d'abricots

### 3.4.3 OCCUPATION DU SOL A L'INTERIEUR DU PERIMETRE

La superficie destinée à l'irrigation pour la campagne 2008 a été évaluée à 4035 ha. L'abricotier occupe 935 ha répartis de façon homogène dans la partie amont du périmètre. Le maraîchage, constitué de 20ha de carotte, 20ha d'oignon et 60ha de fève, n'apparaît du point de vue irrigation qu'en intercalaire avec la culture de l'abricotier. Les céréales qui dominent le paysage agricole de la partie avale occupent 3000 ha qui ne sont que partiellement irrigués.

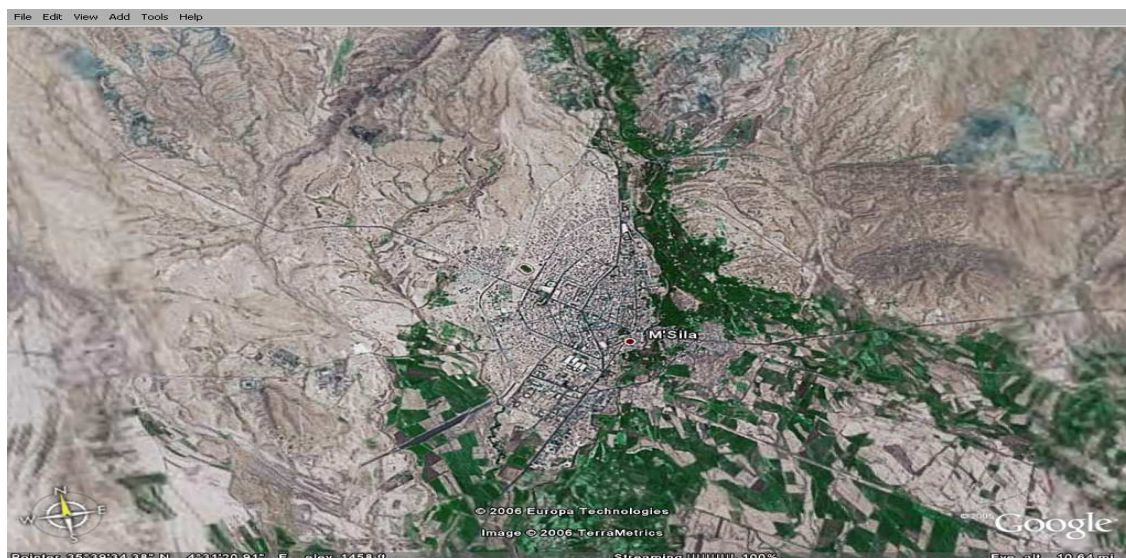


Figure 12: Vue d'ensemble du périmètre irrigué du k'sob, image, 2006

### Rendement agronomique

Les niveaux des rendements réalisés dans le périmètre sont relativement faibles et stables depuis des années et ne reflètent pas le dynamisme observé sur le terrain (tableau 17). Cette situation est due, entre autres, à l'insuffisance des irrigations qui sont étroitement liées aux ressources en eau limitées. Si on prend en considération les potentialités du milieu et l'optimisation des facteurs de production, il est possible de réaliser des rendements plus élevés par exemple une moyenne de 190 qx/ha pour les abricots, et 40 qx/ha pour les céréales.

Les céréales et l'abricotier sont les plus cultivés dans le périmètre par rapport aux cultures maraîchères qui n'enregistrent qu'un faible taux d'occupation de l'ordre de 2,5% de la superficie.

Tableau 17: Rendements agronomiques moyens des principales cultures dans la plaine du K'sob

Cultures	Rendements (qx)/ha
Arboriculture (abricotier)	140 à 160
Céréales (orge)	16
Fèves	45
Ail	30
Oignon	190

## 3.5 EXPLOITATIONS AGRICOLES SUIVIES

### 3.5.1 PRESENTATION

Les exploitations agricoles suivies sont au nombre de trois, situées dans la zone des jardins, au lieu dit "Nouara" au Nord-Est de la rive gauche du périmètre (figure13). Le choix de cette zone est justifié par ses potentialités en eau et en sol et la disponibilité des agriculteurs à accueillir ce travail d'enquête sur les pratiques d'irrigation.



Figure 13 : Situation des trois exploitations agricoles sur une image satellite google earth

#### **Exploitation 1**

Elle a une superficie de 1ha. La parcelle de suivi couvre 0,12 ha. Elle porte une culture d'abricotier, variétés bullida et louzi rouge, mise en place en 1975/76, les arbres sont disposés en 5 m \* 10 m le mode d'irrigation se fait par planche.

La campagne d'irrigation a débuté la fin du mois de janvier. L'alimentation en eau de l'exploitation se fait par siphonage (04 tuyaux en PEBD de Ø 80 mm chacun) à partir d'un canal P1 distant de la première parcelle de suivi de 80 m. Ensuite l'eau est déversée dans une seguia en terre. Laquelle seguia fournit l'eau à 2 blocs de 50m \* 100m chacun, comprenant respectivement 05 planches de 04m \* 100m chacune.

#### **Exploitation 2**

Elle a une superficie de 1ha. La parcelle de suivi a une superficie de 0,12 ha avec une culture d'abricotier, variétés bullida et louzi rouge, plantée en 1976/77. Les arbres sont disposés en 5 m \* 10 m le mode d'irrigation se fait par planche. L'alimentation en eau de l'exploitation se fait à partir du canal P1 à une distance de 184m.

### Exploitation 3

Elle couvre une superficie de 3,78 ha. La parcelle de suivi est de 0,12 ha. Elle comporte une plantation d'abricotiers, de variétés, bullida et louzi rouge de Msila, année de plantation 1984/85. Les arbres sont disposés en 7m \* 10 m. Cette exploitation est irriguée par le système gravitaire par planche et est alimentée par un canal tertiaire (F2), muni d'un module à masque, et une seguia en terre. La distance de la prise jusqu'à la parcelle est de 106 m.

Les trois exploitations sont situées sur des sols peu évolués, gris subdésertique, modal, à texture limono argileuse (tableau 18). Le sol est dans la partie supérieure limono argileux fin, pauvre en matière organique, le rapport C/N est en moyenne de 9, ce type de sol présente des agrégats polyédriques et granuleux lorsque la fraction de sable est abondante.

Le profil en long indique des variations évidentes dans la distribution du carbonate de calcium qui montre une tendance à une légère accumulation de sels dans les horizons inférieurs. La conductivité électrique augmente en profondeur mais ne dépasse pas les 2,1 mmhos/cm. Les paramètres hydrodynamiques pour chaque horizon de sol sont donnés dans le tableau 19.

Tableau 18: Propriétés physiques et chimiques du sol

profondeur	Granulométrie				Solution du sol	Ca CO <sub>3</sub> %	C/N
	A	L	S	pH	CE mmhos /cm		
0- 35 cm	32	19,5	48,5	8,2	1,5	39,4	10
35-50 cm	49	26	25	8,2	1,8	29,8	10
50-80 cm	37,5	27,5	35	8,3	2,1	41,1	9

Source:étude ifagraria 1967

Tableau 19: Caractéristiques physiques du sol des trois exploitations

Caractéristiques physiques	Profondeurs (cm)		
	0-35 cm	35-50 cm	50-80 cm
Densité apparente	1,2	1,1	1,1
Capacité au champ (%)	18,9	25,4	25,7
Point de flétrissement (%)	6	13	9

Source:étude agro pedologique ifagraria 1967

### 3.5.2 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Les exploitations sont desservies par le réseau d'irrigation du périmètre et pratiquent l'irrigation gravitaire par planche (figure 14), les dimensions des planches sont en général de l'ordre de 4 m \*100m, délimitées par des ados de 20 à 30 cm, le fond des planches présente des irrégularités par manque de nivellement régulier. L'eau est amenée à la parcelle par un canal en terre, ensuite elle est introduite dans la planche avec des débits moyens variant entre 23 à 30 l/s. L'eau circule librement dans la planche, sous l'effet de la gravité et elle est coupée d'après le jugement de l'irrigant. Un à deux ouvriers conduit l'irrigation. Ils déterminent, visuellement la durée de l'irrigation en fonction du remplissage de la planche.

La main d'eau est fournie au moyen de quatre tuyaux de diamètre 80 mm (siphonage) installés au milieu d'un canal principal pour alimenter les deux premières exploitations. Contrairement à la troisième exploitation où la main d'eau est fournie au moyen d'un module à masque et par un canal en terre en cas de rupture de l'alimentation en eau par le biais des canaux portés. Le principal problème de l'utilisation de ce système est le canal en terre qui se dégrade par endroit faute d'entretien.



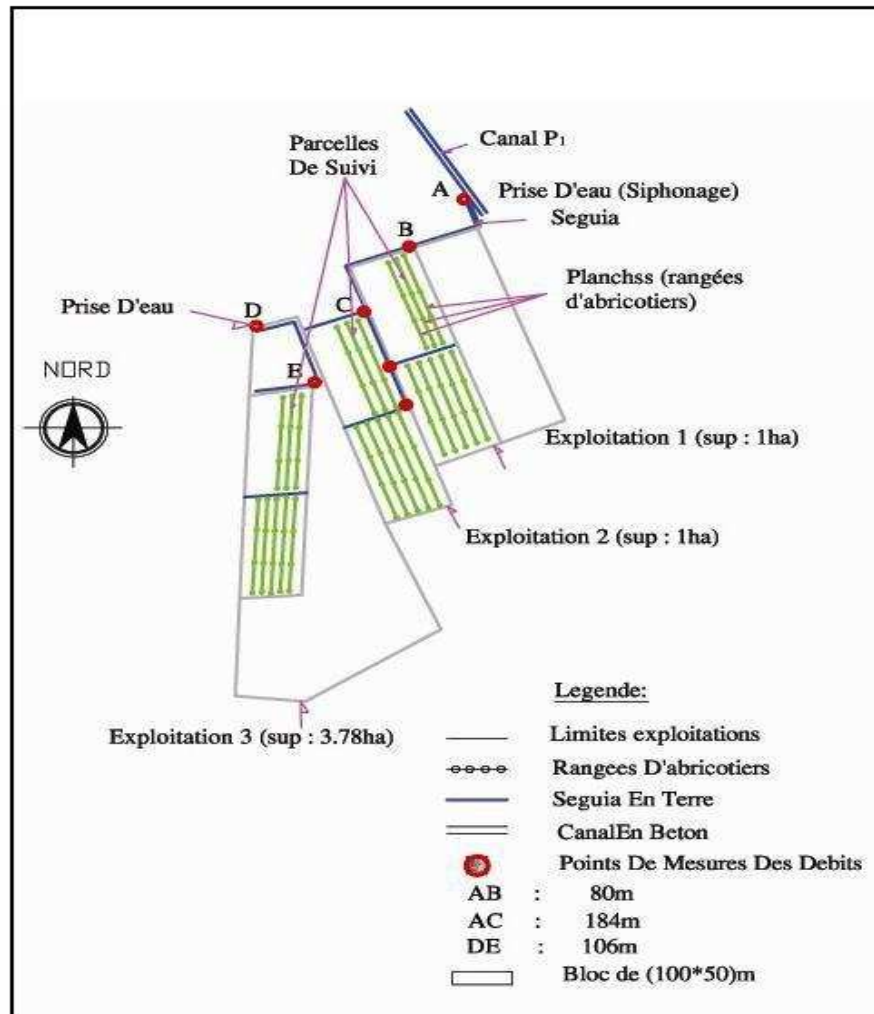


Figure 14: Alimentation en eau des exploitations agricoles de suivi

La culture de l'abricotier pratiquée est constituée de deux variétés (annexe7): Le Bullida, d'origine espagnole, qui était essentiellement cultivée dans la région de Murcie. Le fruit est de calibre moyen et de couleur jaune orangée clair, il est ferme. En Algérie sa maturité a lieu vers mi-juin, et dans la région d'étude, elle est plus précoce (début mai). Le Louzi rouge: originaire de M'sila, de bonne vigueur et de bonne productivité, calibre moyen, chair très fine, épiderme épais fortement coloré en rouge, sa maturité se situe vers le début de Juin (figure15).

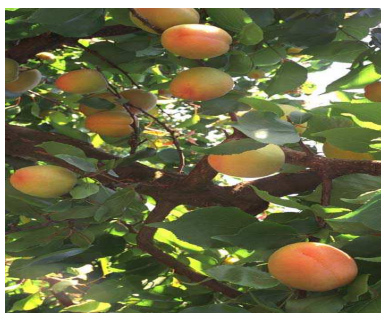


Figure 15: Fruits du *Prunus armeniaca*, les abricots

## 3.6 METHODES DE MESURE

### 3.6.1 Mesure de débits

La détermination du débit d'alimentation *in situ* s'effectue par une méthode simple qui consiste à utiliser un fut de capacité de 200 litres et quatre (04) tuyaux de diamètres de 80 mm (dans ce cas), plongés dans un canal (P1), ils permettent de dériver l'eau dans le fut tout en mesurant le temps de remplissage à l'aide d'un chronomètre, cet essai est répété trois (03) fois, pour minimiser le risque d'erreur et avoir un débit moyen exprimé en litre par seconde (figure 16).



Figure 16: Dérivation de l'eau du canal principal 1

#### - Pour les gros canaux en béton

La section étant constante, on détermine:

- La section mouillée,
- La vitesse.

Entre deux points A et B dans un canal, éloignés entre eux d'un minimum de 6m à 10m, on mesure la vitesse d'une bouteille en plastique de un litre remplie au  $\frac{3}{4}$  (Cemagref, 1990). Le débit (Q) sera égal au produit de cette vitesse par la section.

### - Pour les canaux en terre

C'est la même procédure que la méthode précédente. On choisit un tronçon de canal entre 6m et 10m de long, avec une section constante (figure17). La vitesse de l'eau dans le canal est estimée, en mettant une bouteille de plastique de un litre remplie au  $\frac{3}{4}$  d'eau. Plongée au milieu de ce canal à partir d'un point A connu puis on mesure à l'aide d'un chronomètre le temps mis par la bouteille pour atteindre le point B (Cemagref, 1990). Le débit (Q) sera égal au produit de la vitesse par la section.

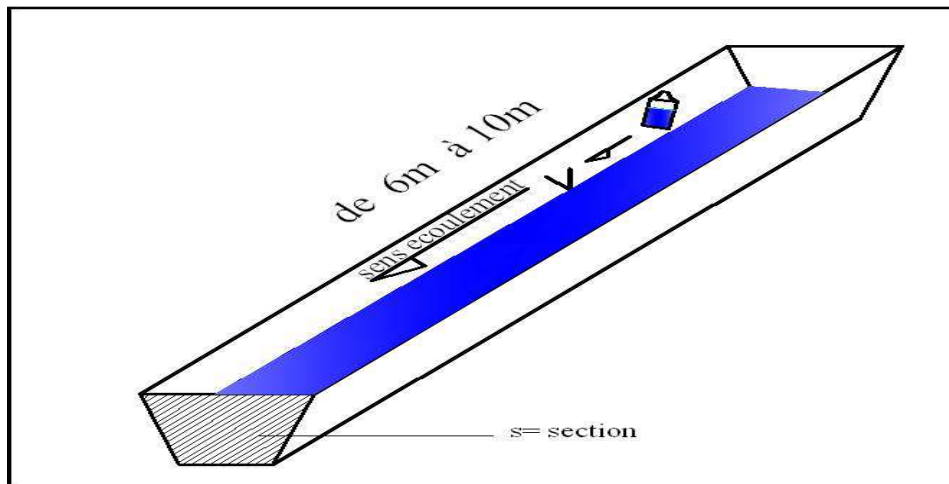


Figure 17 : Mesure de débit dans un canal

### - Pour des canaux en terre avec des débits entre 10 et 20l/s

On peut réaliser à côté du canal ou à son extrémité un fossé en terre de  $0,5 \text{ m}^3$  (figure18), le recouvrir d'un film en plastique et mesurer le temps de remplissage du fossé

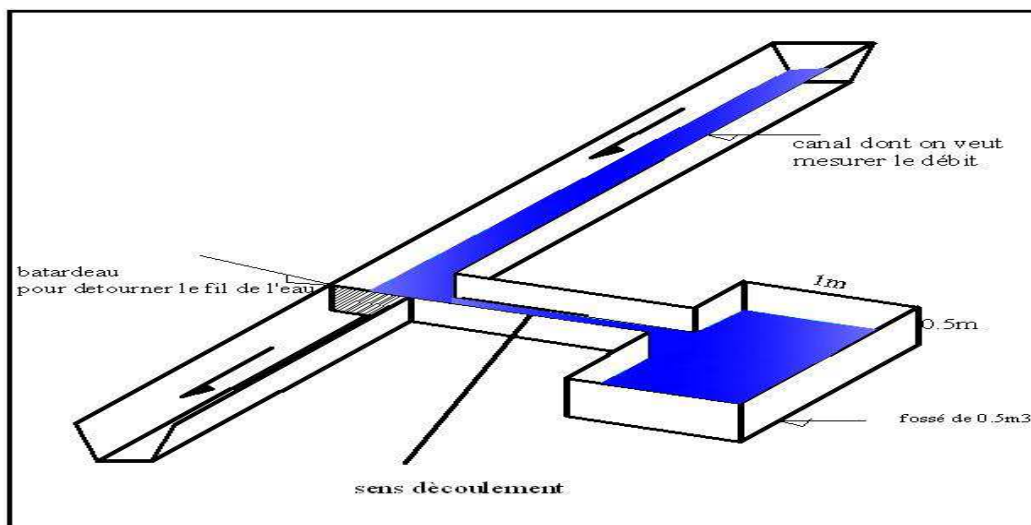


Figure 18 : Mesure de débit

Pour des canaux en terre ou seguia dont la largeur de la section est en moyenne de 40 cm on utilise des déversoirs parshall.

### 3.6.2 Mesure des doses dans les planches

#### Dose brute

L'estimation de la dose brute, c'est la détermination de la durée de l'irrigation par montre chronomètre, le débit utilisé en tête de la planche et la surface irriguée (Cemagref, 1990):

$$Dose\ brute = \frac{Débit \times temps}{surface\ arrosée} \quad (7)$$

Cette dose est généralement exprimée en millimètres (mm) ou en mètre cube par hectare (m<sup>3</sup>/ha) et plus rarement en litre par mètre carré (l/m<sup>2</sup>)

En estimant la quantité totale d'eau apportée sur la parcelle (nombre de planche\* dose moyenne brute). Cette quantité n'est pas totalement utilisable par la plante mais sa connaissance est indispensable pour savoir si l'on irrigue correctement en tenant compte: de la culture, de la nature et de la profondeur du sol (figure19).

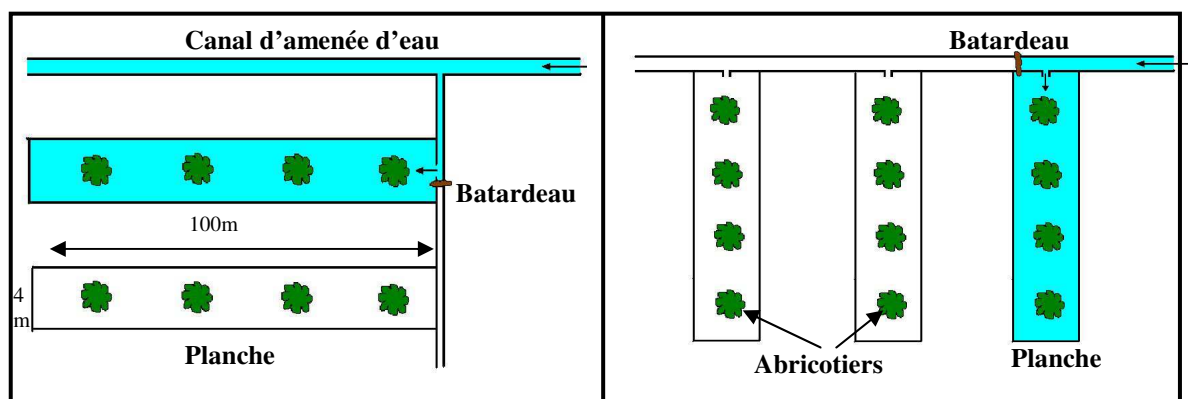


Figure19 : Mesure de la dose au niveau d'une planche

#### Dose stockable

C'est la dose que peut utilement stocker le sol dans ses couches, elle dépend de sa composition granulométrique, de son état physique et de la culture. Si on calcule la dose à partir du débit admis dans une planche d'irrigation dans un verger, la surface à prendre en compte dans le calcul de la dose et celle concernée par cette planche elle augmente avec la richesse en argile et diminue avec la teneur en sable.

Prélever des échantillons de sol aux profondeurs correspondantes aux types de cultures tableaux 20 à 25, annexe11. La détermination de la teneur en eau 24h avant l'irrigation se fait (la réelle de l'irrigation) comme suit:

- On pèse un échantillon de sol prélevé,
- Placer cet échantillon dans une étuve réglée à 105°C pendant 24 h,
- Puis peser l'échantillon de sol sec après son passage à l'étuve.

La teneur en eau est exprimée en (%), puis on procède à la détermination du stock qui s'exprime en (mm).

-La détermination de la teneur en eau 24 h après l'irrigation, même procédure que la précédente. La différence entre les deux stocks nous donne la dose nette stockée dans la couche du sol concernée (annexe11).

1- Au niveau de la couche1 : (0 -35 cm)

$$S1 = (\theta_{v35} \times Dz1) \quad (8)$$

S1 = stock d'eau dans la couche 1

$\theta_{v35}$  = teneur en eau à 35 cm

D z1 = Variation de la profondeur dans la couche 1

2- Au niveau de la couche 2 : (35-50 cm)

Intégration trapézoïdale

$$S2 = (\theta_{v35} + \theta_{v50}) \cdot \frac{Dz_2}{2} \quad (9)$$

S2 = Stock d'eau dans la couche 2

$\theta_{v35}$  ;  $\theta_{v50}$  : teneur en eau à 35 et 50 cm

Dz2 = la différence dans la profondeur.

3- Au niveau de la couche 3 : (50 - 80 cm)

$$S3 = (\theta_{v50} + \theta_{v80}) \cdot \frac{Dz_3}{2} \quad (10)$$

S3 = Stock d'eau dans la couche 3

### 3.6.3 Efficience de l'irrigation et d'utilisation de l'eau par les cultures

S'appuyant sur un travail de prospection, d'identification et de consultation, 3 exploitations agricoles ont été choisies et sont supposées représentatives des cultures dominantes (arboriculture fruitière) irriguées par planche. Sachant que l'irrigation gravitaire représente 98% de la superficie du périmètre du K'sob et s'accompagne de pertes en eau. Une des causes de ces pertes est sans doute les infiltrations de l'eau dans les seguias en terre et au niveau des planches.

En conséquence nous avons effectué, durant la campagne d'irrigation 2008, des séries de mesures, à l'échelle de la parcelle et de l'exploitation agricole, des différents facteurs (débits, dose brute, rendements...). Ensuite nous avons procédé à partir des résultats de ces mesures, à la détermination de quelques indicateurs hydrauliques, agronomiques et économiques (efficience de conduction des réseaux d'amenée d'eau à l'échelle de l'exploitation, efficience d'application à l'échelle de la parcelle et de l'exploitation, efficience agronomique, efficience économique).

## 3.7 INDICATEURS DE PERFORMANCE DE L'IRRIGATION

### 3.7.1 Indicateurs hydrauliques

#### A. Au niveau des canaux en terre

La méthode utilisée pour déterminer les quantités d'eau perdues dans un canal est la méthode de mesure du débit d'entrée et de sortie d'un canal en excluant tout prélèvement volontaire entre les deux sections. La perte d'eau entre les deux points de mesures correspond à la différence entre les débits mesurés. Le facteur qui peut influencer ou affecter la mesure des pertes en eau par la méthode de calcul des débits d'entrée et de sortie est le problème de la précision qui est l'handicap principal de la méthode adoptée. Pour cela plusieurs mesures répétitives ont été effectuées pour avoir un débit moyen. L'efficience de la conduction de l'eau dans le canal est définie par le rapport entre la quantité d'eau injectée en tête de la planche par celle récupérée en tête du canal de répartition :

$$E_d = \frac{Q_p}{Q_{tc}} \quad (11)$$

$E_d$ : Efficience de conduction

$Q_p$ : débit en tête de la planche.

$Q_{tc}$ : débit en tête du canal de répartition.

### B. Au niveau de la parcelle

L'irrigation gravitaire représente le mode d'irrigation le plus répandu. L'indicateur retenu (efficience d'application  $E_a$ ). Selon Burt et al (1997),  $E_a$  est l'indicateur le plus approprié pour évaluer une irrigation. Ces auteurs définissent  $E_a$  selon la relation :

$$E_a = \frac{\text{Dose stockable}}{\text{Dose brute}} 100 \quad (12)$$

C'est-à-dire est égale au rapport de la dose d'eau stockée dans la zone racinaire par la dose totale appliquée soit la dose brute.

### C. Au niveau de l'exploitation

L'indicateur de résultat est la quantité d'eau consommée sur l'exploitation (Le Grusse et al, 2009). Pour les indicateurs d'efficience de résultat, on distingue une efficience globale pour l'ensemble des parcelles irriguées de l'exploitation,  $E_{gp}$  qui est l'efficience globale parcellaire. Cette grandeur caractérise la qualité de l'application à l'échelle de l'exploitation. Il faut dans un deuxième temps tenir compte de l'efficience de transport qui conduit à introduire un indice d'efficience global total noté,  $E_{gt}$  (14). On a ainsi les valeurs intégrées :

$$E_{gp} = \sum \frac{E_{ai} V_i S_i}{V_{total}} \quad (13)$$

et

$$E_{gp} = \sum \frac{E_{ai} E_{ti} V_i S_i}{V_{total}} \quad (14)$$

Avec : pour une parcelle  $i$ ,  $V_{ti}$  ( $m^3/ha$ ) volume pompé pour la parcelle  $i$  de surface  $S_i$ , avec une efficience d'application  $E_{ai}$  et une efficience de transport  $E_{ti}$ . On peut prendre :

$$V_{total} = \sum V_{ti} \cdot S_i \quad (15)$$

### 3.7.2 Indicateurs agronomiques

#### a. Echelle de la parcelle

Les indicateurs d'efficacité sont directement les rendements obtenus. L'efficience agronomique ou efficience d'utilisation de l'eau, EUE est généralement définie comme le rapport entre le rendement, et la quantité d'eau nécessaire pour obtenir ce rendement (Viets *in* Chabaca et al, 2009). Il y a donc une transformation ou une conversion de l'eau par les végétaux cultivés en biomasse par le biais de la photosynthèse, qui implique une perte d'eau par évapotranspiration réelle  $E_{tr}$  à l'échelle du couvert végétal. Compte tenu du fait qu'il est difficile d'accéder directement à  $E_{tr}$  pour évaluer EUE, cette grandeur fait souvent l'objet d'une évaluation directe par les professionnels de l'irrigation, comme l'indique (Howell 2001 *in* Chabaca et al, 2009):

$$EUE = \frac{\text{Rendement}}{P_{eff} + V_i + \Delta S} \quad (16)$$

Avec  $P_{eff}$  et  $V_i$ , pluie efficace et irrigation et  $\Delta S$ , variation de stock d'eau du sol correspondant à l'eau prélevée par la culture dans la zone racinaire. Cet indice évidemment ne caractérise pas l'effet et la bonne utilisation de l'irrigation.

#### b. Echelle de l'exploitation agricole

L'indicateur de résultat est le taux d'intensification. Pour chaque parcelle, il convient de définir un taux d'intensification cultural ou  $Tic$ , égal au nombre de cultures pratiquées pendant une année. Pour notre cas, il s'agit d'une seule culture pérenne sur une même parcelle. Le taux d'intensification cultural global,  $Tic_{global}$  est le rapport entre la surface occupée de la parcelle de l'exploitation et de la SAU., les calculs peuvent se faire à partir des valeurs de ces indices par parcelle :

$$EUEg = S * EUE / SAU \quad (17)$$

Avec pour la culture : S surface de la culture

### 3.7.3 Indicateurs économiques

Nous avons retenu comme indicateur de résultat la marge brute de l'activité agricole. Elle est obtenue par la différence entre le produit brut et les charges opérationnelles. Pour cela, nous avons pris en considération les éléments suivants :

- ii) le produit brut qui est la production physique obtenue par unité de surface multipliée par le prix offert par le marché ;



iii) les charges opérationnelles qui représentent les consommations intermédiaires nécessaires pour la mise en exploitation de l'activité agricole ;

iii) Le facteur de production limitant qui est l'eau d'irrigation. Cela permet de définir l'indicateur de résultat:

- $\text{Efficacité} = \text{Marge brute} = \text{Produit brut} - \text{Charges Opérationnelles}$  (18)

- $\text{Efficience} = \text{Marge brute} / \text{dose d'eau apportée}$  (19)

Et l'indicateur d'objectif qui s'écrit alors:

- $\text{Efficacité} = \text{Marge brute obtenue} / \text{marge brute normative (en \%)}$  (20)

- $\text{Efficience} = \text{marge brute normative} / \text{dose d'eau}$  (21)

## 4. QUATRIEME PARTIE : RESULTATS

---

---

### 4.1. BESOINS ET APPORTS D'EAU

Pour rappel, le suivi des pratiques d'irrigation au niveau du périmètre a pour objectif de connaître l'organisation des irrigations et de voir la possibilité éventuelle d'intervenir pour améliorer la gestion de l'eau. La détermination des besoins en eau a été réalisée par la méthode indirecte qui utilise différentes formules avec des degrés d'empirisme variables, entre autres, Penman utilisée par le logiciel Cropwat et Turc dont les résultats sont consignés dans le tableau 20.

#### 4.1.1 Evapotranspiration de référence

Le tableau 20 présente les valeurs de l'évapotranspiration de référence ETo à l'échelle mensuelle. On note de faibles valeurs de ETo au cours des mois de janvier et décembre avec une moyenne de 40 mm/mois. La valeur la plus élevée est observée au courant du mois de juillet avec un maximum de 234,5 mm/mois. La moyenne journalière du mois de juillet est de 7,5 mm/jour. Considérant les caractéristiques climatiques de la région d'étude, la formule de Turc a été utilisée pour calculer l'évapotranspiration de référence. Des travaux portant sur l'applicabilité de cette formule dans plusieurs wilaya de l'Est algérien ont permis de dégager des valeurs d'évapotranspiration de 1192,5mm, 1141,8mm, 1156,6mm, 1158,3mm et 1218,34mm à Guelma, Souk Ahras, Constantine, Oum el Bouaghi et Tébessa respectivement (Ladlani, 2007). Le climat de la région de

M'sila est de type semi aride à aride similaire à celui de la région de Tebessa. De plus, la valeur déterminée par Ladlani (2007) à Tebessa est proche de celle calculée indiquant une évapotranspiration de 1454 mm. Pour Le Carpentier, (1975), la formule de Turc basée sur des données météorologiques importantes bâtie d'une façon rationnelle, donne des résultats habituellement satisfaisants. Des comparaisons faites avec des ETP mesurées sous presque tous les climats d'Europe, d'Afrique et d'Asie méridionale ont montré une corrélation valable à moins de 10% près. Les valeurs annuelles de l'évapotranspiration potentielle (mm) d'après cette formule sont de 1690, 1620, 1205, et 1265mm à Biskra, Ain safra, Djelfa et Tebessa respectivement. En revanche, l'ETo calculée par le modèle Cropwat et donnant une valeur de 2224 mm/an est jugée trop élevée. La différence des valeurs de la pluie efficace et de l'évapotranspiration de Turc permet de déterminer le déficit hydrique mensuel puis annuel. Ce dernier s'établit autour d'une valeur proche de 1254 mm/an en se basant sur les valeurs présentées dans les tableaux 22 et 23.

Tableau 20: Evapotranspiration potentielle mensuelle en mm selon la formule de Turc

Formule	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total (mm)
Tmoy./mois	8,3	10,03	13,9	16,8	22,3	27,9	31,8	30,9	25,3	19,9	12,8	8,7	
Ig	250	300	425	525	600	675	700	625	525	375	300	200	
Hr	76	66,2	60,4	57	52,3	43,9	39,4	42,3	55,3	60,8	70,2	68,7	
ETP(mm)	42,4	56,1	91,5	121,5	155,4	188,6	203,8	181,8	144,4	96,9	64,5	37,7	1383,8
C	1	1	1	1	1	1,09	1,15	1,11	1	1	1	1	
ETP (mm) corrigées	42,4	56,1	91,5	121,5	155,4	205,6	234,5	201,8	144,4	96,9	64,5	37,7	1454

Tableau 21: Calcul de l'ETP selon la formule de Blanney-Cridle

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P	2,7	3,2	3,9	4,4	5,3	6,6	7,2	6,7	5,5	4,1	3,4	2,7
T	8,34	10,2	14	17	22,5	28	32	31	25,3	19,9	13,2	9,13
F	22,9	40,9	57	70	97,8	139	163	150	109	70,8	48,3	33,3
a	1,14	1,25	1,1	1,2	1,25	1,59	1,6	1,59	1,25	1,14	1,14	1,14
b	-1,84	-1,88	-1,8	-1,8	-1,9	-2,1	-2,1	-2,1	1,88	-1,8	-1,8	-1,8
aF+b	24,3	49,24	63	82	120	218	258	236	134	78,9	53,2	36,1
h	6,06	7,9	8,2	8,9	10,1	10,6	11	10	8,8	8	6,5	5,6
H	10,1	11	12	13	14	14,5	14	13,5	12,4	11,3	10,3	9,8
h/H	0,6	0,72	0,7	0,7	0,72	0,73	0,8	0,74	0,71	0,7	0,63	0,56
V	3,83	4,02	4,5	5,3	4,77	4,64	4,5	4,12	3,72	3,68	3,83	3,99
Hr	76,1	66,4	60	56	51,1	43,3	39	42,2	55,4	61,1	71,9	75,4
ETPclimat	24,3	49,2	63	82	120	218	258	236	134	78,9	53,2	36,1
Kc	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,1	1,1	1,1	0,7	0,7	0,7	0,7
ETPcultures	17	34,4	44	58	84,3	240	283	260	93,7	55,2	37,2	25,2

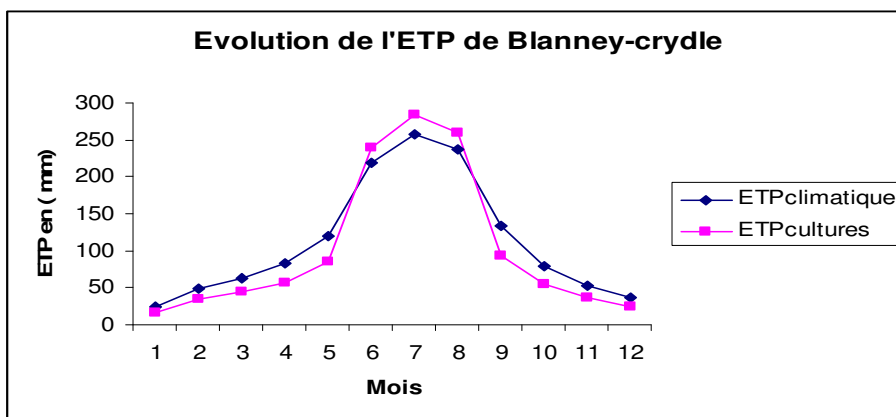


Figure 20: Evolution de l'ETP (mm) de Blanney-Cridle

Tableau 22: Résultats de calcul de l'ETP selon les trois formules (Turc, Blanney – crydle et Penman)

ETP	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	total (mm)
Turc	42	56	92	122	15	20	23	20	14	97	65	38	1454
Blanney crydle	24,3	49,2	62,5	82,4	120	288	258	236	134	79	53	36	1422
Penman M	75,6	96	158	204	264	285	316	279	207	151	105	84	2224

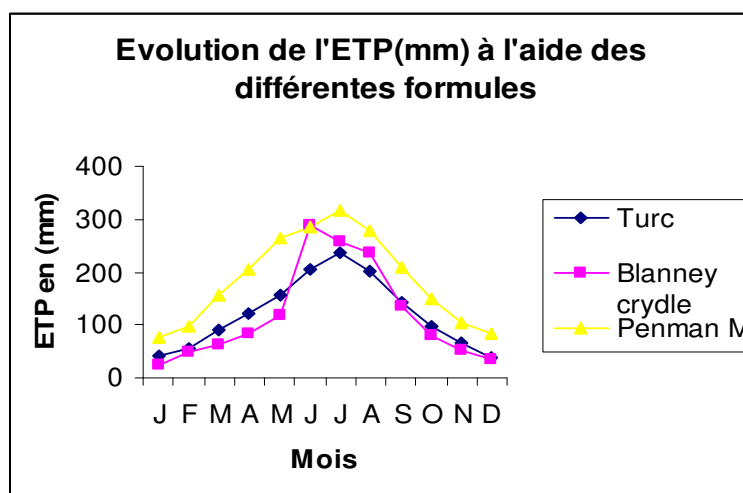


Figure 21: Evolution de l'ETP (mm) à l'aide des différentes formules

#### 4.1.1.1 Etude de l'évapotranspiration

L'étude de l'évolution de l'ETP durant les périodes critiques des cultures, a montré que les valeurs de l'évapotranspiration moyennes sont variables, nous constatons une élévation de l'ETP à partir de la période printanière pour atteindre son maximum en période estivale (235mm), puis diminue progressivement jusqu'à la période hivernale ou elle atteint la valeur minimum de 38mm. L'augmentation des ETP durant les deux périodes (automne et printanière) résulte de la faiblesse des précipitations et de l'augmentation des températures.

Les résultats de l'évapotranspiration potentielle mensuelle calculée sur la base des formules de Turc, Blannay-Cridle et Penman sur la station de M'sila montrent que:

- les ETP obtenues par la formule de Turc sont proches de celles obtenues par la formule de Blannay-Cridle sur l'année climatique et présentent presque la même allure pour toute l'année de culture
- les ETP obtenues par la formule de Penman est supérieure à l'ETP calculée par les autres formules.

#### 4.1.1.2 Déficit hydrique

La différence entre les quantités mensuelles de pluie et l'ETP, montre que le déficit est proportionnel aux valeurs de l'ETP. Il augmente de fin janvier pour atteindre son maximum en juillet et descend jusqu'au mois de novembre. On note, donc, que le déficit durant les périodes automnale et printanière est important, il coïncide avec le semis, le remplissage des grains pour les céréales et la fructification des abricots.

La connaissance du déficit hydrique permet d'estimer les besoins en eau des cultures en utilisant un coefficient cultural.

Tableau 23: Pluies moyennes sur 25 ans et pluies efficaces mensuelles en mm

Pluie	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total (mm)
Pluie moy. mensuelle (mm)	20	14	16	19	26	10	4	7	25	24	22	21	208
Pe (Pluie efficace en (mm)	19	14	16	18	25	10	3,9	7	24	23	21	20	200

#### 4.1.2 Cultures pratiquées

Les cultures pratiquées au niveau du périmètre pour l'année 2008 (tableau 24) présentent une dominance de l'arboriculture fruitière, représentée exclusivement par l'abricotier, dans la partie amont du périmètre notamment au niveau des zones de

boukhmissa, des jardins et lebkhata respectivement. Les cultures maraîchères sont cultivées généralement en intercalaire et sont faiblement présentes dans la zone (2%). Pour ce qui est des céréales, elles sont situées dans la partie avale du périmètre.

Tableau 24: Occupation des terres du périmètre pour l'année 2008(ONID)

Périmètre	arboriculture	céréale	carotte	fève	Oignon	total
K'sob	935 ha	3000 ha	20 ha	60 ha	20 ha	4035

#### 4.1.2.1 Phases phénologiques de l'abricotier

Pour ce qui est des observations des différentes phases phénologiques de la culture suivi (abricotier). Nous avons déterminé les dates de début et fin de débourrement, floraison et nouaison, la durée de chaque stade est estimée par la différence entre son début et sa fin.

##### **Le débourrement des bourgeons à fleurs :**

##### **Epoque et durée de débourrement des bourgeons à fleurs :**

L'époque de débourrement a été plus précoce chez les arbres de la variété Bullida: 15/02/2007 au 01/03/2007

##### **Floraison**

##### **Epoque et durée de la floraison :**

Début de la floraison: du 24/02/2008 au 01/03/2008

Fin de la floraison du 05/03/2008 au 09/03/2008

La floraison a été débutée aux environs du 24 février pour la variété Bullida et du 01 mars pour la variété Louzi rouge.

##### **Nouaison :**

##### **Epoque et durée de la nouaison:**

Début de la nouaison 06/03/2008

Fin de la nouaison 11/03/2008

##### **Maturation**

La maturation est extrêmement courte, moins d'une semaine, pour les fruits des arbres

Début maturité: 12/05/2008

Date de récolte: 17/05/2008

L'époque de maturité des fruits, chez l'abricotier est une caractéristique propre à chaque variété, elle se situe aux environs du 12/05/2008 pour les arbres de la variété Bullida

#### 4.1.3 Evaluation des besoins en eau

Les besoins en eau mensuels des principales cultures de la vallée du Ksob sont donnés en tableau 25 et 26. Les calculs montrent que l'abricotier qui nécessite 9610 m<sup>3</sup>/an est le plus important consommateur d'eau suivi du maraîchage (carottes) et des céréales. On constate que la saison estivale est la moins pluvieuse et correspond à la période où la demande climatique (ETo) est la plus élevée. Par conséquent, cette période est la plus exigeante en eau d'irrigation pour les principales cultures, tels que l'abricotier et le maraîchage. Les céréales connaissent leur période de pointe en mars- avril. Ces résultats expliquent en partie le recours de certains agriculteurs, disposant de points d'eau, aux ressources en eau souterraines et eaux de sources en complément aux dotations du barrage.

Les besoins nets en eau d'irrigation pour le plan de culture de l'année 2007/2008 ont été calculés pour chaque culture (annexe8), puis pondérés par la surface donnant des besoins nets moyens estimés à 415,4mm/ha. Considérant la superficie à irriguer de 4035 ha, les besoins en eau sont de 16.762.340 m<sup>3</sup> (16,762 millions de m<sup>3</sup>). Notons que près de 9 millions de m<sup>3</sup> correspondent à la demande des abricotiers.

Tableau 25: Besoins nets en eau mensuels (m<sup>3</sup>) des cultures (campagne 2007-2008)

culture	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
céréale	290	500	890	580	130						0	130	2520
abricotier		184	668	918	1145	1754	2076	1715	770	360			9600
carotte		250	800	1100	1380	1920	320						5770
oignon										550	440	180	1170
fève	220									567	473	199	1459

Tableau 26: Besoins en eau des cultures du périmètre du Ksob (campagne 2007-2008)

	abricotier	oignon	fève	carotte	céréales
Besoin en (m <sup>3</sup> )	9600	1170	1459	5770	2520
superficie en (ha)	935	20	60	20	3000
Besoins (m <sup>3</sup> )/culture	8.976.000	23.400	87.540	115.400	7.560.000
<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>	<b>16,762 millions de m<sup>3</sup></b>				

## 4.2 APPORTS EN EAU D'IRRIGATION

Le volume mensuel d'eau d'irrigation apporté à l'arboriculture fruitière, durant la campagne d'irrigation, est en moyenne de 880 m<sup>3</sup> par hectare et par application (annexe9). Annuellement, l'apport en eau d'irrigation est estimé à 10560m<sup>3</sup>/ha, ce qui est apparemment suffisant pour satisfaire la demande nette en eau d'irrigation. Cependant, il faut noter un déficit hydrique durant les mois avril, mai, juin et juillet et des surdoses pendant les mois de janvier, octobre et novembre (figure 22). Ces pratiques ont des conséquences négatives sur le développement du végétal (apparition de maladies) et sur la ressource en eau (pertes d'eau). Connaissant la période sèche qui s'étale de février à novembre (courbe 2 ombrothermique), en conséquence les cultures sont dépendantes de l'irrigation durant cette période. Enfin, il faut signaler que les céréales à dominance d'orge sont irriguées qu'une seule fois, souvent en période automnale, par manque d'eau au niveau du barrage. Le volume annuel moyen de 10560 m<sup>3</sup>/ha pratiqué par les exploitants est, généralement, supérieur aux besoins théoriques annuels en eau pour l'abricotier qui sont évalués à 9600 m<sup>3</sup>/ha, soit un taux de 110 % des besoins en eau de la culture. Quant au volume apporté à l'irrigation de complément pour la culture des céréales, il est de l'ordre de 610m<sup>3</sup>/ha, ce qui est nettement inférieur aux besoins des cultures céréalières, évalués à 2514 m<sup>3</sup>/ha, soit 24 %. On remarque aussi que l'irrigation commence au mois de janvier (période humide) et se prolonge jusqu'au mois de novembre, ce qui est jugé anormale. Dans le cas des céréales, les exploitants reçoivent prématurément une/ou deux irrigations de complément, en période automnale, en espérant avoir, ultérieurement, des précipitations suffisantes permettant de sauver leur culture. Durant la période estivale on note la présence de la culture pérenne, en raison de l'incertitude de la disponibilité de la ressource en eau du barrage.

En conclusion, notre analyse a montré que les quantités d'eau d'irrigation apportées en période estivale sont insuffisantes pour combler le déficit hydrique de la culture d'abricotier. Durant le reste de l'année, des surdoses sont constatées notamment dans la zone amont (les jardins) pénalisant ainsi la zone avale du périmètre de l'irrigation.

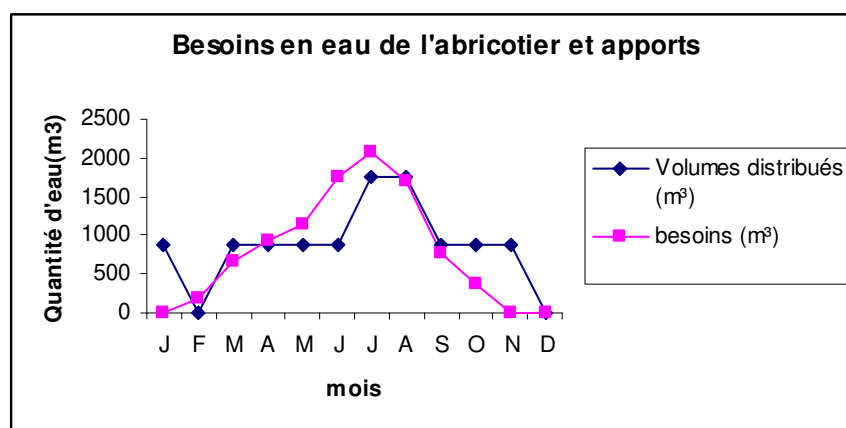


Figure22: Besoins en eau de l'abricotier et apports

## 4.3 INDICATEURS DE PERFORMANCE DE L'IRRIGATION A LA PARCELLE

### 4.3.1 Détermination des débits des canaux

L'alimentation en eau des deux premières exploitations agricoles se fait par siphonage à partir d'un canal principal (P1). La mesure du débit, à la sortie du canal P1, a donné une valeur approximative de 31 l/s. Le tableau 27, indique les débits dans les canaux qui varient entre 22 et 30 l/s.

Tableau 27: Détermination des débits à partir de la vitesse et de la section des canaux en terre de forme trapézoïdale. K'sob 2009

N° d'exploitation	mesure du débit	Section	Vitesse	Débits	Débits
		Canal en (m <sup>2</sup> )	m/s	l/s	arrondis
Exploitation 1	Amont	0.025	1,2	30	30
	Aval	0.024	1,15	27,6	28
Exploitation 2	Amont	0,024	1,15	27,6	28
	Aval	0,023	1,1	25,3	25
Exploitation 3	Amont	0,0205	1,12	22,96	23
	Aval	0,0195	1,13	22,04	22

### 4.3.2 Efficience de transport dans les seguias

L'efficience dans les seguias a été mesurée dans les canaux en terre pour chaque une des exploitations agricoles étudiées (tableau 28). Les pertes en eau sont comprises entre 3 et 10% pour une longueur de seguia de 80 et 184m respectivement. Les



volumes d'eau infiltrés détaillés ci-dessous sont de 8,8, 28,6 et 22m<sup>3</sup> pour les exploitations agricoles 1, 2 et 3 respectivement.

Tableau 28: Efficience dans les canaux en terre par exploitation agricole

Grandeur (mesurée ou calculée)	EA 1	EA 2	EA 3
Longueur du tronçon (m)	80	184	106
Débit Amont (l/s)	31	31	25
Débit Aval (l/s)	30	28	23
Efficience de conduction	0,968	0,903	0,92
Taux de pertes (%)	3,2	9,7	8,0
Durée d'irrigation (mn)	147	159	187
Volume infiltré (m <sup>3</sup> )	8,8	28,6	22

#### 4.3.3 Efficience d'application au niveau des planches

Le calcul de l'efficience au niveau des planches en suivant la démarche présentée dans le paragraphe II. 10 a permis de déterminer une réserve utile par horizon de 15, 13 et 17% respectivement pour les horizons 0-35cm, 35-50cm et 50-80cm. Le calcul de stock qui s'en suit indique des valeurs moyennes respectives de 52, 21 et 46 mm toutes exploitations confondues. Le stock d'eau par exploitation agricole est détaillé en annexe11 et fait apparaître une légère différence de stock entre exploitations agricoles étudiées.

La dose nette déterminée à partir des valeurs de stock avant et après irrigation, ramenée à l'hectare varie de 1190m<sup>3</sup> à 1265m<sup>3</sup>, ce qui donne une efficience d'application de 54% à 80 cm et 57%.à 100 cm de profondeur (tableau 29).

En conclusion de ce paragraphe, nous pouvons dire que les volumes d'eau distribués aux parcelles suivies à l'intérieur des trois exploitations agricoles sont variables. Cet écart est dû à plusieurs facteurs notamment le temps d'arrosage qui dépend directement de l'appréciation des irrigants et l'hétérogénéité des débits en tête des parcelles. Les efficacités d'application obtenues (54 à 57%) sont des indicateurs qui incitent à l'amélioration du système d'irrigation pratiqué afin de faire des économies d'eau. A titre d'exemple, des gains en eau de 8 à 11% sont possibles si des améliorations sont apportées au niveau du réseau, des parcelles et des canaux d'irrigations conjuguées à une bonne maîtrise de la gestion de l'eau.

Ainsi, si la consommation apparente de l'eau par planche est importante, la part effectivement utilisée par l'abricotier reste faible, en raison d'une mauvaise gestion des irrigations. Notre étude permet de dresser une répartition moyenne des volumes alloués:

- . 57% stockés et utilisés par les plantes
- . 43% perdus réalimentant la nappe et qui vont en partie être réutilisés par pompage.

Tableau 29 : Efficience d'application de l'eau d'irrigation au niveau des planches d'irrigation dans le cas des abricotiers du périmètre du K'sob (année 2008)

Exploitation	Surface Irriguée (ha)	dose stockable (m <sup>3</sup> )	dose brute (m <sup>3</sup> /ha)	Efficience d'application (%)	Ea Arrondie (%)	Potentielle (%)
EA 1	1	1190	2205	53,9	54	70
EA 2	1	1190	2226	53,5		
EA 3	1	1190	2158	53,5		
EA 1	1	1265	2205	57,3	57	
EA 2	1	1257	2226	56,5		
EA 3	1	1230	2158	56,9		

EA: exploitation agricole

## 4.4 INDICATEURS DE PERFORMANCE DE L'IRRIGATION A L'ECHELLE DE L'EXPLOITATION AGRICOLE

### 4.4.1 Indicateurs de performance hydrauliques

Quand on passe à l'échelle de l'exploitation, l'efficience de transport de l'eau qui est dans notre cas de 90 à 96%, bien que satisfaisante, a une influence sur l'efficience globale. Par exemple, dans le cas de l'exploitation 2, l'efficience à l'échelle de la parcelle était de 57% va, du fait d'une efficience de transport de 90%, chuter jusqu'à 51% (tableau 32). Ces faibles performances sont dues au mauvais état de nivellement des planches. Ce facteur constitue une contrainte majeure pour la conduite de l'irrigation gravitaire dans les exploitations irriguées du K'sob en raison de son coût élevé. En plus des pertes en eau engendrées par les pratiques locales de l'irrigation, il y a lieu de relever, une faible utilisation des espaces intercalaires qui représentent une déperdition de 60% par hectare.

Le volume brut apporté par planche et ramené à l'hectare pour chaque exploitation est indiqué dans le tableau 30.

a- Pour la première exploitation le débit mesuré et délivré en tête de la parcelle est de 30 l/s sur une durée de 8h 10', il fournit un volume global de 882 m<sup>3</sup>/ha (10.584 m<sup>3</sup>/ha/an), les pertes d'eau sont de 43% soit 379m<sup>3</sup>/irrigation, ajoutées aux pertes par les canaux (29 m<sup>3</sup>/ha), annexe10, soit une perte globale de 408 m<sup>3</sup>/ha/ irrigation.

b- Pour la deuxième exploitation le débit mesuré et délivré en tête de la parcelle est de 28l/s sur une durée de 8h50', il fournit un volume global de 890 m<sup>3</sup>/ha (10 680 m<sup>3</sup>/ha/ an).

Les pertes en eau au niveau des planches sont de 43 % soit 383m<sup>3</sup>/ha/irrigation, ajoutées aux pertes par les canaux (95m<sup>3</sup>/ha) soit une perte globale de 478m<sup>3</sup>/ha/irrigation. La quantité perdue par infiltration sur la base de 12 irrigations/ an est de 5736m<sup>3</sup>/ha/an. Cette perte aurait permis d'irriguer 0,5ha de plus alors qu'en termes financiers le coût de cette perte est de 14.340,00 DA.

.c- Pour la troisième exploitation le débit en tête de la parcelle est de 23 l/s sur une durée de 10h25', il fournit un volume global de 863 m<sup>3</sup>/ha (10 356m<sup>3</sup>/an/ha), les pertes en eau sont de 43 % soit 371m<sup>3</sup>/irrigation, ajoutées aux pertes par les canaux (74m<sup>3</sup>/ha) soit une perte globale de 445m<sup>3</sup>/ha/irrigation.

En conclusion de ce paragraphe, il est possible d'affirmer que la dose nette déterminée à partir des valeurs des stocks avant et après les irrigations, ramenée à l'hectare varie de 1190 m<sup>3</sup>/ha à 1265m<sup>3</sup>/ha. Les résultats obtenus sur les débits et les apports montrent que cette situation a des conséquences néfastes sur l'économie de l'eau qui se traduit par des distributions inéquitables, incontrôlables et d'énormes pertes en eau au sein du périmètre. L'apport d'eau sur la campagne devient alors respectivement de 10584m<sup>3</sup>/ha pour l'exploitation 1; 10680m<sup>3</sup>/ha pour l'exploitation 2 et 10536m<sup>3</sup>/ha pour l'exploitation 3 (tableau 31). Les résultats des efficacités du réseau de conduction et d'application de l'eau à la parcelle sont présentés dans le tableau 32. Au niveau de la parcelle, ces efficacités varient entre 54 et 57% et sont en conformité avec les références admises pour ce type de technique d'irrigation (Chabaca, 2007).

Tableau 30: Volumes apportés par planche et doses brutes par hectare

Exploitation agricole	N° planche (400m <sup>2</sup> )	débit (l/s)	Temps de remplissage (min)	Volume apporté (l/s)	Moyenne. volumes apportés. (m <sup>3</sup> )	Dose brutes m <sup>3</sup> /ha
Exploitation 1	1	30	49	88200	88,2	2205
	2		54	97200		
	3		44	79200		
Exploitation 2	1	28	48	80640	89,0	2226
	2		59	99120		
	3		52	87360		
Exploitation 3	1	23	62	85560	86,3	2158
	2		67	92460		
	3		58	80040		

Tableau 31: Apports d'eau pour chaque exploitation agricole pendant la campagne 2008

N° exploitation	Tour d'eau jours	Nombre d'irrigation	Apport par irrigation (m <sup>3</sup> )	Apport total (m <sup>3</sup> )/ha/an
Exploitation 1	15 à 25	12	882	10.584
Exploitation 2			890	10.680
Exploitation 3			863	10.356

Tableau 32: Indicateurs de performances hydrauliques à l'échelle de la parcelle et de l'exploitation

Exploitation	Niveau parcelle			Niveau exploitation		
	A	B	C	D	E	F
EA 1	88,2	57,3	0,81	0,573	0,96	0,55
EA 2	89,0	57	0,81	0,570	0,90	0,51
EA 3	86,3	56,9	0,81	0,569	0,92	0,52

Légende. A : dose (mm/ha) ; B : Ea (efficience d'application en %) ; C : Ea/normes (%) ; D : Egp (efficience globale parcellaire en %) ; E : Eti (efficience de transport en %) ; F : Egt (efficience globale avec efficience de transport en %).

#### 4.4.2 Indicateurs de performance agronomiques

D'une manière générale, les rendements obtenus pour l'abricotier sont de 140, 154 et 160 q/ha. Cependant, ils restent inférieurs au regard de la norme établie par l'ITAF à l'échelle nationale (tableau 33). Ces valeurs sont représentatives de la production en abricots de la zone des jardins et restent dans l'ordre de grandeur des rendements obtenus ces dernières années dans la même zone. L'absence de rigueur dans le suivi de l'itinéraire technique en est la principale cause : travail du sol, pratique d'irrigation, traitement phytosanitaire, fertilisation. Par conséquent, l'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation (EUE) n'est pas optimale avec un manque à gagner de près de 25% en terme d'efficacité et ce, dans un contexte pédoclimatique théoriquement et historiquement favorable au développement de l'abricotier.

Tableau 33 : Rendement et efficacité agronomique à l'échelle de l'exploitation pendant la campagne 2008

Exploitation	rendement (q/ha)	rendement ITAF (q/ha)	EUE (kg/m <sup>3</sup> )	EUE ITAF (kg/m <sup>3</sup> )
Exploitation 1	160	200	2,15	2,7
Exploitation 2	154		2,06	2,7
Exploitation 3	140		1,92	2,74

#### 4.4.3 Indicateurs de performance économiques

Deux indicateurs de performance économique ont été calculés en s'inspirant des méthodes développées par Legrusse et al (2009). L'efficacité et l'efficacité de l'eau pour la même culture ont un coefficient de variation de 7,2 et 9,8%, respectivement entre les deux premières exploitations 1, 2 d'une part et l'exploitation 3 d'autre part (tableau 34). Cette différence entre les exploitations étudiées est considérée comme minime et s'explique par le rendement obtenu, le prix pratiqué et le volume d'eau utilisé qui sont relativement proches. Les détails de calcul sont en annexe12.

Tableau 34: Indicateurs de performance économiques à l'échelle de la parcelle d'abricotier dans le périmètre du K'sob

exploitation	Parcelle			
	Indicateur de résultat		Indicateur d'objectif	
	Efficacité DA/kg	Efficienc DA/m <sup>3</sup>	Efficacité %	Efficienc DA/m <sup>3</sup>
	1	2	3	4
Exploitation1	25,62	38,74	80	48,18
Exploitation2	25,84	37,26	78	47,74
Exploitation3	22,71	30,71	62	49,24

Légende: 1: IRE (marge brute en DA/kg) ; 2 : Marge brute / dose d'eau apportée en m<sup>3</sup>;  
3 : (Marge brute obtenue /marge brute normative en %; 4: (marge brute normative)/ dose d'eau

## 4.5 PERFORMANCES DE L'IRRIGATION A L'ECHELLE DU PERIMETRE

En établissant un rapprochement entre les volumes distribués, les besoins en eau pendant la campagne d'irrigation 2008 et ceux effectivement utilisés par les irrigants on remarque que les besoins en eau sur l'ensemble du périmètre pour la campagne 2008, sont estimés à 16.762.340 m<sup>3</sup>. En même temps, il faut relever que le volume de 12. 757 000 m<sup>3</sup> a été distribué par l'Office National pour l'irrigation et le Drainage pour la campagne d'irrigation considérée (tableau 35). Le volume effectivement utilisé par les irrigants est de 11.911.240 m<sup>3</sup>, sans pour autant satisfaire les besoins réels des céréales qui ont reçu une seule irrigation. Dans ce cas, les pertes en eau de parcours sont de 845760 m<sup>3</sup> soit 6% du volume total distribué. En termes de superficie c'est l'équivalent de 80ha d'abricotiers irrigués ou de 338ha de céréales. La comparaison entre l'offre et la demande en eau est importante avec un taux de satisfaction de 75%. Compte tenu de ce déséquilibre, il est évident qu'une partie des spéculations est cultivée en situation de déficit hydrique. Le déficit d'environ 4.000.000 m<sup>3</sup> est partiellement comblé par le recours aux eaux de forage et de sources. Ce résultat confirme notre constat sur le terrain selon lequel *l'eau du barrage sert seulement pour l'irrigation et l'entretien des vergers d'abricotiers* dans la zone des jardins. Au-delà des chiffres sur la performance de l'irrigation aux différentes échelles, il ressort que l'irrigation dans le K'sob avec la méthode traditionnelle par planches ne valorise pas l'eau de manière satisfaisante. Les résultats montrent en effet que la productivité de l'eau est en deçà d'un optimum théorique.

Tableau 35: Bilan des irrigations dans le périmètre du K'sob pour la campagne 2008 (ONID)

Périodes d'irrigation en jours			Volumes distribués (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )
06/01/08	au	13/01/08	90,7200
20/01/08	au	31/01/08	1 099, 440
15/02/08			34, 560
01/03/08	au	11/03/08	390, 960
22/03/08	au	09/04/08	484, 560
15/04/08	au	06/05/08	1 625, 760
21/05/08	au	03/06/08	1 149, 120
18/06/08	au	21/06/08	1 153,440
02/07/08	au	09/07/08	1 028,160
22/07/08	au	28/07/08	1 690, 920
19/08/08	au	27/08/08	1 335, 240
27/09/08			138, 240
06/10/08	au	13/10/08	138, 282
16/11/08	au	29/10/08	1 218, 240
07/12/08			362, 880
Total			12 757, 002

## 4.6 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'analyse des résultats obtenus met en évidence des pertes en eau considérables. Ainsi, l'efficacité d'application à la parcelle est de l'ordre de 55% en accord avec les références internationales mais des économies d'eau importantes sont possibles par l'amélioration de la technique d'irrigation, la formation et l'accompagnement des agriculteurs. L'efficacité d'utilisation de l'eau varie de 1,9 à 2,1kg/m<sup>3</sup> s'explique par une pratique empirique des irrigations sans tenir compte des besoins en temps réel. D'autres résultats indiquent aussi une variabilité des performances au niveau des exploitations, ce qui suppose qu'il existe des potentialités qui ne sont pas exploitées. Pour notre région d'étude, les perspectives envisagées en ce qui concerne la gestion de l'eau peuvent se décliner comme suit :

### 4.6.1 Réhabilitation du réseau d'irrigation

Le périmètre connaît actuellement des actions de développement qui devraient se traduire par l'amélioration des performances au niveau de l'infrastructure du réseau d'irrigation et donc une économie en eau considérable (tableau 36). Par exemple, plus d'un million de m<sup>3</sup> soit l'équivalent d'une superficie céréalière irriguée de 404 ha, viendrait de l'amélioration de l'efficacité de transport et d'application de l'eau à la parcelle qui peut atteindre le taux de 65% en utilisant des gaines et des films en plastique dans les seguias et le nivellement des parcelles. Ceci est en accord avec la nouvelle politique du *renouveau de l'économie agricole* qui encourage les agriculteurs

à économiser au maximum la ressource en eau et ce par le soutien à l'amélioration de l'efficacité de l'irrigation et l'utilisation de cultures stratégiques valorisantes.

Tableau 36: Actions de réhabilitation du réseau du périmètre irrigué du K'sob (ONID)

N° ordre	Actions de réhabilitation du réseau d'irrigation	unité	quantité	Réalisation physique
01	Remplacement du canal C1 –C3 en enterrée	m	3000	30%
02	Remplacement du canal C101 –C104 en enterrée (Ø 600)	m	700	achevé
03	Remplacement du canal C 6 – C 10 en enterrée (Ø 600)	m	4000	70%
04	Reprofilage du tronc commun	m	1000	70%
05	Reprofilage des canaux de la rive droite A 9 A10	m	500	achevé
06	Remplacement de la conduite autoportée (traversée de l'oued au niveau de ced roumi)	m	360	Non entamé
07	Aménagement de l'ouvrage C4	u	01	Non entamé
08	Réalisation de seguia de mezzir	m	1200	17%

#### 4.6.2 Maîtrise de la demande en eau agricole

Dans la mesure où les besoins en eau des cultures ne sont pris en compte que de manière globale (échelle de temps annuelle), il arrive que des lâchers du barrage, dans le temps, soient disproportionnés par rapport à la demande en eau. Pour apporter juste l'eau qu'il faut, l'avertissement à l'irrigation par la méthode du bilan hydrique du sol en fonction des caractéristiques pédoclimatiques est primordial. L'avis d'avertissement est émis quand la réserve en eau facilement utilisable est épuisée. Une telle approche peut être facilement mise en œuvre au niveau du périmètre appuyée par des campagnes de sensibilisation organisées par les cadres de l'ONID.

Par ailleurs dans les situations à faible disponibilité hydrique, il s'agit de mieux gérer la ressource en eau par l'adaptation de la conduite de culture au déficit hydrique peut également s'opérer par l'utilisation de variétés ou espèces moins consommatrices d'eau par l'esquive des périodes à forte contrainte hydrique. Ainsi, dans les conditions climatiques du Hodna et en l'absence d'irrigation, une adaptation de l'assolement est nécessaire pour assurer la rentabilité du système de culture: davantage de cultures



d'hiver ou de cultures d'été tolérantes à la sécheresse comme le sorgho. L'irrigation déficitaire pour optimiser l'efficacité d'utilisation de l'eau comme stratégie de gestion de l'eau d'irrigation

## **5. CINQUIEME PARTIE : DISCUSSION**

---

---

### **○ La performance du système d'irrigation peut être améliorée**

L'irrigation dans la vallée du K'sob évaluée par des indicateurs de performance agronomique, hydraulique et économique est considérée comme peu performante sur la base des résultats obtenus. L'efficacité de transport, avec un taux de 90%, semble meilleure que celle observée dans la Mitidja ouest telle que décrite par Chabaca et *al* (2009). Ceci s'explique probablement par la taille des canaux de transport adoptée par les irrigants qui est moindre. En revanche, l'efficacité d'application de l'eau dans les planches est en général faible et ramène l'efficacité globale à près de 55% ce qui du même ordre que ce qui est observé sur d'autres périmètres en Algérie.

Cependant, d'autres aspects de la performance restent à explorer en particulier à travers des indicateurs de performance environnementaux et sociaux. En effet, dans la vallée historique des jardins, l'irrigation est une activité ancestrale qui contribue à stabiliser les acteurs locaux à travers la main d'œuvre et le revenu qu'elle procure. Kuscu et *al* (2009), ont montré à partir d'une étude originale dans l'ouest de la Turquie qu'il convient d'intégrer "un indicateur de performance social" dans l'analyse de la performance d'un réseau d'irrigation affirmant ainsi que de bonnes performances techniques peuvent être aussitôt limitées par de mauvaises performances "sociales et inversement". Notre contribution ne serait alors qu'un facteur permettant d'amorcer un processus de construction d'indicateurs de performance.

### **○ L'inadéquation entre l'offre et la demande en eau menace la durabilité de l'agriculture**

L'un des traits majeurs qui caractérise l'agriculture irriguée dans le périmètre du K'sob est que l'eau *de surface provenant du barrage revient in fine à l'arboriculture*. Cette tendance n'est pas spécifique au K'sob mais concerne une majorité de périmètres aménagés pour l'irrigation en grande hydraulique. En effet, que ce soit dans le Bas Cheliff, la Mitidja ou la Mina, l'affectation des eaux de surface à l'arboriculture est progressivement érigée non pas en stratégie de gestion de l'eau mais en méthode de

gestion permettant de faire face momentanément à une demande pressante des irrigants ; elle est en outre portée par une logique de sauvegarde du patrimoine arboricole (Bouarfa et *al*, 2009). Cependant, il faut préciser que la contribution de l'eau du barrage au développement économique et social ne peut être durable avec, d'une part, une superficie irriguée quasi constante de 1700 ha et, d'autre part des besoins en eau croissants tirés par un marché de fruits et légumes en plein développement. Cette situation trouve son explication dans l'absence au niveau technique, d'une gestion régionale et pluriannuelle de la ressource et au niveau organisationnel, d'une gestion sociale impliquant un débat entre les différents acteurs locaux sur les modalités de répartition des quotas et de modernisation des systèmes d'irrigation. Cette tendance pourrait se poursuivre voire s'intensifier dans le futur en raison des répercussions probables du changement climatique en cours sur la région Afrique du nord (Agoumi, 2003).

○ **La cogestion de l'eau peut être une bonne stratégie**

Aujourd'hui, les modestes résultats de la productivité de l'eau sont en partie dus au désengagement des irrigants qui ne se sentent pas responsables des difficultés que traverse le périmètre estimant que l'Etat est le seul garant du redressement de la situation.

La solution consiste alors à mettre les irrigants au centre du processus de décision. L'objectif immédiat est de rétablir leur confiance vis-à-vis de l'organisme de gestion du périmètre puis de les impliquer totalement en vue de la prise en charge d'une partie la plus grande possible du réseau selon le modèle le plus adéquat (Benmouffok, 2003). S'agissant de la politique de gestion de l'eau d'irrigation, les tenants de l'action collective Ostrom (1990) et Meizen-dick et *al* 1999, cités par H. Bensaid (2008) considèrent que la gestion collective de l'eau en périmètre irrigué s'inscrit dans le cadre d'un arrangement institutionnel. Ce dernier se base sur un certain nombre de critères liés à l'environnement physique, social, culturel et institutionnel

Ostrom (1990 et 1992) cité par H. Bensaid, (2008), définit les institutions d'irrigation comme étant des règles pratiques adoptées à des fins d'utilisation de l'eau. Ces règles s'inscrivent dans le cadre des arrangements institutionnels. Il s'agit d'un accord conclu entre les usagers dont l'objectif est de résoudre les problèmes liés à l'utilisation de ressources à caractère commun. Il précise les mécanismes de décision qui portent sur l'accès à l'eau, la quantité utilisée, le temps d'utilisation et les travaux de maintenance du système hydrique. Cet accord peut prendre le caractère formel ou informel et il peut aboutir à un état d'équilibre. En Algérie, plus précisément dans la Mitidja, Imache et

*al* (2008) ont organisé plusieurs ateliers participatifs regroupant des agriculteurs et des représentants d'institutions agricoles locales. S'inscrivant dans une optique d'apprentissage social, cette démarche appelée «scénariologie participative» a permis d'identifier les contraintes actuelles au développement agricole de la région et de construire des scénarios d'évolution permettant une visualisation commune de l'avenir. Ce travail révèle la nécessité, pour les agriculteurs travaillant des terres publiques, de s'organiser de manière dynamique autour de l'eau et du foncier à travers des arrangements informels qui aménagent les règles officielles. L'utilisation d'approches participatives permet également d'amorcer une "cogestion" de l'eau par un ensemble d'acteurs.

Nous suggérons dans une première étape que les institutions de l'Etat en s'inspirant de résultats de recherches associent les irrigants au processus de distribution de l'eau à travers des ateliers de coordination. Ces derniers doivent s'organiser s'ils veulent amorcer un véritable développement de l'agriculture au sein du périmètre irrigué ce qui apporterait une meilleure souplesse pour répondre aux besoins réels sur le terrain. Cette orientation ouvrira la voie à une nouvelle forme de gestion basée sur la transparence et l'efficacité.

## 6. SIXIEME PARTIE : CONCLUSION GENERALE

---

Notre objectif était d'établir un diagnostic de l'irrigation à l'échelle des exploitations agricoles du périmètre du K'sob. Ce dernier est fondé sur un constat partagé par l'ensemble des acteurs locaux qui citent une insuffisance et une iniquité par rapport à la ressource. En effet les superficies irriguées entre 2000 et 2006 montrent un taux d'intensification moyen de 37,4%, ce taux témoigne d'une sous utilisation des équipements et une diminution de l'offre en eau d'irrigation au niveau du barrage soumis à l'envasement et l'irrégularité des apports. La démarche suivie a été de s'intéresser aux pratiques d'irrigation en s'appuyant sur l'évaluation de certains facteurs (débits, dose brutes, efficacités...).

Nous avons procédé à partir des résultats de ces mesures à la détermination de quelques indicateurs de performance hydraulique, agronomique et économique pour tenter de comprendre la dynamique agricole et de prendre des mesures permettant d'améliorer la gestion de l'eau. En s'inspirant des travaux de Bos et *al* (2005) à l'échelle de la parcelle agricole concernant les indicateurs de performances du système d'irrigation puis reprise par Legrusse et *al* (2009) dans le cas d'exploitations agricoles situées dans des périmètres irrigués de l'Afrique du nord.

En termes d'efficacité de l'eau, l'efficacité d'application à la parcelle varie de 54% à 57%, elle est en accord avec les références internationales qui citent une valeur proche de 65%. Des économies de l'ordre de un million de m<sup>3</sup> d'eau à l'échelle du périmètre sont donc possibles avec un effort d'amélioration de la technique d'irrigation, la formation et l'accompagnement des usagers. L'autre problème majeur observé sur le terrain est l'absence de nivellement des planches expliquant ainsi une efficacité d'utilisation de l'eau variant de 1,9 à 2,1kg/m<sup>3</sup>. Les résultats indiquent aussi une variabilité des performances au niveau des exploitations suivies au sein du périmètre, ce qui suppose qu'il est possible de déplacer le niveau moyen des rendements vers des valeurs nettement supérieures (Bouaziz et Belabbes, 2002). On montre par exemple que la valorisation économique de l'eau varie d'une exploitation à l'autre dans une fourchette allant de 31 DA/ m<sup>3</sup> à 39 DA/m<sup>3</sup>.

Dans un contexte où l'abricotier est le moteur économique, l'option retenue par l'office d'irrigation et de drainage qui consiste à donner la priorité à l'arboriculture est justifiée

car elle permet de maintenir un seuil minimum de production. Néanmoins, l'absence de coordination entre les irrigants et l'institution de gestion est préjudiciable et se manifeste par des situations de manque d'eau en été et d'excès d'eau à certains moments. Ce déficit est pour l'instant compensé par le recours aux forages qui se généralisent peu à peu de manière informelle, sans que l'impact environnemental sur la dégradation de la nappe soit pris en compte dans les conditions semi-arides de la vallée du K'sob.

Cependant, d'autres aspects de la performance restent à explorer en particulier à travers des indicateurs de performance environnementaux et sociaux. En effet, dans la vallée historique des jardins, l'irrigation est une activité ancestrale qui contribue à stabiliser les acteurs locaux à travers la main d'œuvre et le revenu qu'elle procure. Kuscu et al (2009), ont montré à partir d'une étude originale dans l'ouest de la Turquie qu'il convient d'intégrer "un indicateur de performance social" dans l'analyse de la performance d'un réseau d'irrigation affirmant ainsi que de bonnes performances techniques peuvent être aussitôt limitées par de mauvaises performances "sociales et inversement". Notre contribution ne serait alors qu'un facteur permettant d'amorcer un processus de construction d'indicateurs de performance. Les limites de notre démarche sont les indicateurs de performance environnementaux et sociaux qui restent à explorer et qui sont en cohérence avec les travaux de Kuscu et al (2009), les retombées de notre travail concernent les irrigants et les professionnels agricoles d'une part, les scientifiques qui s'intéressent à la gestion de l'eau agricole d'autre part. Pour l'amélioration de la gestion des irrigations sur l'abricotier, on propose d'appliquer 11 à 12 irrigations, au moment opportun, si on garde la dose moyenne pratiquée, une maîtrise de la durée et du volume apporté. Dans le deuxième cas si on apporte une dose de 1100m<sup>3</sup>/irrigation on propose d'appliquer 09 irrigations. De nombreuses études ont montré en outre que l'irrigation de complément peut être très rentable si les autres facteurs de production sont maîtrisés par l'agriculteur (choix de la variété, travail du sol, fertilisation, désherbage et traitement phytosanitaire, etc (Zahour et al, 1983 ; Bouaziz et Elmourid, 1999 cités par Bouaziz, Belabes 2002).

Enfin, pour la gestion des irrigations nous suggérons, désormais, l'implication progressive des irrigants dans la *cogestion* des irrigations en vue de réduire certaines insuffisances. Ces derniers gagneraient à se regrouper en association ou en filière agricole en collaboration avec l'office d'irrigation du périmètre dans le but de mieux gérer la ressource en eau de surface disponible et de préserver l'eau souterraine en tant que réserve stratégique.

## 7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- 1- **Agoumi, A. (2003).** Vulnérabilité des pays du Maghreb face aux changements climatiques Besoin réel et urgent d'une stratégie d'adaptation et de moyens pour sa mise en œuvre. Pp1-11 in <http://www.iisd.org>, <http://www.cckn.net> .
- 2- **Amara W. (2007)** Etude de comportement de quelques variétés d'abricotiers (*Prunus armeniaca . L*) en zone aride cas de la région de Nouara W. de M'sila.
- 3- **Ammar Boudjellal A. (2007).** Détermination des besoins en eau des cultures à l'aide de logiciel Cropwat 4.3 dans la wilaya de Tipaza. *Mémoire de fin d'études d'ingénieur.* Ecole nationale supérieure agronomique El- Harrach.
- 4- **Bahlouli, F., Tiaiba, A. et Slamani, A. (2008).** Etude des différentes méthodes de séchage d'abricot, point sur les méthodes de séchage traditionnelles dans la région du Hodna, wilaya de M'Sila. Revue des énergies Renouvelables SMSTS 08 Alger (2008) 61-66.
- 5- **Benmouffok B. (2003)** « La décentralisation et la gestion participative de l'irrigation » La prise en charge de l'irrigation en Algérie. Quatrième forum de la gestion de la demande en eau. Le Caire Égypte 2-4 février 2003.  
[http://www.idrc.ca/uploads/user-S/10638078731Algeria\\_fren.doc](http://www.idrc.ca/uploads/user-S/10638078731Algeria_fren.doc).
- 6- **Bensaid H. (2008)** Gestion déléguée du périmètre irrigué: un autre espace de rente. Etude de cas dans la région de Nabeul (Nord Est de la Tunisie) pages 5 et 6.  
E-mail : [bensaidhayet@yahoo.fr](mailto:bensaidhayet@yahoo.fr)
- 7- **Boss MG, Burton MA, Molden DJ. (2005).** Performance Assessments: Practical Guidelines (MG Boss et al.). Performance indicators for Irrigation and Drainage 2005.
- 8- **Bouaziz A, Belabbes K (2002).** Efficience productive de l'eau en irrigué au Maroc. Revue H.T.E. N° 124
- 9- **Bouarfa S, Marlet S, Douaoui A, Hartani T, Mekki I, Ghazouani W, Benaissa I, Vincent B, Hassani F, Kuper M (2009).** Salinity patterns in irrigation systems: a threat to be demystified, a constraint to be managed: New evidence from Algeria and Tunisia Journal of

Irrigation and drainage. Irrig. and Drain. 58: S273–S284 (2009). Published online in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com) DOI: 10.1002/ird.524

**10- BRL, NEE et SCET, (2005)** Etude de la tarification de l'eau au niveau du périmètre irrigué du K'sob de M'sila.

**11- Caliandro A., 1983.** Cours d'application de l'eau d'irrigation. Edit: CIHEAM. Bari, Italie, 92p

**12- Chabaca MN. et Guemraoui M. (2005)** Gestion des grands périmètres d'irrigation (GPI) l'expérience algérienne. Actes du séminaire de Nabeul. Tunisie. [www.wademed.net/](http://www.wademed.net/)

**13- Chabaca MN., Hartani, T, Imache, A, Djebbara, M, Ruelle, P, Mailhol JC, Legrusse, Ph (2009).** Evaluation des indicateurs de performances en agriculture irriguée à l'échelle de l'exploitation: quelles implications pour l'économie en eau dans la Mitidja ouest ? Actes du séminaire de Grenade. Espagne, 27 mai 2009. [www.eau-sirma.net/](http://www.eau-sirma.net/)

**14- Dekkiche N, Kellou S, Dahnoun Z, 2003.** Etude agropédoclimatique de la pépinière de M'sila.

**15- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 1998,** Crop Coefficient (Kc), <http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e0b.htm>

**16- FAO . 1992.** CROPWAT, a computer program for irrigation planning and management by M. Smith. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 26. Rome

**17- Food and Agriculture Organisation (FAO).** Les besoins en eau des cultures. *Bulletin FAO d'irrigation et de drainage* 1976 ; 24 : 198 p.

**18- Ifagraria (1966/67)** Etude de mise en valeur de l'aire irriguée du k'sob. Annexe II, étude agro pédologique. Fiches signalétiques et observations.

**19- Imache A, Dionnet M, Bouarfa S, Jamin JY, Hartani T, Kuper M, Le Goulven P. (2009).** "Scenariologie participative": une démarche d'apprentissage social pour appréhender l'avenir de l'agriculture irriguée dans la Mitidja (Algérie). *Cahiers agricultures*. vol. 18, n° 5 : 417-424. DOI : 10.1684/agr.2009.0324.

**20- Kуссу H, Bölüktepe F, Demir A.** Performance assessment for irrigation water management: A case study in the Karacabey irrigation scheme in Turkey. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 4 (2), pp. 124-132, February 2009. Available online at <http://www.academicjournals.org/AJAR>. ISSN 1991-637X © 2009 Academic Journals Full Length.

**21- Ladlani I.,** Contribution à la gestion optimale de la ressource en eau mobilisée «choix de formule empirique pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle "ETP" dans les régions de Tébessa et Annaba. *Thèse de Magister* (2007).

**22- Le Carpentier C. (1975).** L'évapotranspiration potentielle et ses implications géographiques. *Annale de géographie*, volume 84, numéro 404, pp.385-414.

**23- Le Grusse Ph, Mailhol JC, Bouaziz A, Zairi, A, Chabaca MN.** Indicators and framework for analyzing the technical and economic performances of irrigation systems at farm level. *ICID 2009*; Volume 58 Issue S3. Supplement: Irrigation Management in North Africa Published Online: Jul 3 2009 7:11 AM DOI: 10.1002/ird.531.

**24- Mailhol J.C, Vodicka, A,Ruelle P, Slatni, A., Ikama, M. (2004).** Diagnostic des pratiques d'irrigation gravitaire dans le Moyen Sebou : perspectives d'améliorations. Actes du Séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée, Rabat, du 19 au 23 avril 2004, Projet INCO-Wademed.

**25 -Marc Soutter, André Mermoud, André Musy, 2007.** Ingénierie des eaux et du sol processus des aménagements- 294p

**26- René A., OPU, 1985.** L'eau en Algérie: De l'impérialisme au développement (1830-1962).

**27- Rieul, L, 1990.** Guide pratique Irrigation, Cemagref Montpellier. Animateur du RNED - Hydraulique Agricole (Réseau National d'expérimentation et de Démonstration) CEP Communication; Coédition par Cemagref, RNED-HA et CEP. Montpellier. 319p.

-Sites web :

[www.onid.com.dz/](http://www.onid.com.dz/)

[www.eau-sirma.net](http://www.eau-sirma.net)



**ANNEXE 1**  
**DONNEES CLIMATIQUES**  
**Bilan de la pluviométrie de 1984 à 2008**  
**Station météorologique de M'sila**

Latitude : 35° - 40'  
Longitude : 04° - 30'  
Altitude: 4 4 1 m

Tableau 1: pluviométrie en mm

années	Janv.	Fevr.	mars	avril	mai	juin	juillet	aout	sept	Oct.	Nov.	Dec.	total
1984	2	1	12	9	13	5	0	8	0	35	19	2	106
1985	50	28	23	6	20	31	0	0	19	41	30	21	269
1986	19	19	49	7	8	20	0	2	34	49	12	23	242
1987	27	30	0	11	23	9	9	5	0	12	68	47	241
1988	11	2	18	34	34	23	0	0	24	18	27	22	213
1989	1	8	1	28	14	41	0	26	33	7	20	16	195
1990	27	0	19	36	100	14	12	0	14	1	20	32	275
1991	3	31	62	10	11	0	2	11	19	77	15	17	258
1992	24	11	13	4	44	9	25	0	1	3	35	14	183
1993	0	16	9	5	30	0	0	0	18	0	41	20	139
1994	14	26	15	6	0	0	0	14	45	44	9	4	177
1995	11	7	40	7	0	3	0	1	16	7	11	35	138
1996	62	26	32	23	46	6	7	3	3	0	6	24	238
1997	30	7	5	40	36	8	1	33	61	33	50	13	317
1998	10	18	10	46	60	8	0	2	39	6	9	5	213
1999	52	6	16	12	1	21	0	12	31	47	26	58	282
2000	0	0	5	3	25	2	2	2	54	15	7	31	146
2001	25	2	5	25	0	0	0	5	45	17	15	18	157
2002	11	6	1	5	5	0	2	16	7	13	26	13	105
2003	73	11	2	17	29	28	1	3	47	83	29	25	348
2004	5	5	31	36	75	10	2	29	11	8	11	29	252
2005	1	18	6	6	0	7	3	3	31	16	28	6	125
2006	26	50	1	14	26	3	29	5	20	0	29	22	225
2007	5	12	17	80	26	6	0	4	23	10	5	0	188
2008	5	5	6	0	16	6	2	3	35	57	10	26	171
Moy.	19,76	13,8	15,92	18,8	25,68	10,4	3,88	7,48	25,2	23,96	22,32	20,92	208,12

## Bilan des températures max. de 1988 à 2008

Tableau 2: Températures maximales en °C

années	Janv.	Fevr.	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept	Oct.	Nov.	Dec.
1988	21.4	20.2	29.5	28.9	37.1	39.1	43.8	43.1	41.6	33.0	26.4	19.7
1989	16.9	23.5	26.6	27.2	37.9	36.8	41.6	42.5	39.4	28.0	25.8	22.1
1990	16.6	25.4	25.8	25.9	34.7	40.0	41.3	39.8	38.5	32.3	24.2	17.2
1991	18.5	19.5	26.1	26.3	33.0	39.9	44.4	41.8	37.4	31.8	22.3	21.0
1992	14.6	19.2	22.4	30.0	36.7	36.6	39.1	40.3	36.6	32.6	22.1	20.5
1993	16.5	17.7	25.6	29.0	37.8	43.7	45.3	42.4	37.1	34.6	24.6	18.6
1994	18.8	23.6	27.0	29.0	43.6	43.0	43.6	43.4	39.0	28.0	24.7	19.9
1995	19.0	23.6	26.0	26.7	35.8	40.1	41.8	43.1	37.3	30.7	27.5	18.8
1996	20.3	17.7	28.2	27.9	35.6	38.8	43.2	42.2	36.5	30.5	26.0	23.3
1997	19.0	24.4	25.5	29.3	37.5	43.7	45.2	43.5	38.5	32.4	22.5	17.2
1998	18.7	21.8	26.5	31.4	32.0	42.5	44.2	42.2	42.2	29.6	26.6	20.0
1999	18.3	22.7	25.5	34.1	41.7	43.3	43.3	44.7	37.4	31.8	25.7	19.6
2000	20.2	21.7	24.9	35.7	36.4	42.9	43.9	42.0	41.2	30.2	25.8	20.3
2001	18.6	21.4	33.8	31.6	38.2	41.0	43.0	41.7	39.2	34.0	26.1	20.7
2002	21.2	22.8	28.5	33.8	39.4	41.3	45.6	41.7	36.2	34.0	26.1	18.5
2003	20.0	17.8	24.8	36.8	35.7	42.6	45.1	42.8	40.4	39.3	28.6	18.4
2004	18.8	24.7	25.6	26.8	30.0	41.5	43.1	43.6	39.2	34.5	24.7	21.5
2005	20.2	21.4	32.8	33.0	37.2	41.9	46.2	44.0	36.9	32.4	28.3	18.6
2006	18.4	17,8	27,2	35,1	37,8	49,9	42,3	44	37,5	28,4	25,6	21,3
2007	19.7	24.3	25.4	29,6	34,5	45,5	45,4	43,5	36,9	34,6	26,9	20,9
2008	20,8	24,9	28,1	32,4	37	42	46,5	43,1	39,8	30	22,2	16,4
Moy.		21,3	27,6	32,3	36,4	45,8	44,7	43,5	38,0	31	24,9	19,5

## Bilan des températures mini de 1988 à 2008

Tableau 3: Températures minimales en °C

années	Janv.	Fevr.	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept	Oct.	Nov.	Dec.
1988	1.3	-3.5	-0.2	4.5	9.5	16.0	20.2	18.3	10.0	07.0	01.2	-2.9
1989	-2.8	-1.0	3.3	3.3	4.0	9.2	19.8	19.1	15.3	08.4	05.9	1.2
1990	1.0	1.3	0.7	4.2	10.0	14.0	16.8	16.8	15.6	08.4	0.3	-2.2
1991	-3.9	-3.6	2.1	3.2	3.0	13.1	19.9	17.7	14.5	4.4	-0.3	-2.5
1992	-3.6	-0.0	0.8	4.0	5.8	10.4	16.4	14.0	15.1	06.5	2.0	0.2
1993	-2.3	-2.0	-3.2	3.2	8.0	18.8	18.6	18.9	11.1	4.6	1.6	-0.2
1994	-0.3	-0.3	4.0	2.3	8.0	13.8	20.2	20.7	12.2	10.6	03.2	-2.7
1995	-1.3	1.0	3.3	2.8	8.9	12.9	20.2	18.0	12.0	09.2	02.4	0.9
1996	3.8	-1.6	1.8	3.9	6.9	12.4	18.4	16.5	11.5	6.5	1.0	-1.1
1997	-0.6	2.2	3.0	4.9	6.8	12.7	19.3	17.0	14.0	6.9	-2.0	-1.9
1998	-3.3	0.7	1.9	4.0	6.8	14.0	20.2	18.9	16.0	6.0	0.6	-3.0
1999	0.2	-1.0	1.6	4.4	11.2	16.8	17.5	21.2	14.2	11.9	-0.2	-0.2
2000	-2.8	-0.5	3.2	3.0	13.0	12.8	18.6	17.2	12.6	08.3	1.0	-1.0
2001	-0.9	-0.8	1.9	5.0	8.4	16.0	19.8	21.0	15.6	13.1	03.4	-1.4
2002	-1.8	0.2	04.8	06.8	08.0	12.2	15.0	16.0	13.9	08.6	3.2	1.6
2003	1.0	-0.8	4.2	5.2	9.3	18.2	21.3	20.8	15.4	9.0	4.5	-2.3
2004	-1.6	-0.2	0.2	4.1	4.7	13.4	17.2	19.5	11.2	7.3	1.2	-2.8
2005	-7.1	-3.8	-2.4	3.1	9.5	13.7	20.9	15.3	11.9	10.1	-19	-3.0
2006	-3.8	-0.2	1.4	4.7	13.0	7.7	21.3	17.6	11.5	10.8	4.8	-0.9
2007	-0.3	-0.1	-0.6	4.2	9.1	12.2	17.8	19.3	14.1	6.0	-2.5	-1.9
2008	-2.0	-1.5	-0.9	4.0	8.4	13.2	18.7	20.5	12.2	8.2	2.0	-0.8

## Bilan des températures Moyennes de 1988 à 2008

Tableau 4: Températures Moyennes en °C

années	Janv.	Fevr.	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept	Oct.	Nov.	Dec.
1988	10,2	10	12,7	17,5	22,7	26,4	32,2	31,4	24,9	20,5	14	7,6
1989	7,7	9,9	14,7	14,9	22	24,7	30,5	30,6	25,1	19,7	14,6	12
1990	9,2	12,6	14,3	15,2	20,6	28,4	28,8	28,7	26,7	20,3	13,2	7,3
1991	7	8,3	12,8	14,2	17,9	26,6	31,5	30,3	26	18,1	11,1	7,8
1992	6,6	8,9	12,2	15,3	20,9	23,9	28,7	30,4	26,2	19	13,3	9,1
1993	6,8	8,8	12,2	16	22,1	29,3	31,2	31,2	24,9	20,5	13,2	9,3
1994	9,2	10,3	15,7	15	25	28,9	32,5	33,5	25,3	18,9	13,8	8,9
1995	8,2	12,7	12,5	15,7	23,2	26,8	32	29,8	23,5	20	13,4	10,6
1996	10,4	8,5	12,6	16	20,9	25,1	30,3	29,6	23,5	17,6	13,5	10,6
1997	9,7	12,3	13,7	16,5	23,5	29,3	31,3	30,3	24,5	19,2	12,3	9,4
1998	8,9	10,8	13,3	16,8	19,6	28,8	32,4	30,5	26,1	17,3	13,1	8,3
1999	8,8	8,8	13,3	18,2	26,1	30	31,9	33,8	26,4	22,2	12,7	8,7
2000	6	10,4	14,8	17,9	25	28	32,4	31	26,2	18,5	13,9	10,1
2001	8,9	10	17,5	17,6	22,3	29,7	32,6	32	26	23,5	13,2	8
2002	7,9	11,2	15,4	18,3	23,3	29,7	31,5	30	25,3	20,6	14	10,6
2003	8,6	8,6	14	18,1	23,3	30	33,9	31,8	25,2	20,5	13,6	8,4
2004	8,4	11,1	13,9	15,5	18	26,9	31	31,6	25,1	21,5	12	9,3
2005	6,2	7,3	14,7	17,9	25,6	29,2	33,4	30,7	24,5	20,4	12,3	8,2
2006	7,3	8,8	14,3	19,9	25,4	28,8	31,8	30,8	24,5	19,6	15,2	10,2
2007	9,7	12,1	12,4	16,9	21,8	28,8	31,6	31,4	25,5	20,3	12,2	9,5
2008	9,4	11,7	13,6	18,2	22,7	27,6	32,6	31,8	26	19,1	12,1	7,8
Moy.	8,34	10,15	13,84	16,74	22,47	27,95	31,62	31,01	25,30	19,87	13,18	9,13

## Bilan de l'insolation de 1988 à 2006

Tableau 5: durées des insolation en heures

années	Janv.	Fevr.	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept	Oct.	Nov.	Dec.
1988	153	222	256	262	288	282	348	336	301	215	168	167
1989	172	192	271	221	306	293	354	262	222	252	186	157
1990	135	275	231	255	268	300	346	344	248	262	183	149
1991	202	184	206	275	332	342	349	347	293	205	213	165
1992	168	244	204	256	292	323	356	361	290	256	212	157
1993	239	173	250	284	307	317	333	302	254	221	159	220
1994	183	227	280	306	333	334	353	315	243	249	243	248
1995	220	257	260	308	340	301	377	323	275	274	229	182
1996	166	177	237	254	331	321	365	317	281	280	226	169
1997	154	261	307	252	305	335	337	323	257	250	190	185
1998	211	232	293	279	379	345	392	337	252	277	215	198
1999	172	211	255	280	293	269	344	270	283	269	190	130
2000	223	278	286	291	300	352	364	347	258	239	208	189
2001	170	238	262	296	319	359	312	296	265	269	175	157
2002	217	253	273	261	322	321	299	223	276	277	172	182
2003	154	180	261	274	321	335	286	287	238	196	171	162
2004	213	222	249	262	254	326	356	304	267	217	208	138
2005	230	191	223	222	341	311	336	308	252	263	183	157
Inso.h./jour	6,06	7,97	8,25	8,96	10,09	10,68	11,12	10,04	8,81	8,01	6,54	5,58

## Bilan de la vitesse du vent moyenne mensuelle en m/s de 1996 à 2008

Tableau 6: Vitesse du vent, moyenne mensuelle en m/s

années	Janv.	Fevr.	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept	Oct.	Nov.	Dec.
1996	04.4	04.5	02.5	03.9	02.8	02.5	02.2	02.7	01.7	03.7	03.0	04.9
1997	04.4	03.5	03.5	04.5	05.0	06.3	06.1	05.4	03.7	03.8	04.3	04.9
1998	03.9	03.2	04.5	05.9	05.1	04.3	04.8	06.1	04.5	04.1	03.7	03.3
1999	04.3	04.8	04.6	05.4	04.7	04.5	04.6	03.9	04.5	03.7	04.2	04.3
2000	02.6	02.3	04.3	07.0	05.1	04.9	05.4	03.4	03.4	04.6	04.4	03.9
2001	05.2	04.7	05.0	05.1	05.5	05.5	05.1	04.1	04.3	03.0	03.4	03.4
2002	02.7	04.2	05.0	05.7	06.1	04.7	05.2	04.3	04.5	04.3	05.3	04.7
2003	04.3	04.6	04.2	05.8	03.3	04.0	04.9	04.1	04.5	04.6	04.0	05.1
2004	04.4	03.9	05.3	05.1	05.5	03.7	04.2	03.7	03.6	03.2	03.6	04.2
2005	04.0	04.1	04.0	05.8	05.1	04.6	05.2	04.7	03.6	03.0	03.6	03.2
2006	04.0	04.0	05.0	04.9	03.7	05.5	03.0	04.0	03.3	03.6	03.9	02.7
2007	02.7	04.9	05.0	04.5	04.9	05.3	04.2	03.9	03.2	04.1	03.8	04.6
2008	02.9	03.5	05.3	05.6	05.2	04.5	03.7	03.2	03.6	02.1	03.0	02.7
Moy.m/s	3,83	4,02	4,48	5,32	4,77	4,64	4,51	4,12	3,72	3,68	3,83	3,99

## Nombre de jours de gelée

Tableau 7: Nombre de jours de gelée

années	Janv.	Fevr.	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept	Oct.	Nov.	Dec.
1988	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
1989	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1990	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
1991	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
1992	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1993	18	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1994	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
1995	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	3	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1997	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
1998	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
1999	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2
2000	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2001	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
2002	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
2004	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	17	12	4	0	0	0	0	0	0	0	1	5
2006	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2007	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	1	4
2008	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Moy.	5,52	1,62	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	2,62

## Bilan de l'évaporation de 1988 à 2008

Tableau 8: Bilan de l'évaporation en mm

années	Janv.	Fevr.	mars	Avril	mai	juin	juillet	août	sept	Oct.	Nov.	Dec.
1988	118	121	200	212	297	365	480	467	287	213	111	77
1989	75	142	253	259	351	301	454	428	264	198	140	119
1990	105	174	180	202	224	403	441	389	351	219	139	82
1991	90	134	182	242	245	366	431	359	269	179	106	92
1992	71	87	120	146	134	221	326	377	275	203	101	85
1993	98	100	180	232	330	432	423	384	337	322	151	99
1994	190	195	171	280	424	449	391	366	325	121	67	56
1995	61	126	153	126	218	250	384	326	273	190	177	76
1996	83	70	123	171	183	261	363	357	285	241	151	99
1997	102	146	201	255	346	530	490	288	234	193	173	134
1998	91	128	205	218	242	317	441	396	343	240	160	140
1999	107	165	236	326	356	451	381	464	265	465	97	76
2000	73	130	177	241	286	349	432	413	258	158	124	126
2001	84	145	252	216	319	368	406	371	226	158	105	100
2002	72	141	212	243	321	328	342	319	279	216	123	101
2003	69	75	152	189	264	345	430	337	240	159	89	63
2004	64	60	136	146	171	217	290	207	156	116	55	33
2005	44	50	111	61	201	211	278	231	135	99	65	45
2006	72	38	123	206	185	299	243	259	129	154	69	38
2007	45	36	99	106	156	236	260	227	99	98	46	46
2008	56	63	110	135	170	161	195	211	123	45	41	23
Moy.	57	83	115	140	175	228	254	231	172	128	76	55



## ANNEXE 2

Tableau 9: Enquête sur les agriculteurs en possession de forages (mars, 2009)

Zone	Nom de l'agriculteur	SAT (ha)	SAU (ha)	Technique d'irrigation	Sources d'irrigation		débit (l/s) forage	cultures pratiquées	autre activité
					barrage	forage			
Amont	Briki M, L,	1,15	1,15	gravitaire	B		-	Abricotier	
Amont	Ouardi M,	1,34	1,34	gravitaire	B		-	Abricotier	
Amont	Chicouche M, D,I	3	3	gravitaire	B		-	Abricotier	Entrepreneur
Amont	Rekik A/R,	4,76	4,76	gravitaire	B		5	Abricotier	
Amont	Boudiaf K,	6,78	6,78	gravitaire	B		6	Abricotier	oui
Amont	Chenih L,	2,70	2,70	gravitaire	B		-	Abricotier	oui
Amont	Bakhti C,	2,50	2,50	gravitaire	B		7	Abricotier	non
Amont	Ceikh T,	1,25	1,25	gravitaire	B		-	Abricotier	non
Amont	Aris Md	1,50	1,50	gravitaire	B		-	Abricotier	oui
Amont	Ceikh L,	1,75	1,75	gravitaire	B		-	Abricotier	non
Amont	Belabassi S,	2,43	2,43	gravitaire	B		-	Abricotier	Commerçant
Amont	Saada B,	0,12	0,12	gravitaire	B		-		
Amont	Aldji S,	1	1	gravitaire	B		-	Abricotier	
Amont	Salmi I,	1		gravitaire	B		-	Abricotier	oui
Amont	Bouguerra A,	7	7	gravitaire	B		-	Abricotier	
Amont	Zeghad B,	15	15	gravitaire	B		-	Céré+Abrir	
Amont	Silem L,	1	1	gravitaire	B		-	Abricotier	oui
Amont	Aitia El D,	24	24	gravitaire	B		-	Céré+Abrir	Transport
Amont	Debbi A,	0,50	0,50	gravitaire	B		-	Abricotier	
Amont	Daffaf S,	1	1	gravitaire	B		-	Abricotier	
Amont	Boudina A,	1,69	1,69	gravitaire	B		-	Abricotier	Entrepreneur
Amont	Yahi A,	2	2	gravitaire	B		-	Abricotier	Entrepreneur
Amont	Rekik H,	3	3	gravitaire	B		-	Abricotier	Mécanicien
Amont	Mehamdi R,	0,77	0,77	gravitaire	B		-	Abricotier	Fonctionnaire
Amont	Djeraf S,	7,40	7,40	gravitaire	B		-	Abricotier	Entrepreneur
Amont	Benkherdine S,	2,70	2,70	gravitaire	B	F	5	Abricotier	Abattoir
Amont	Brakhlia M,	3	3	gravitaire	B		-	Abricotier	Commerçant
Amont	Hamadi A/H,	3	3	gravitaire	B		-	Abricotier	

Amont	Bakhti A/R,	0,65	0,65	gravitaire	B		-	Abricotier	Fonctionnaire
Amont	Yahi R,	2,70	2,70	gravitaire	B		-	Abricotier	Retraité
Aval	Salem L,	70	70	gravitaire		F	12	Céréales	
Aval	Zorig D,	17	17	gravitaire			-	Céréales	Retraité
Aval	Bouzidi A,	40	40	gravitaire			-	Céréales	
Aval	Khalfallah A,	16	16	gravitaire			-	Céréales	
Aval	Khalfallah T,	100	100	gravitaire		F	12	Céréales	
Aval	Dilmi el B,	100	100	gravitaire		F	12	Céréales	Retraité
Aval	Atallah el M,	68	68	gravitaire		F	13	Céréales	Aucune
Aval	Saadaoui B,	36	36	gravitaire		F	10	Céréales	Commerçant
Aval	Zeghough A,	27	27	gravitaire		F	12	Céréales	Retraité
Aval	Chebli M,	16	16	gravitaire			-	Céréales	Retraité
Aval	Hamani el M,	70	70	gravitaire		F	12	Céréales	non
Aval	Sedraia Rabah	46	46	gravitaire			-	Céréales	Commerçant
Aval	Salem A,	42	42	gravitaire			-	Céréales	Retraité
Aval	Mira el A,	18	18	gravitaire			-	Céréales	Commerçant
Aval	Atallah M,	120	120	gravitaire		F	24*	Céréales	Entrepreneur
Aval	Zoubiri L,	17	17	gravitaire			-	Céréales	Ouvrier
Aval	Sbaa el A,	18	18	gravitaire			-	Céréales	
Aval	Dehmeche Z,	84	84	gravitaire		F	12	Céréales	Commerçant
Aval	Zorig el A,	38	38	gravitaire			-	Céréales	Retraité
Aval	Khalfallah M,	90	90	gravitaire		F	12	Céréales	Commerçant

NB: 24\*= 02forages

B= Barrage

F =Forage

# ANNEXE 3

Tableau 10 Résultats d'analyse de l'eau du forage bechilgua

## LABORATOIRE EL DJAOUDA

### ANALYSE ET CONTROLE DE LA QUALITE

#### BULLETIN D'ANALYSE PHYSICO-CHEMIQUE

Nom du produit :	Eau de forage
Reçu :	20/07/1003
N° D'inscription :	012/2003
Date de fabrication :	/
Date d'expiration :	/
Observation :	Echantillon présenté par le client .

Nom ou raison social du demandeur :	OUALI THAMEUR
Adresse:	FORAGE BECHILLGUA W .M'SILA

DETERMINATIONS	RESULTATS	REFERENCES
<b>A- Parametres organoleptiques</b>		
Couleur	Absence de couleur	
Odeur	Absence d'odeur	
Turbidité	Eau légèrement trouble	
<b>B-Parametres physico-chimiques</b>		
PH	7,29	NA- 751
Conductivité à 25°C	1088 µs/cm	NA- 749
Minéralisation	675mg/L	
Dureté totale TH	28,3°F	NA 752
Taux d'alcalinité TA	0°F	NA 756
Taux d'alcalinité complet TAC	18°F	NA 756
Taux Bicarbonates	229mg/L	
Taux des chlorures	90mg /L	NA 6362
Taux des carbonates	0mg/L	
Taux de calcium	225mg/L	NA 1655
Taux de magnesium	58mg/L	NA 752

**CONCLUSION : EAU DE BONNE QUALITE PHYSICO CHIMIQUE**



Adresse :	RC : 01A2828055	TEL : 035 55 22 82
rue 28 Janvier 1957	NIF : 296730010024836	FAX :
Cité Cheikh Tahar M'sila(28000)	AI : 28019102100	

Tableau 11 Résultats d'analyse de l'eau du forage M.Amroune

## LABORATOIRE EL DJAOUA

Décision N° 40 DU 29 OCTOBRE 2003.

### ANALYSE ET CONTROLE DE LA QUALITE

#### BULLETIN D'ANALYSES PHHYSICO-CHIMIQUE

Nom du produit : Eau de forage.  
 Reçu le : 18/10/2004  
 N° D'inscription : 091/2004  
 Date de prélèvement : 15-10-2004.  
 Date d'expiration : /  
 Observation : Echantillons prélevés par le client.

Nom ou raison social du demandeur :  
 OUALI THAMER

N° bon de commande : /  
 Date du bon de commande: /  
 Adresse : FORAGE MECHTA AMROUNE  
 COMMUNE METARFA W. M'SILA

DETERMINATIONS	RESULTATS	REFERENCES
<b>A- PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES</b>		
Odeur	Inodore	
Couleur	Incolore	
Turbidité	Limpide	
<b>B- PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES</b>		
PH	7.42	NA- 751
Conductivité à 25°C	784 µs/cm	NA -749
Minéralisation	486 mg/L	
Dureté TH	50°F	NA-752
Calcium	93 mg/L	NA-11655
Magnésium	65 mg/L	NA-1655
Sulfates	104 mg/L	NA-6351
Chlorures	48 mg/L	NA-6352
Nitrates	7.0 mg/L	NA-1656
Nitrites	0.00mg/L	NA-1657
Ammonium	0.00mg/L	NA-1879
Phosphates	0.00mg/L	NA-2364
Taux d'alcalinité TA	0 °F	NA-756
Taux d'alcalinité complet TAC	12°F	NA-756
Bicarbonates	146 mg/L	
Carbonates	0 mg/L	

CONCLUSION : EAU DE BONNE QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE.

MSILA: 18/10/2004  
 م. س. ل. ا: 18/10/2004  
 م. س. ل. ا: 18/10/2004  
 م. س. ل. ا: 18/10/2004

Adresse :  
 rue,28 Janvier 1957  
 Cité Cheikh Tahar M'sila(26000)

C

RC : 01A2828055  
 MF : 296730010024836  
 AI : 28019102100

TEL : 035 55 22 82  
 FAX : 035 55 42 63

Tableau 12 Résultats d'analyse de l'eau du forage O. Bouakeur

# LABORATOIRE EL DJAOUDA

Décision N° 40 DU 29 OCTOBRE 2003.

## ANALYSE ET CONTROLE DE LA QUALITE

### BULLETIN D'ANALYSES PPHYSICO-CHIMIQUE

Nom du produit : Eau de forage.  
 Reçu le : 18/10/2004  
 N° D'inscription : 092/2004  
 Date de prélèvement : 17-10-2004.  
 Date d'expiration : /  
 Observation : Echantillons prélevés par le client.

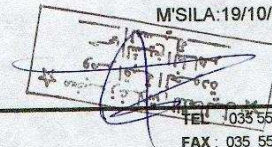
Nom ou raison social du demandeur :  
 OUALI THAMER

N° bon de commande : /  
 Date du bon de commande : /  
 Adresse : FORAGE OULED BOUAKER  
 COMMUNE METARFA W. M'SILA

DETERMINATIONS	RESULTATS	REFERENCES
<b>A- PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES</b>		
Odeur	Inodore	
Couleur	Incolore	
Turbidité	Limpide	
<b>B- PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES</b>		
PH	7.25	NA- 751
Conductivité à 25°C	1980µs/cm	NA -749
Minéralisation	1228mg/L	
Dureté TH	85°F	NA-752
Calcium	124 mg/L	NA-11655
Magnésium	131 mg/L	NA-1655
Sulfates	610 mg/L	NA-6351
Chlorures	204 mg/L	NA-6352
Nitrates	20 mg/L	NA-1656
Nitrites	0.00mg/L	NA-1657
Ammonium	0.00mg/L	NA-1879
Phosphates	0.00mg/L	NA-2364
Taux d'alcalinité TA	0 °F	NA-756
Taux d'alcalinité complet TAC	11 °F	NA-756
Bicarbonates	134 mg/L	
Carbonates	0 mg/L	

**CONCLUSION :** EAU DURE AVEC UN TAUX DE SULFATES ELEVE.  
 (L'UTILISATION D'ADOUCCISSEURS OU LE MELANGE AVEC  
 UNE EAU PLUS DOUCE EST RECOMMANDEE ).

M'SILA:19/10/2004



Adresse :  
 rue,28 Janvier 1957  
 Cité Cheikh Tahar M'sila(28000)

RC : 01A2828055  
 MF : 296730010024836  
 AI : 28019102100

TEL : 035 55 22 82  
 FAX : 035 55 42 63

Tableau 13 Résultats d'analyse de l'eau du forage Nouara

## مكتب الخبرة في الكيمياء

شاكر عبدا لله

خبير في الكيمياء

معتمد لدى مجلس قضاء المسيلة

العنوان : حي 150 مسكن المسيلة

المسيلة في 2002/10/28

### Bulletin d'Analyses physico-chimiques

<b>Demandeur</b>	الجهة التي طلبت التحليل : مؤسسة الحفر والأشغال الريفية والي ثامر - المسيلة-	
<b>Lieu de prise d'échantillon</b>	بئر نوارا ببلدية المطارفة	مكان أخذ العينة :
<b>Point d'eau :</b>	Eau de forage	نقطة الماء
<b>Date de prise d'échantillon</b>	2002 09 26	تاريخ أخذ العينة :

Echantillons prélevés le 26/09/2002 et leur analyses physico-chimiques fait apparaître les résultats suivants :

Elément	Unité	Résultat d'analyse
Température	°C	==
pH	Sans unité	7.75
Chlorure	mg/l	207
Sulfate	mg/l	527
Dureté (TH)	°F	66
Sodium	mg/l	138.68
Potassium	mg/l	5.5
Résidu sec (180°C)	mg/l	1834
TA	°F	0
TAC	°F	09

#### Commentaire :

- 1- les sulfates et les chlorures mesures définissent l'état saumâtre de l'eau de forage. Une teneur excessive est non seulement nocive pour la santé publique, mais aussi génératrice de corrosion. Les résultats observés conforte la salinité de cette eau.
- 2- le résidu sec dépasse largement la valeur limite de qualité, ce qui rend cette eau de mauvaise qualité.

**Conclusion :** eau de mauvaise qualité ( Dure et saumâtre )  
Elle nécessite un traitement

Signé


Tableau 14 Résultats d'analyse de l'eau du forage Boukhmissa



وزارة الموارد المائية  
**MINISTRE DES RESSOURCES EN EAU**  
 الوكالة الوطنية للموارد المائية  
**AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES**  
 Créé par décret N°81 / 167 du 25 juillet 1981 – Compte Trésorerie d'Alger N° 402.003.221

N° 013 ANRH/DCES/04

Demandeur : DHWM'SILA  
 Analyse demandée : Analyse complète  
 Date de réception : 21/12/04  
 Date de prelevement : 20/12/04  
 N° de laboratoire : 915  
 Designation : Forage 279-168 (Bou kh missa)

**RESULTATS D'ANALYSES**

PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES	RESULTATS	MINERALISATION GLOBALE	RESULTATS
PH	7,89	Calcium Ca++ mg/l	250
Conductivité ms/cm	3,56	Magnes. Mg++ mg/l	180
Turbidité eau brute NTU	1,48	Sodium Na + mg/l	200
Turbidité eau déc. NTU	1,23	Potass. k+ mg/l	49
Residu sec à 110° mg/l	2285	Chlorure Ci- mg/l	385
		Sulfate SO4-- mg/l	<b>950</b>
		Bicarbon. HCO3- mg/l	244
		Carbonate CO3-- mg/l	0
		Silice SiO2 mg/l	11,04
		TH ° F	<b>135</b>
		TAC ° F	20
		TA ° F	0
		Minéralisation mg/l	2207
		Somme des ions mg/l	2317

PARAMETRES DE POLLUTION	RESULTATS
Ammonium NH4+ mg/l	0,09
Nitrite NO2- mg/l	0,12
Nitrate NO3- mg/l	<b>59,00</b>
O.phosphate PO4- mg/l	0,05
Mat. O. (mil. Ac.) mg/l O2	7,50
Fluor mg/l	-

**INTERPRETATION :**

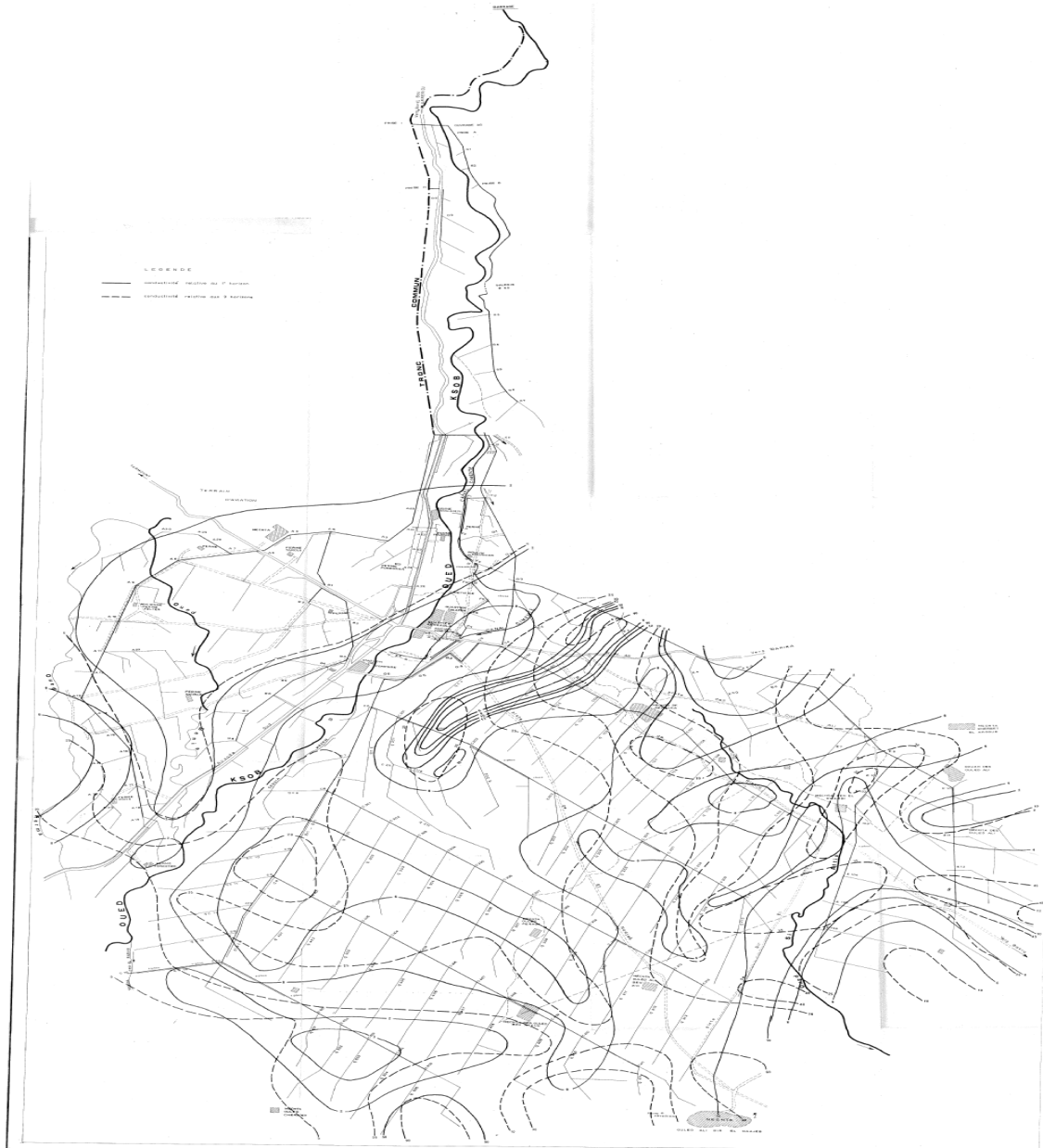
Cette eau présente une qualité chimique mauvaise elle est chargée en nitrate et sulfate, elle est également très dure cette eau est impropre à la consommation

NB: Les résultats d'analyses sont donnés sous toute réserve dans le cas où le prélèvement n'a pas été effectué par nos services.



## ANNEXE 4

### Carte de la conductivité électrique



### Carte de la conductivité électrique

- Conductivité dans les couches supérieures
- - - Conductivité dans les couches profondes



## ANNEXE 5

Tableau 15: Répartition des effectifs bovins, ovins et caprins (RGA, 2001)

Périmètre	Commune	Bovins		ovins		caprins	
		exploitations	nombre	exploitations	nombre	exploitations	nombre
K'SOB	M'sila	288	670	539	4678	89	723
	M'tarfa	215	599	371	11080	130	903
	Souamaa	81	218	173	15868	106	826
Total périmètre		584	1487	1083	21626	325	2452

## ANNEXE 6

Tableau 16: de la production d'abricots

Année	Superficie (ha)	Production (qx)
2000	2880	62500
2001	3200	76800
2002	3400	71550
2003	6010	210000
2004	6310	252000
2005	6600	330000
2006	6700	402000
2007	6870	448000
2008	7000	400000
2009	8000	430000

## ANNEXE 7

### En Algérie

Si nous considérons la production des abricots 110 000 tonnes, (Bahlouli, Tiaiba, Slamani, 2008) nous constatons qu'elle demeure très faible ou insignifiante et qu'elle est encore loin d'atteindre celle enregistrée dans certains pays du monde, ex: 500.000t en Turquie.

Malgré l'augmentation progressive des superficies et sa situation climatique privilégiée, il y a une baisse de la production et ceci peut s'expliquer par :

- Le vieillissement des vergers.
- Mauvaise maîtrise des techniques culturales en particuliers la taille.
- L'utilisation des variétés dépassées moins productives.

- Le dépérissement qui frappe la culture de l'abricotier en particulier la région de N'gaous qui constitue l'une des principales régions productrices l'abricot en Algérie.

### **Variétés**

En réalité, il est difficile de mentionner toutes les variétés cultivées en Algérie, mais les plus répandues sont :

Amor-leuch, Oaurdi, Sayeb, Louzi-rouge, Amel, Canino ou Bulida, Luizet ou Suchet, Polonais, Rouge du Roussillon, Bergeron, Paviot.

### **Cycle biologique annuel de l'abricotier :**

Au cours de son cycle annuel, l'arbre fruitier passe par deux étapes distinctes mais liées, comportant respectivement une activité végétative et un cycle de fructification (GAUTIER, 1988).

### **L'eau :**

L'eau représente la plus grande partie du fruit, elle est responsable de son caractère juteux, et son rôle dans l'expression de sa qualité gustative est primordial. Cette richesse en eau, pour l'abricotier est de l'ordre de 80 et 90 %.

### **Les exigences pédoclimatiques de l'abricotier :**

#### **Les exigences édaphiques :**

D'une manière générale, l'abricotier redoute les argiles profondes, les terres froides et humides (GAUTIER.M, 1980, cité par Amara, 2007)), il s'accommode à des sols moyennement calcaires (10% de Ca Co<sub>3</sub> actif) et un taux de NaCl ne dépassant pas 2 pour mille. En terrain argileux, l'abricotier est sujet à la chlorose et à la gommose (Bretaud, 1979, cité par Amara, 2007)), c'est pour quoi, quand le taux atteint 20%, il est conseillé de le greffer sur prunier (CHAHBAR et al, 1990, cité par Amara, 2007)). Il supporte bien les sols à PH acide à fortement alcalin, sa tolérance aux ions Sodium est assez élevée, selon les variétés et les portes greffes, elle oscille entre 0,3 – 0,4%. L'abricotier préfère les sols perméables, se réchauffant rapidement à la fin de l'hiver, les terrains compacts donc mal aérés ne lui conviennent pas

## **Les exigences climatiques :**

Le climat constitue le facteur limitant majeur à la culture de l'abricotier, qui de par ces origines reste un arbre de pays à climat continental aux saisons nettement tranchées, hiver froid continue, printemps sec et été ensoleillé. C'est une espèce qui s'accommodant ne craignant ni la chaleur ni la sécheresse : aux altitudes froides et neigeuses (Aurès), dans les plaines basses et sèches (Cheliff), dans les plaines littorales (Mitidja), dans les régions irriguées (M'sila, Laghouat) et dans l'extrême sud Algérien au niveau des oasis (TRUET, 1946, cité par Amara, 2007).

## **Pluviométrie**

Les besoins hydriques élevés se situent entre le début durcissement du noyau à la maturité des fruits alors que les rameaux poursuivent encore leurs croissances.

En Algérie la longueur de la saison sèche ne permet pas d'envisager une culture intensive d'arbre fruitier à noyau sans apport d'eau.

## **Température**

L'abricotier supporte très bien le froid de l'hiver, il résiste aux températures de -20°.

Elle exerce une action directe sur le développement de tout organe végétal : bourgeons, rameaux, racines... (GAUTIER, 1980).

## **Fumure:**

Fertiliser un sol c'est conserver ou établir un potentiel nutritif capable d'assurer à un végétal cultivé une production satisfaisant

## **Fumure de fond :**

Elle a un double but : correctif et prévisionnel.

Cette fumure est épandue avant la plantation. La dose varie selon la richesse du sol en phosphore, en potasse et azote et le type de sol

## **Fumure d'entretien :**

La fumure d'entretien recommandée est :

- Azote: 100 – 150 unités\ha.
- Acide phosphorique: 80 -100 unités\ha.
- Potassium: 150 unités\ha.

## **La taille:**

Dune manière générale on doit éviter les grosses plaies de taille, car elle constituent des portes d'entrée ou chambres bactériennes. Sur les arbres en production,

la taille se réduit à quelques élagages, pour assurer la pénétration de la lumière à l'intérieur de la couronne.

### **Irrigation :**

En Algérie, l'irrigation des vergers arboricoles est souvent mal conduite les principales causes sont : Doses d'eau insuffisantes ou excessives ainsi que des apports d'eau mal répartis

### **Les maladies cryptogamiques:**

#### **- Les pourridiés :**

Maladies graves, les symptômes provoqués sur l'abricotier sont dus à la destruction du système racinaire. Plusieurs champignons sont responsables de ces maladies, les principaux sont :

- *Rosellinia nectorix*
- *Armillaria mellea*

#### **- Le chancre à *Eurtypa* :**

Cette maladie débute à partir d'une blessure, d'une place détaillée de charpentiers ou du tronc par laquelle pénètre le champignon, elle se manifeste en été de façon spectaculaire par le dessèchement brutale des feuilles, des rameaux et des branches (ALBIT, 1983, cité par Amara,2007)).

#### **- L'oïdium :**

Il est largement répandu dans les vergers français ou il s'attaque surtout aux jeunes abricots. Le champignon responsable est : *Podosphaera Tridactyla*. Les fruits atteints se déforment et se croissent favorisant ainsi l'entrée des parasites secondaires (ALBIT, 1983).

#### **- Verticilliose :**

Joue un rôle important dans le dépérissement de l'abricotier, le champignon responsable : *Verticillium Dabliae*

#### **- Moniliose :**

Cette maladie peut détruire la totalité de la récolte surtout lorsque la floraison se déroule par temps pluvieux. Le champignon responsable est : *Monilia Laxa*, particulièrement dangereux pour les fleurs et les fruits, à l'approche de la maturité, la

fleur et le bourgeon envahis se dessèchent. Sur rameau, il provoque la formation d'un chancre en fuseau plus ou moins profond. (ALBIT, 1983).

- **Mildiou :**

Se rencontre sur abricotier peu de temps avant la maturité des fruits, le champignon responsable est : *Phytophthora cactorum*.

- **Rouille :**

Cette maladie se rencontre sur abricotier où elle entraîne une défoliation mais elle n'a pas de conséquences économiques.

**Autres maladies :**

- **Dépérissement :**

On englobe sur le nom de "dépérissement" tout mortalité plus ou moins brutale dont l'origine

N'apparaît pas clairement en fait, il s'agit non d'une maladie définie mais d'un ensemble de symptômes et de phénomènes divers réunis en groupes :

- Le manque d'affinité entre le porte-greffe et le greffon.
- Les formations chancreuses.
- La verticilliose.
- Dérèglement de la végétation (GAUTIER, 1989, cité par W. Amara, 2007)).

**Les ravageurs animaux :**

En comparaison, des autres espèces fruitières, l'abricotier connaît peu de ravageurs animaux.

- **Le capnode : (*Cabnodis tenebriana* L.)**

Ce gros coléoptère vit particulièrement sur prunier, pêcher, abricotier et sévit dans les contrées méditerranéennes. Les dégâts les plus graves sont causés par les larves qui creusent des galeries sinueuses dans les racines et à la base du tronc, ce qui entraîne progressivement la mort de l'arbre.

- **La mouche des fruits : (*Ceratites capitata*)**

Cet insecte exerce ses ravages en Afrique du nord et dans le midi de la France. La femelle pond ses œufs sous l'épiderme du fruit, après éclosion, les larves s'enfoncent dans la pulpe du fruit qui devient inesthétique.

- **Le cheimatobie : (*Cheimatobia sp.*)**

Cette chenille defoliatrice occasionne des dégâts sur bourgeons avant et après

floraison. A un stade précoce, gonflement ou éclatement de bourgeons. Les chenilles

pénètrent dans les bourgeons et dévorent les inflorescences, plus tard, elles s'attaquent

aux jeunes feuilles.

## ANNEXE 8

Tableau17: Besoins nets des cultures pratiquées

mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total (m m)
Pe en (mm)	19	14	16	18	25	10	3,9	7	24	23	21	20	
<b>ETc céréales</b>	48,3	64,4	105,8	76,1	38						19,5	33,12	
In=Pe- ETc (1)	-29	-50	-89	-58	-13						0	-13	-252
<b>ETc Abricotier</b>		32,4	82,8	109,8	139,5	185,4	211,5	178,5	101	59			
In=Pe- ETc (2)		-18,4	-66,8	-91,8	-114,5	-175,4	-207,6	-171,5	-77	-36			-960
<b>ETc fève verte</b>	41									79,7	68,25	39,9	
In=Pe- ETc (3)	-22									-56,7	-47,3	-19,9	-145,9
<b>ETc oignon vert</b>										78	65	38	
In=Pe- ETc (4)										-55	-44	-18	-117
<b>ETc carotte</b>		39,2	96,6	128	163	202,3	36						
In=Pe- ETc (5)		-25	-80	-110	-138	-192	-32						-577

In (1),(2),(3),(4),(5) =besoins nets des cultures

### Besoins nets:

Les besoins nets en eau d'irrigation pour le plan de culture sont calculés pour chaque culture, puis pondérés et totalisés. Pour simplifier on calculera

$$In = \frac{1}{4035ha} (972,9mm \times 935ha) + (116,9mm \times 20ha) + (145,9mm \times 60ha) + (576,7mm \times 20ha) + (251,4mm \times 3000ha)$$

$$= 417,97mm /camp.$$

Les besoins nets du périmètre deviennent alors:

$$417,97mm \times 4035 ha = 16.864.875 m^3 / campagne$$

### Les besoins bruts:

417,97 mm / 0,57 = 733,3mm / campagne

733,3mm x 4035ha = 29.588.655 m<sup>3</sup> / campagne

## ANNEXE9

Tableau 18: Besoins en eau de l'abricotier et apports

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Besoins en eau (m <sup>3</sup> /ha)	0	184	668	918	1145	1754	2076	1715	770	360	0	0	9600
Nombre irrigation	1	0	1	1	1	1	2	2	1	1	1	0	
Dose (m <sup>3</sup> /irrigation/ha)	880	0	880	880	880	880	880	880	880	880	880	0	
Volume mensuel pratiqué (m <sup>3</sup> /ha)	880	0	880	880	880	880	1760	1760	880	880	880	0	10.560
Rapport volume/besoins	-	0	1,3	0,95	0,76	0,50	0,84	1,02	1,14	2,43	-	0	1,10

## ANNEXE 10

Tableau 19: Sections, vitesses et débits obtenus

désignation	canal	Section moyenne (m <sup>2</sup> )	Vitesse moyenne (m/s)	Débit moyen (l/s)
EAI -1	Amont	0,025	1,2	30
	Aval	0,025	1,12	28
EAI -2	Amont	0,025	1,12	28
	Aval	0,023	1,14	26
EAI -3	Amont	0,022	1,14	25
	Aval	0,020	1,13	23

**NB:** La vitesse moyenne (m/s) sus indiquée au tableau a été obtenue à l'aide d'une montre chronomètre, pour un tronçon de canal aménagé de 7m de longueur

### Pertes par infiltration

#### Exploitation 1:

L'infiltration linéaire au niveau du canal en terre est de 0,75l/m/mn, ce qui nous donne un volume perdu, pendant toute la durée de l'irrigation de la parcelle (147 mn), de: 0,75 l/m/mn x 147mn x 80m = 8,8 m<sup>3</sup>.

### Exploitation 2:

L'infiltration linéaire au niveau du canal en terre est de 0,98l/m/mn, ce qui nous donne un volume perdu, pendant toute la durée de l'irrigation de la parcelle (159 mn), de:  $0,98 \text{ l/m/mn} \times 159 \text{ mn} \times 184 \text{ m} = 28,6 \text{ m}^3$ .

### Exploitation 3

L'infiltration linéaire au niveau du canal en terre est de 1,13 l/m/mn, ce qui nous donne un volume perdu, pendant toute la durée de l'irrigation de la parcelle (177 mn), de:  $1,13 \text{ l/m/mn} \times 187 \text{ mn} \times 106 \text{ m} = 22 \text{ m}^3$ .

## ANNEXE 11

### Calcul de l'humidité du sol au niveau des planches

Deux profils par exploitation ont été réalisés l'un avant l'irrigation et l'autre 24h après l'irrigation au niveau d'une planche de la parcelle de suivi, soit un total de six profils

Tableau20: Résultats d'analyse de l'humidité du sol de l'exploitation (1) avant l'irrigation

Exploitation 1	échantillon	Profondeur En (cm)	Poids de terre humide (g)	Poids de terre sèche (g)	Humidité en (%)
Pofil – 1-	A	20	98,9	89,9	10,1
	B	40	98,8	89,1	10,9
	C	60	98,7	88,6	11,4
	D	80	98,4	87,4	12,6
	E	100	98,5	87,7	12,3

Laboratoire d'analyse Université de M'sila

Tableau21: Résultats d'analyse de l'humidité du sol de l'exploitation (1), 24h après l'irrigation

Exploitation 1	échantillon	Profondeur En (cm)	Poids terre humide (g)	Poids de terre sèche (g)	Humidité en (%)
Pofil – 2-	A	20	95,96	79,9	20,1
	B	40	95,2	78,1	21,9
	C	60	94,62	76,8	23,2
	D	80	93,9	75,3	24,7
	E	100	93,8	75,2	24,8

Laboratoire d'analyse Université de M'sila



Tableau 22: Résultats d'analyse de l'humidité du sol de l'exploitation (2) avant l'irrigation

Exploitation 1	échantillon	Profondeur En (cm)	Poids terre humide (g)	Poids de terre sèche (g)	Humidité en (%)
Pofil – 1-	A	20	99,15	90,8	9,2
	B	40	99	90,2	9,8
	C	60	98,75	88,8	11,2
	D	80	98,5	87,9	12,1
	E	100	98,4	87,5	12,5

Laboratoire d'analyse Université de M'sila

Tableau 23: Résultats d'analyse de l'humidité du sol de l'exploitation (2), 24h après l'irrigation

Exploitation 1	échantillon	Profondeur En (cm)	Poids terre humide (g)	Poids de terre sèche (g)	Humidité en (%)
Pofil – 2-	A	20	95,6	80,2	19,2
	B	40	95,5	78,8	21,2
	C	60	95,1	77,6	22,6
	D	80	94	75,9	24
	E	100	94	75,5	24,6

Laboratoire d'analyse Université de M'sila

Tableau 24: Résultats d'analyse de l'humidité du sol de l'exploitation (3), avant l'irrigation

Exploitation 3	échantillon	Profondeur En (cm)	Poids terre humide (g)	Poids de terre sèche (g)	Humidité en (%)
Pofil – 1-	A	20	99,2	91,1	8,9
	B	40	98,7	88,89	11,11
	C	60	98,89	89	11
	D	80	98,8	88,9	11,1
	E	100	98,4	87,4	12,6

Laboratoire d'analyse Université de M'sila

Tableau 25: Résultats d'analyse de l'humidité du sol de l'exploitation (3), 24h après l'irrigation

Exploitation 3	échantillon	Profondeur En (cm)	Poids terre humide (g)	Poids de terre sèche (g)	Humidité en (%)
Pofil – 2-	A	20	96,76	82	18
	B	40	95,5	78,8	21,2
	C	60	95	78	22
	D	80	93,8	75,2	24,8
	E	100	93,7	75,1	24,9

Laboratoire d'analyse Université de M'sila

**Dose stockable**  
**Calcul des stocks au niveau des exploitations**  
**Exploitation1**

**La réserve utile du sol :**

- 0 - 35 cm

$$\frac{(18,9 - 6)}{100} \times 1,2 = 15\%$$

- 35 - 50 cm

$$\frac{(25,4 - 13)}{100} \times 1,1 = 13\%$$

- 50 - 80 cm

$$\frac{(25,7 - 9)}{100} \times 1,1 = 18\%$$

**Calcul du stock d'eau dans le sol**

- 0 - 35 cm

$$(0,15 \cdot 350) = 52 \text{ mm}$$

- 35 - 50 cm

$$(0,15 + 0,13) \cdot \frac{150}{2} = 21 \text{ mm}$$

- 50 - 80 cm

$$(0,13 + 0,18) \cdot \frac{300}{2} = 46 \text{ mm}$$

Le stock total pour une profondeur de 80cm serait de: **119 mm** (1)

**Calcul du stock dans l'exploitation 1**

**La réserve utile du sol :**

-0 - 20 cm

$$\frac{(20,1 - 10,1) \cdot 1,2}{100} = 12\%$$

-20 - 40 cm

$$\frac{(21,9 - 10,9) \cdot 1,1}{100} = 12,1\%$$

$$-40 - 60 \text{ cm}$$

$$\frac{(23,2 - 11,4) * 1,1}{100} = 13\%$$

-60 - 80 cm

$$\frac{(24,7 - 12,6) * 1,1}{100} = 13,35\%$$

-80 - 100 cm

$$\frac{(24,8 - 12,3) * 1,1}{100} = 13,75\%$$

### **Le stock au niveau des horizons**

-0 - 20 cm

$$0,12 * 200 = 24 \text{ mm}$$

-20 - 40 cm

$$\frac{(0,12 + 0,121) * 200}{2} = 24,1 \text{ mm}$$

40 - 60 cm

$$\frac{(0,121 + 0,13) * 200}{2} = 25,1$$

-60 - 80 cm

$$\frac{(0,13 + 0,133) * 200}{2} = 26,3$$

80 - 100 cm

$$\frac{(0,133 + 0,137) * 200}{2} = 27 \text{ mm}$$

Le stock total pour une profondeur de 100cm serait de: **126,5 mm** (2)

### **Calcul du stock dans l'exploitation 2**

#### **La réserve utile du sol :**

-0 - 20 cm

$$\frac{(19,2 - 9,2) * 1,2}{100} = 12\%$$

-20 – 40 cm

$$\frac{(21,25 - 9,8) * 1,1}{100} = 12,6\%$$

-40 – 60 cm

$$\frac{(22,6 - 11,2) * 1,1}{100} = 12,5\%$$

-60 – 80 cm

$$\frac{(24 - 12,1) * 1,1}{100} = 13,1\%$$

-80 – 100 cm

$$\frac{(24,6 - 12,5) * 1,1}{100} = 13,3\%$$

### **Le stock au niveau des horizons**

-0 – 20 cm

$$0,12 \times 200 = 24 \text{ mm}$$

-20 – 40 cm

$$(0,12 + 0,126) * \frac{200}{2} = 24,6 \text{ mm}$$

40 – 60 cm

$$(0,126 + 0,125) * \frac{200}{2} = 25,1$$

-60 – 80 cm

$$(0,125 + 0,131) * \frac{200}{2} = 25,6$$

80 – 100 cm

$$(0,131 + 0,133) * \frac{200}{2} = 26,4 \text{ mm}$$

Le stock total pour une profondeur de 100cm serait de: **126mm** (3)

### Calcul du stock dans l'exploitation 3

#### La réserve utile du sol :

-0 – 20 cm

$$\frac{(18 - 8,9) * 1,2}{100} = 10,92\%$$

-20 – 40 cm

$$\frac{(21,2 - 11,1) * 1,1}{100} = 11,11\%$$

-40 – 60 cm

$$\frac{(22 - 11) * 1,1}{100} = 12,1\%$$

-60 – 80 cm

$$\frac{(24,8 - 11,1) * 1,1}{100} = 15,07\%$$

-80 – 100 cm

$$\frac{(24,9 - 12,6) * 1,1}{100} = 13,53\%$$

#### **Le stock au niveau des horizons**

-0 – 20 cm

$$0,109 * 200 = 21,8 \text{ mm}$$

-20 – 40 cm

$$\frac{(0,109 + 0,111) * 200}{2} = 22 \text{ mm}$$

40 – 60 cm

$$\frac{(0,111 + 0,121) * 200}{2} = 23,2$$

-60 – 80 cm

$$\frac{(0,121 + 0,151) * 200}{2} = 27,8$$

80 – 100 cm

$$\frac{(0,151 + 0,135) * 200}{2} = 29 \text{ mm}$$

Le stock total pour une profondeur de 100cm serait de: **124 mm** (3)  
Les stocks d'eau au niveau racinaire à différentes profondeurs sont de: 119mm et 126mm respectivement pour 80cm et 100cm de profondeur

## **ANNEXE 12**

### **Le rendement**

Les rendements moyens donnés par l'agriculteur de chaque exploitation est de:  
160qx, 154qx et 140qx pour l'exploitation 1, 2 et 3 respectivement. Ces rendements restent inférieurs au rendement de l'ITAF qui est de 20tonnes

### **Efficiences agronomiques:**

Peut être calculée par plusieurs volumes dont nous citons trois:

-Le volume net apporté par l'irrigation et les pluies

$$EA1: 16000/7433 = 2,15\text{kg/m}^3$$

$$EA2: 15400/7488 = 2,06\text{kg/m}^3$$

$$EA3: 14000/7303 = 1,92\text{kg/m}^3$$

### **INDICATEURS ECONOMIQUES:**

Efficacité = Marge brute = produit brut – charges opérationnelles

Le produit brut = production physique x le prix du marché

$$EA.1 = 16000 \text{ kg} \times 30,00 \text{ DA} = 480\,000,00 \text{ DA}$$

$$EA.2 = 15400 \text{ kg} \times 30,00 \text{ DA} = 462\,000,00 \text{ DA}$$

$$EA.3 = 14000 \text{ kg} \times 28,00 \text{ DA} = 392\,000,00 \text{ DA}$$

### **Charges opérationnelles:**

#### **Exploitation Agricole 1**

Main d'oeuvre: 24.000,00 DA

Engrais : 6000,00 DA

Labour : 5000,00 DA

Irrigation : 35.000,00 DA

Dans le cas d'une vente sur pied le total des charges est : 70.000,00 DA

## Exploitation Agricole 2

Main d'oeuvre: 24.000,00 DA

Labour : 5000,00 DA

Irrigation : 35.000,00 DA

Dans le cas d'une vente sur pied le total des charges est : 64.000,00 DA

## Exploitation Agricole 3

Main d'oeuvre: 24.000,00 DA

Labour : 5 000,00 DA

Irrigation : 35.000,00 DA

Confection des planches/ 10.000,00 DA

Dans le cas d'une vente sur pied le total des charges est : 74.000,00 DA

Tableau 26: Efficacité

Exploitations	Produit brut	Charges opérationnelles	Marge brute
EA1	480.000,00	70.000,00	410.000,00
EA2	462.000,00	64.000,00	393.000,00
EA3	392.000,00	74.000,00	318.000,00

EA=Exploitation agricole

**Efficience** = Marge brute / dose d'eau apportée

EA1 : 410.000,00 DA / 10.584 m<sup>3</sup> = 38,74 DA/ m<sup>3</sup>

EA2 : 398.000,00 DA / 10.682 m<sup>3</sup>= 37,26 DA/ m<sup>3</sup>

EA3 : 318.000,00 DA / 10.356 m<sup>3</sup>= 30,71 DA/ m<sup>3</sup>

## Indicateurs d'objectif

Efficacité = Marge brute obtenue / Marge brute normative

EA1 : 410.000,00 DA / 510.000,00 DA = 0,8

EA2 : 398.000,00 DA / 510.000,00 DA = 0,78

EA3 : 318.000,00 DA / 510.000,00 DA = 0,62

Efficiencia = Marge brute normative / dose d'eau

$$\text{EA1 : } 510.000,00 \text{ DA} / 10.584 \text{ m}^3 = 48,18 \text{ DA/ m}^3$$

$$\text{EA2 : } 510.000,00 \text{ DA} / 10.682 \text{ m}^3 = 47,74 \text{ DA/ m}^3$$

$$\text{EA3 : } 510.000,00 \text{ DA} / 10.356 \text{ m}^3 = 49,24 \text{ DA/ m}^3$$



## RESUME

La présente étude a pour but d'établir un diagnostic de l'irrigation à l'échelle des exploitations agricoles du périmètre du K'sob. Ce diagnostic est fondé sur un constat partagé par l'ensemble des acteurs locaux qui citent une insuffisance et une iniquité par rapport à la ressource. Il s'intéresse en particulier aux pratiques d'irrigation traditionnelles en s'appuyant sur l'analyse de certains indicateurs hydrauliques (débit, dose, efficacité), agronomiques et économiques dans des exploitations représentatives du périmètre pour comprendre et tenter d'améliorer la gestion des irrigations. Les résultats obtenus montrent que les efficacités globales (parcelle et réseau), pour le système d'irrigation pratiqué (gravitaire), sont actuellement de 51 à 55%. Les pertes en eau, constatées essentiellement dans la parcelle (43%) et les seguias de conduction (6%), résultent surtout d'un problème de nivellement au niveau de la parcelle. Le système gravitaire traditionnel est souvent considéré comme faiblement efficace du point de vue hydraulique. Pour limiter ces pertes, il faut utiliser des moyens adéquats pour l'amenée de l'eau à la parcelle tels que la gaine en plastique et la couverture des seguias par une géo membrane (film en plastique noir de 400 microns) en particulier. L'amélioration de l'efficacité passe par une meilleure maîtrise des apports (volumes, durées et fréquence des tours d'eau) et un bon nivellement des planches. Au niveau de la culture d'abricotier, l'efficacité d'Utilisation de l'eau (EUE) varie de 1,92 à 2,15 kg/m<sup>3</sup>/ha. Ceci s'explique par l'insuffisance de la maîtrise de la conduite technique de la culture notamment l'irrigation, le travail du sol, la fertilisation, le désherbage et le traitement phytosanitaire.

**MOTS CLES :** Irrigation, performance, K'sob, eau

## SUMMARY

This study aims to set up a diagnosis of irrigation on the scale of farms along irrigated perimeter of the K'sob river. This diagnosis is based on a finding shared by all local farmers who mention a failure and unfairness in relation to this resource. It's particularly interested by traditional irrigation practices based on the analysis of some indicators hydraulic (flow, dose, efficiency), agronomic and economic of representing farmers along the perimeter to try to understand and improve the management irrigation. The results show that the overall efficiencies (plot and network) for the irrigation system practiced (Gravity), are currently 51-55%. The water loss, mainly found in the plot (43%) and conduction seguias (6%) is caused by a surfacing problem

in the plot. The traditional gravity system is often regarded as weakly efficient in terms of hydraulics. To limit these losses, use adequate equipments for bring water to the parcel such as the plastic sheath, and coverage of seguias with a geo membrane (black plastic film 400 microns). Improving efficiency through better control of inputs (volume, duration and frequency of water towers) and good leveling boards. In terms of the culture of apricot, the efficiency of water use (WUE) ranged from 1.92 to 2,15 kg / m<sup>3</sup> / ha. This is explained by the lack of control over the technical operation of culture such as irrigation and tillage and fertilizing weeding and pytosanitary treatment.

KEY WORDS: irrigation, performance, K'sob, water

### موجز

تهدف هذه الدراسة إلى وضع تشخيص للري عبر المزارع لمحيط K'sob. ويستند هذا التشخيص على الحقائق التي تشترك فيها جميع الجهات المحلية ، التي تذكر عدم الكفاية و الإنصاف فيما يتعلق بالموارد. ويهتم بشكل خاص في ممارسات الري التقليدية التي تقوم على تحليل بعض المؤشرات الهيدروليكية (تدفق ، الجرعة، وكفاءة) ، الزراعية والاقتصادية داخل المزارع الممثلة للمحيط لفهم ومحاولة تحسين إدارة الري. وأظهرت النتائج أن الكفاءة الشاملة (قطعة وشبكة) لنظام الري الممارس (الجانبيهة)، 51-55 ٪ حاليا. فقدان المياه ، وجدت بشكل رئيسي في قطعة الأرض (43 ٪) وقناة التوصيل (6 ٪) ، وذلك أساسا نتيجة لمشكلة تطفو على استواء سطح قطعة الأرض. ويعتبر هذا النظام في كثير من الأحيان بكفاءة ضعيفة من حيث الهيدروليكية. للحد من هذه الخسائر ، يجب استخدام الوسائل المناسبة لتوريد المياه إلى القطعة مثل غلاف من البلاستيك ، وتغطية قنوات التوصيل بواسطة غشاء (فيلم البلاستيك أسود 400 ميكرون) على وجه الخصوص. تحسين الكفاءة من خلال تحسين السيطرة على المدخلات (حجم ومدة وتواتر دورة المياه) ، لتسوية جيدة للوحات. على مستوى شجرة المشمش ، كفاءة استخدام المياه (1 WUE) 2.15-92 كغم / متر مكعب / هكتار. ويفسر هذا عدم وجود رقابة على العملية الفنية للأشجار مثل الري والحراثة والأسمدة وعلاج الأعشاب والآفات.

الكلمات الرئيسية : الري ، والأداء ، K'sob والمياه