

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR-ANNABA UNIVERSITY  
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA



جامعة باجي مختار- عنابة

Faculté des Sciences de la Terre  
Département de Géologie

Année 2010

## MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de  
**Magister**

**RESSOURCES EN EAU ET PERSPECTIVES DE GESTION  
INTEGREE DANS LE BASSIN VERSANT  
DE MEDJERDA (SOUK AHRAS, NORD-EST D'ALGERIE)**

Option

*Hydrogéologie*

Intitulé

*Ressources en eau, gestion intégrée, environnement et le développement durable*

Par

**DJABA Hichem**

DIRECTEUR DE MEMOIRE : Mr F. DERRADJI Pr. Université d'Annaba

**DEVANT LE JURY**

PRÉSIDENT: Mr : N. KHERICI Pr. Université d'Annaba

EXAMINATEURS:  
Mme : H. BOUSNOUBRA Pr. Université d'Annaba  
Mr : D. ZOUINI M.C Université d'Annaba  
Mr : M.HANNOUCHE M.C Université d'Annaba

Promotion 2010

## ملخص البحث

يقع حوض مجردة في شمال شرق الجزائر، على بعد 680 كم من العاصمة و 100 كم من عنابة، مما يجعله يمتاز بمناخ نصف جاف عبر معظم مساحته، والتي تقدر ب: 1411 كلم<sup>2</sup>.  
المميزات الجيولوجية، الهيدرولوجية والمناخية والهيدرولوجية تبين أن الموارد المائية للحوض وبالأخص السطحية منها ذات صبيب هائل يمكن أن يصل إلى 1000 ل/ثا.  
يتمركز الحوض المعني بالدراسة في منطقة ذات طابع فلاحي وصناعي و بتعداد سكاني يفوق 344000 نسمة، هذا التطور الاجتماعي والاقتصادي للمنطقة رافقه طلب كبير على الماء من طرف مختلف قطاعات التزويد (السكنات، الصناعة و الفلاحة).  
إن حجم المياه الحالي المجند والمقدر ب: 66 هكتار<sup>3</sup>، كافي لتغطية مختلف الإحتياجات، ووفقا لمعادلة العرض والطلب، فإننا نتوقع حدوث عجز في التزويد بالمياه على المدى المتوسط، برغم كون المنطقة غنية بالمياه. إضافة إلى ذلك، التدهور المستمر في نوعية المياه و المتزايد عبر الوقت، مما يجعل المنطقة أكثر عرضة للتلوث.  
لتجنب هذه الوضعية المزرية فإن تطبيق برنامج التسيير المتكامل للموارد المائية يصبح ضروريا وحتما. هذا الأخير يقودنا إلى تجسيد مخطط إدارة المياه (م.إ.م)

**الكلمات المفتاحية :** حوض - مناخ نصف جاف - الموارد المائية- صبيب - طابع فلاحي وصناعي- العرض و الطلب- التسيير المتكامل - مخطط إدارة المياه.

## ABSTRACT

The shedding basin of Medjerda is situated in the North-east of Algeria at 680 Km in the east Algiers and at 100 km from Annaba, witch provide it a semiarid climate in major parts of its area (1411 Km<sup>2</sup>).

The geological, hydro climatic and hydro geological conditions show that the water resources in the basin are especially superficial with an important potentialities witch can reach the 1000 l/s.

The basin of study is situated in an agricultural and industrial area with 344000 inhabitants.

This socioeconomic development has created a large increase in the request of water at various sectors (AEPI and AEA).

The present mobilized volume witch is more than 66 Hm<sup>3</sup> cover all the different needs and according to the projection offer-demand we feel deficits in water for the mean term, despite that the region it good watered, in addition to the remarkable increase of the water quality degradation, making the zone more vulnerable in time and space.

To remedy this bad situation, an integrated management of water resources is imposed. This management leads to a director plan of water (PDE).

**Keywords:** Shedding basin- Semiarid climate - The geological - Hydro climatic and hydro geological conditions - Potentialities - Socioeconomic development- Offer - Demand – A director plan of water - Integrated water management.

## RESUME

Le bassin versant de Medjerda se situe au Nord-est de l'Algérie à 680 Km à l'Est d'Alger et à 100 km d'Annaba, ce qui lui confère un climat semi-aride dans la majeure partie de sa superficie (1411 Km<sup>2</sup>). Les conditions géologiques, hydroclimatiques et hydrogéologiques, montrent que les ressources en eau dans le bassin sont surtout superficielles avec des potentialités importantes qui peuvent atteindre les 1000 l/s.

Le bassin d'étude est situé dans une région à vocation agricole et industrielle, d'une population plus de 344 000 habitants. Ce développement socioéconomique a engendré une augmentation importante de la demande en eau des différents secteurs (AEPI et AEA).

Le volume actuel mobilisé qui est plus de 66 Hm<sup>3</sup> couvre tous les différents besoins et suivant la projection offre/demande nous sentirons des déficits en eau au moyen terme malgré que la région est très arrosée, en plus l'augmentation du taux de dégradation de la qualité des eaux qui résulte au fur et à mesure, laissant la zone plus vulnérable dans le temps et dans l'espace.

Pour remédier à cette mauvaise situation, une gestion intégrée des ressources en eau s'y impose. Cette gestion aboutit à un plan directeur de l'eau (PDE).

*Mots clés : Bassin versant - Climat semi-aride - Potentialités hydriques – Offre/ Demande - Plan directeur de l'eau - Gestion intégrée des ressources en eau.*

## RESUME

Le bassin versant de Medjerda se situe au Nord-est de l'Algérie à 680 Km à l'Est d'Alger et à 100 km d'Annaba, ce qui lui confère un climat semi-aride dans la majeure partie de sa superficie (1411 Km<sup>2</sup>). Les conditions géologiques, hydroclimatiques et hydrogéologiques, montrent que les ressources en eau dans le bassin sont surtout superficielles avec des potentialités importantes qui peuvent atteindre les 1000 l/s.

Le bassin d'étude est situé dans une région à vocation agricole et industrielle, d'une population plus de 344 000 habitants. Ce développement socioéconomique a engendré une augmentation importante de la demande en eau des différents secteurs (AEPI et AEA).

Le volume actuel mobilisé qui est plus de 66 Hm<sup>3</sup> couvre tous les différents besoins et suivant la projection offre/demande nous sentirons des déficits en eau au moyen terme malgré que la région est très arrosée, en plus l'augmentation du taux de dégradation de la qualité des eaux qui résulte au fur et à mesure, laissant la zone plus vulnérable dans le temps et dans l'espace.

Pour remédier à cette mauvaise situation, une gestion intégrée des ressources en eau s'y impose. Cette gestion aboutit à un plan directeur de l'eau (PDE).

*Mots clés : Bassin versant - Climat semi-aride - Potentialités hydriques – Offre/ Demande - Plan directeur de l'eau - Gestion intégrée des ressources en eau.*

## *Au Nom D'Allah Le Tout Miséricordieux, Le Très Miséricordieux*

Au premier lieu et à la fin de ce travail; j'adresse mes sincères remerciements à « Allah Azza Wa Djell » qui ma donné la force et la volonté pour arriver à ce niveau.

Mes remerciements particuliers s'adressent à monsieur le Professeur EL-FADEL DERRADJI de l'université d'Annaba qui a accepté de m'encadrer et de me diriger, et qui n'a jamais épargner effort ou conseil, pour réaliser ce travail.

Mes profondes et vives gratitudes vont aussi à monsieur le Professeur N. KHERICI de l'université d'Annaba pour sa gentillesse, et ses conseils durant plusieurs années d'enseignement à la graduation et au post- graduation, et pour accepter d'examiner ce travail et de présider le jury.

Je voudrais également remercier Madame H. BOUSNOUBRA, Professeur à l'université d'Annaba, a accepté d'examiner notre travail. Nous tenons à lui exprimer ici toute notre gratitude.

Mes remerciements les plus sincères s'adressent aussi à monsieur D. ZOUINI Maître de conférences à l'université d'Annaba, a accepté d'examiner notre travail. Ses conceptions en Hydrologie et en Gestion Intégrée des Ressources en Eau ont eu une grande influence sur notre formation.

Mes vifs remerciements à monsieur M. HANNOUCHE Maître de conférences à l'université d'Annaba qui a accepté d'examiner notre travail

Je tiens à remercier les enseignants de département de géologie ainsi que les administrateurs.

Avant de mettre fin à cet oubli, je dois remercier tous les amis et collègues chacun par son nom pour les bon moments qu'on a passé ensemble, en particulier mes frères BOULKNAFET.Z, BOUTERAA.W, BOULEKSIBAT.M et GUELDASNI.A.

Finalement, et si par inattention j'ai oublié quelqu'un, qu'il me pardonne et qu'il soit remercié, (E'Salamo Aliekom wa Rahmat Allahi Wa Barrakateh).

## LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Situation géographique du bassin versant de Medjerda.....	07
Figure 02 : Longueur des principaux oueds dans le bassin de Medjerda.....	13
Figure 03 : Profil en long de l'oued Medjerda .....	15
Figure 04 : Réseau hydrographique du bassin versant de Medjerda .....	16
Figure 05 : Répartition des terres utilisées par l'agriculture dans la région d'étude.....	21
Figure 06 : Type de sol de la wilaya de Souk-Ahras.....	21
Figure 07 : Carte géologique de la zone d'étude.....	32
Figure 08 : Coupe géologique schématisée dans la région d'étude.....	33
Figure 09 : Schémas structural 1/25000 d'après la Carte géologique 1/50000.....	34
Figure 10 : Log stratigraphique de la région de Souk-Ahras.....	35
Figure 11 : Localisation des postes pluviométriques et hydrométriques dans le bassin.....	39
Figure 12 : Précipitations moyennes mensuelles dans la station de Souk-Ahras (1986-2007)	40
Figure 13 : Variation interannuelle des précipitations (1986-2007) .....	41
Figure 14 : Répartition saisonnière des précipitations (1986-2007) .....	41
Figure 15 : Carte pluviométrique de la région de Souk-Ahras.....	43
Figure 16 : Isohyètes moyennes annuelles au niveau de la wilaya de Souk-Ahras.....	43
Figure 17 : Températures moyennes mensuelles (1986/2007).....	44
Figure 18 : Températures moyennes interannuelles (1986/2007) .....	45
Figure 19 : Diagramme Ombrothermique de la station (1986-2007) .....	45
Figure 20 : Climagramme d'Emberger .....	47
Figure 21 : Climagramme d'Horton.....	48
Figure 22 : Bilan d'eau de C.W Thornthwait (Station de Souk-Ahras 1986-2007).....	54
Figure 23 : Carte hydrogéologique de la région de Souk-Ahras.....	60
Figure 24 : Répartition des barrages et retenues collinaires dans le bassin de Medjerda.....	69
Figure 25 : Schéma synthétique de l'importance d'oued Medjerda.....	70
Figure 26 : Localisation des forages dans le bassin de Medjerda.....	73
Figure 27 : Répartition des eaux mobilisées par secteur.....	77
Figure 28 : Ressources en eau mobilisées dans le bassin de la Medjerda.....	78
Figure 29 : Répartition spatiale de la population dans le bassin.....	81
Figure 30 : Répartition des principales agglomérations dans le bassin de Medjerda.....	81
Figure 31 : Besoins actuels en eau domestique dans le bassin de Medjerda.....	84
Figure 32 : Besoins actuels en eau des agglomérations (plus de 5000 hab.).....	85
Figure 33 : Estimation de besoins futurs en eau potable dans le bassin de Medjerda.....	87
Figure 34 : Evolution des besoins futurs en eau industrielle .....	89
Figure 35 : Carte schématisée des grands périmètres irrigués dans le bassin de Medjerda....	94
Figure 36 : Classification des eaux souterraines d'après Piper.....	104
Figure 37 : Qualité des eaux souterraines dans le bassin de Medjerda .....	110
Figure 38 : Qualité des eaux souterraines dans le bassin de la Medjerda .....	110
Figure 39 : Classification des eaux d'irrigation par la méthode du SAR .....	113
Figure 40 : Variation interannuelle moyenne de la qualité des eaux du barrage Ain Dalia.....	118
Figure 41 : Variation interannuelle moyenne de la qualité des eaux en aval du barrage.....	118
Figure 42 : Variation interannuelle moyenne de la qualité des eaux de l'oued El Hemissi....	118
Figure 43 : Qualité des eaux superficielles dans le bassin de Medjerda.....	120
Figure 44 : Qualité des eaux superficielles dans le bassin de la Medjerda.....	120
Figure 45 : Carte d'implantation de la zone d'étude.....	124

## LISTE DES PHOTOS

Photo N°01 : Vue Satellitaire dans l'oued de Medjerda.....	06
Photo N°02 : Retenue collinaire de Daghbouch (M'Daourouch).....	69
Photo N°03 : Barrage de Ain Dalia.....	73
Photo N°04 : La Ville de Souk-Ahras .....	84
Photo N°05 : Station de traitement de Ain Dalia.....	87
Photo N°06 : Les rejets domestiques .....	96
Photo N°07 : Eaux de ruissellement .....	97
Photo N°08 : Station d'épuration de la ville de Souk-Ahras (STEP).....	97
Photo N°09 : L'influence des métaux lourds dans l'eau de l'oued Medjerda.....	122
Photo N°10 : Rejets des eaux usées dans l'oued Medjerda.....	122
Photo N°11 : La détérioration de la qualité des eaux d'oued Medjerda.....	128

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°01 : Longueurs des principaux oueds du bassin versant de Medjerda.....	13
Tableau N°02 : Répartition de la superficie forestière selon la nature des propriétés .....	17
Tableau N°03 : Répartition des superficies forestières par commune et par type en (Ha).....	18
Tableau N°04 : Répartition de la production forestière dans la région d'étude.....	19
Tableau N°05 : Répartition des superficies agricoles dans la région d'étude en (Ha).....	20
Tableau N°06 : Représentation de l'échelle stratigraphique.....	26
Tableau N°07 : Caractéristiques des postes pluviométriques du bassin de Medjerda.....	38
Tableau N°08 : Caractéristiques des stations hydrométriques du bassin de Medjerda.....	39
Tableau N°09 : Précipitations moyennes mensuelles dans à la station de Souk-Ahras .....	40
Tableau N°10 : Années humide dépassant la moyenne dans la station Souk-Ahras .....	40
Tableau N°11 : Répartition saisonnières des précipitations (1986/2007).....	41
Tableau N°12 : Coefficient pluviométrique (1986/2007).....	42
Tableau N°13 : Températures Moyennes mensuelle dans la station de Souk-Ahras.....	44
Tableau N°14 : Indice d'aridité mensuel dans la station de Souk-Ahras (1986/2006).....	48
Tableau N°15 : Résultats de l'ETP et l'ETR.....	50
Tableau N°16 : Récapitulatif des résultats de l'ETR, R, I, ( différentes périodes) .....	51
Tableau N°17 : Bilan hydrique global d'après Thornthwaite (1986-2007) .....	52
Tableau N°18 : Récapitulatif des forages en exploitation dans le bassin de la Medjerda.....	62
Tableau N°19 : Potentialité des ressources en eau superficielles dans la Medjerda .....	66
Tableau N°20 : Répartition des retenues collinaires dans le bassin de Medjerda.....	68
Tableau N°21 : Potentialité des ressources en eau souterraines dans la Medjerda.....	71
Tableau N°22 : Récapitulatif des forages dans le bassin versant de Medjerda.....	72
Tableau N°23 : Récapitulatif des sources exploitées dans le bassin de la Medjerda.....	74
Tableau N°24 : Récapitulatif des puits exploités dans le bassin versant de la Medjerda.....	75
Tableau N°25 : Récapitulatif des ressources en eau mobilisées dans la Medjerda.....	76
Tableau N°26 : Répartition d'accroissement et densité de la population dans la Medjerda.....	79
Tableau N°27 : Répartition spatiale de la population dans le bassin de la Medjerda.....	80
Tableau N°28 : Évolution de la population par commune dans la Medjerda.....	82
Tableau N°29 : Besoins actuels en eau domestique dans le bassin de la Medjerda.....	83
Tableau N°30 : Besoins futurs en eau potable dans le bassin de la Medjerda.....	86

Tableau N°31 : Classification des unités industrielles dans la région d'étude.....	88
Tableau N°32 : Besoins en eau industrielles dans la région d'étude.....	88
Tableau N°33 : Evolution des besoins futurs en eau industrielle dans le bassin de Medjerda.	89
Tableau N°34 : Répartition des superficies agricoles (en Ha) au niveau de la Medjerda.....	91
Tableau N°35 : Besoins actuels en eau d'irrigation.....	92
Tableau N°36 : Evolution des besoins en eau des surfaces irriguées dans la Medjerda.....	93
Tableau N°37 : Grands périmètres irrigués (GPI) au niveau du bassin de la Medjerda.....	93
Tableau N°38 : Evolution des besoins en eau des GPI dans le bassin de la Medjerda.....	94
Tableau N°39 : Classification des paramètres d'altération des eaux souterraines.....	106
Tableau N°40 : principaux paramètres d'altération des eaux souterraines.....	108
Tableau N°41 : Grille de qualité des eaux souterraines selon les paramètres d'altération.....	109
Tableau N°42 : Signification des classes de qualité.....	109
Tableau N°43 : Classification des eaux par degrés d'aptitude à l'Irrigation ( S.A.R).....	112
Tableau N°44 : Points de mesure dans l'oued Medjerda.....	114
Tableau N°45 : principaux paramètres d'altération des eaux superficielles.....	115
Tableau N°46 : Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de l'oued Medjerda.....	117
Tableau N°47 : Grille de qualité des eaux superficielles selon les paramètres d'altération...	119
Tableau N°48 : Interprétation des résultats des analyses physico-chimiques.....	121
Tableau N°49 : Variation de la concentration des $\text{NO}_3^-$ mg/l.....	125
Tableau N°50 : Variation de la concentration des $\text{NO}_2^-$ mg/l.....	125
Tableau N°51 : Variation de la concentration des $\text{NH}_4^+$ mg/l.....	125

# SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
----------------------------	---

## PREMIERE PARTIE

Analyse du bassin (Portrait du bassin et diagnostic des ressources)

### CHAPITRE I : Situation géographique et caractéristiques générales du bassin

I. Situation géographique.....	6
II. Caractéristiques morphométriques du bassin versant.....	8
II.1 Introduction.....	8
II.2 Caractéristiques géométriques.....	8
II.2.1 forme du bassin.....	8
II.2.1.1 Indice de compacité de Gravelus (C).....	8
II.2.1.2 Rapport de circularité de Miller (1953) (RC).....	9
II.2.1.3 facteur de forme (FF).....	9
II.2.2 Périmètre du bassin ( $P_s$ ).....	9
II.2.3 Superficie.....	9
II.2.4 Longueur moyenne du bassin.....	10
II.2.5 Largeur moyenne du bassin.....	10
II.3 Relief.....	10
II.3.1 Caractéristiques du relief.....	10
II.3.1.1 Altitudes caractéristiques du bassin.....	11
II.3.1.2 Indices de Pentes.....	11
II.4 Le réseau hydrographique.....	12
II.4.1 Les principaux oueds.....	13
II.4.2 La Densité de drainage( $D_d$ ).....	14
II.4.3 Le Temps de concentration.....	14
II.4.2 Profil en long.....	15
III. Couvert végétal et occupation du Sol.....	16
III. 1 Forêt.....	17
III.2 Agriculture.....	20
IV. Conclusion.....	22

### CHAPITRE II : Cadre Géologique

I. Introduction.....	24
II. Aperçu structural et tectonique.....	24
II.1 La première période (Pré-orogénique).....	25
II.2 La deuxième période (Orogénique).....	25
II.2.1 La phase préliminaire.....	25
II.2.2 La première phase majeure.....	25
II.2.3 La deuxième phase majeure.....	26
II.2.4 La dernière phase.....	26
III La Lithostratigraphie de la région.....	26
III.1 Secondaire.....	27
III.1.1 Le Trias.....	27

III.1.2 Le Crétacé inférieur et moyen.....	27
III.1.3 Le Crétacé supérieur.....	28
III.2 Tertiaire.....	28
III.2.1 L'Eocène.....	27
III.2.2 L'Oligocène.....	27
III.2.3 Miocène inférieur.....	27
III.2.4 Miocène supérieur.....	29
III.2.5 Le Miopliocène continental.....	29
III.3 Quaternaire.....	29
III.3.1 Les formations anciennes.....	29
III.3.2 Les formations récentes.....	30
III.3.3 Les formations actuelles.....	30
III.3.4 Les Terrasses.....	30
III.3.4.1 Terrasse de la Medjerda.....	30
III.4.2 Terrasse de l'Oued Renem.....	31
IV. Paléogéographie de la région.....	36
V. Conclusion.....	36

### CHAPITRE III : Hydroclimatologie

I. Introduction.....	38
II. Equipment du bassin.....	38
II.1 Station pluviométriques.....	38
II.2 Station hydrométriques.....	39
III. Analyse des facteurs climatiques.....	40
III.1 Les précipitations.....	40
III.1.1 Variation interannuelle des précipitations.....	40
III.1.2 Répartition saisonnière des précipitations.....	41
III.1.3 Coefficient pluviométrique.....	42
III.2 Les Températures.....	44
III.3 Relation Température – Précipitation (courbe Ombrothermique).....	45
III.4 Détermination des indices climatiques.....	46
III.4.1 Climagramme d'Emberger.....	46
III.4.2 Indice d'aridité de Martonne.....	46
III.4.3 Indice d'aridité mensuelle.....	48
IV Le Bilan hydrique.....	49
IV.1 Etude de l'évapotranspiration.....	49
IV.1.1 Estimation de l'évapotranspiration potentielle : (ETP).....	49
IV.1.2 Estimation de l'évapotranspiration réelle: (ETR).....	49
IV.1.2.1 Formule de Turc.....	50
IV.1.2.2 Evapotranspiration réelle par la formule de Thornthwaite.....	50
IV.2 Estimation des réserves facilement utilisables (RFU).....	50
IV.3 Indice thermique mensuel.....	51
IV.4 Indice thermique annuel.....	51
IV.5 Répartition des précipitations.....	51
IV.5.1 Calcul du ruissellement.....	51
IV.5.2 Calcul de l'infiltration :.....	51
IV.6 Commentaire sur le bilan hydrique (Bilan hydrique global).....	53
VI. Conclusion.....	55

## CHAPITRE IV : Hydrogéologie

I. Introduction.....	57
II. Aperçu sur les aquifères.....	57
II.1 Les principaux aquifères.....	57
II.1.1 Horizons aquifères dans les massifs de diapirs.....	57
II.1.2 Horizons aquifères dans le calcaire des étages campanien et Maastrichtien.....	57
II.1.3 Horizons aquifères dans les sédiments du miocène et du pliocène.....	58
II.1.4 Les sources thermales.....	58
II.2 Interprétation de la carte Hydrogéologique.....	59
II.2.1 Zone A.....	59
II.2.2 Zone B.....	59
II.2.3 Zone C.....	60
II.2.4 Zone D.....	60
II.2.5 Zone des affleurements Triasiques.....	60
III. Estimation des réserves des nappes.....	61
III.1 Le synclinal de Taoura.....	61
III.1.1 Localisation.....	61
III.1.2 Description de l'aquifère.....	61
III.1.3 Les ressources potentielles.....	61
III.1.4 Exploitation de la nappe.....	61
IV. Conclusion.....	63

## DEUXIEME PARTIE

### Etude quantitative et qualitative des ressources en eau

#### CHAPITRE V : Gestion des ressources en eau

I. Introduction.....	66
II. Mobilisation des ressources en eau.....	66
II.1 Les eaux superficielles.....	66
II.1.1 Les barrages.....	67
II.1.1.1 barrages en exploitation.....	67
II.1.1.2 barrages en projets.....	67
II.1.2 Les retenues collinaires (RC).....	68
II.1.3 Les seuils déversoirs (SD): <i>fin du projet</i> .....	68
II.1.4 L'importance de l'oued Medjerda dans la zone d'étude.....	70
II.2 Les eaux souterraines.....	71
II.2.1 Les forages.....	71
II.2.2 Les sources.....	74
II.2.3 Les puits.....	75
II.3 Quantification des eaux superficielles et souterraines mobilisées.....	76
II.4 Affectation des ressources mobilisées par secteur.....	76
III. Estimation des besoins en eau.....	78
III.1 Besoins en eau domestique.....	78
III.1.1 Accroissement et densité de la population en 2008.....	80
III.1.2 Répartition de la population dans la région d'étude (2008).....	81

III.1.3 Evolution de la population dans la région d'étude.....	82
III.1.4 Estimations des besoins actuels en eau des agglomérations.....	83
III.1.5 Évaluation des besoins futurs en eau potable.....	85
III.1.6 Station de traitement de Ain Dalia.....	86
III.2 Besoins en eau pour l'industrie.....	88
III.2.1 Besoins actuels en eau industrielle.....	88
III.2.2 Besoins en eau futur pour l'industrie.....	89
III.3 Besoins en eau pour l'irrigation.....	90
III.3.1 Introduction.....	90
III.3.2 Répartition des superficies irriguées.....	90
III.3.3 Besoins en eau de la surface irriguée.....	91
III.3.4 Estimation des besoins futurs en eau d'irrigation.....	92
III.3.4.1 Estimation des besoins futurs des surfaces irriguées pour la PMH.....	92
III.3.4.2 Estimation des besoins futurs pour les GPI.....	93
III.3.5 Réutilisation des eaux usées (REU).....	95
III.3.5.1 Les rejets domestiques.....	95
III.3.5.2 Les rejets industriels.....	96
III.3.5.3 Eaux de ruissellement.....	97
III.3.5.4 Station d'épuration de la ville de Souk Ahras (STEP).....	97
III.3.6 Périmètre de Sidi Bader.....	98
III.3.7 Périmètre de Derdoura.....	99
III.3.8 Les différentes cultures dans les deux périmètres.....	99
IV. Conclusion.....	100

## CHAPITRE VI : Qualité des eaux

I. Introduction.....	102
II. Qualité des eaux souterraines.....	102
II.1 Classification des eaux.....	101
II.1.1 Classification de Stabler.....	102
II.1.1.1 Le faciès Sulfaté-calcique.....	103
II.1.2 Classification de Piper.....	103
II.1.3 Origine des éléments chimiques.....	105
II.1.3.1 Les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^{-2}$ ).....	105
II.1.3.2 Les sulfates ( $\text{SO}_4^{-2}$ ).....	105
II.1.3.3 Les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ).....	105
II.1.3.4 Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).....	105
II.1.3.5 Le calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ).....	105
II.1.3.6 Le magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ).....	105
II.2 Potabilité des eaux.....	106
II.2.1 Caractéristiques physico-chimique des eaux.....	106
II.2.1.1 Conductivité électrique (CE).....	106
II.2.1.2 Matières en suspension (MS) et Turbidité.....	107
II.2.1.3 Les phosphates $\text{PO}_4^-$ .....	107
II.2.1.4 L'ammoniaque $\text{NH}_4^+$ : ( <i>nécessite quelques traitements</i> ).....	107
II.2.1.5 Les nitrites $\text{NO}_2^-$ .....	108
II.3 Aptitude des eaux à l'Irrigation.....	111
II.3.1 Sodium Absorptions Ration (SAR).....	111
II.4 Conclusion.....	113

III. Qualité des eaux de superficielles.....	114
III.1 Introduction.....	114
III.2 Evaluation de la qualité des eaux superficielles.....	114
III.2.1 Caractéristiques physico-chimique des eaux.....	115
III.2.1.1 Les Matières organiques et oxydables.....	115
III.2.1.2 Les Matières azotées.....	116
III.2.1.3 Les Nitrates.....	116
III.2.1.4 Les Matières Phosphorées.....	117
III.2.2 Résultats des analyses physico-chimiques.....	117
III.2.3 Interprétation des résultats.....	119
III.2.4 Evolution des éléments nutritifs dans la Medjerda ( <i>Dép.S.Univ.Souk-Ahras</i> ).....	123
III.2.4.1 Matière et méthode.....	123
III.4.3 Conclusion.....	129
IV. Conclusion.....	129
CONCLUSION GENERALE.....	132
BIBLIOGRAPHIE.....	134
ANNEXES.....	137

## SIGLES ET ACRONYMES

<b>ABH</b>	Agence de Bassin Hydrographique
<b>ADE</b>	Algérienne des Eaux
<b>AEA</b>	Alimentation en Eau Agricole
<b>AEI</b>	Alimentation en Eau industrielle
<b>AEP</b>	Alimentation en Eau Potable
<b>AEPI</b>	Alimentation en Eau Potable et Industrielle
<b>ANB</b>	Agence Nationale des Barrages
<b>ANRH</b>	Agence Nationale des Ressources Hydriques
<b>CSM</b>	Constantinois - Seybouse - Mellegue
<b>DSA</b>	Direction des Services Agricoles
<b>DHW</b>	Direction de l'Hydraulique de la Wilaya
<b>DPAT</b>	Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire
<b>EU</b>	Eau Usée
<b>EUT</b>	Eau Usée Traitée
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization (Organisation des nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation)
<b>GPI</b>	Grands Périmètres Irrigués
<b>ONS</b>	Office Nationale des Statistiques
<b>PMH</b>	Petite et Moyenne Hydraulique
<b>PNE</b>	Plan National de l'Eau
<b>RC</b>	Retenue Collinaire
<b>REU</b>	Réutilisation des eaux usées
<b>REUE</b>	Réutilisation des eaux usées épurées
<b>SAU</b>	Superficie Agricole Utile
<b>SAUT</b>	Superficie Agricole Utile Totale
<b>SAT</b>	Superficie Agricole Totale
<b>SD</b>	Seuil Déversoir
<b>STEP</b>	Station d'Épuration

# **INTRODUCTION**

## **GENERALE**

## **INTRODUCTION GENERALE**

« L'eau, ressource naturelle essentielle à la vie, doit être utilisée avec le plus grand respect »

« La gestion des ressources en eau, se veut intégrée, rationnelle, optimale, participative et durable »

La pénurie de l'eau dans le monde, et la gestion des ressources en eau constituent l'un des problèmes les plus cruciaux du 21<sup>ème</sup> siècle.

Les changements climatiques et la sécheresse qui sévissent depuis plusieurs décennies dans différentes régions du monde, ont touché particulièrement les pays d'Afrique du Nord, d'Afrique Subsaharienne, et ont eu un impact négatif sur les ressources en eau de ces pays. Cette sécheresse, qui risque de s'accroître durant le siècle à venir, pourrait entraîner dans ces pays une véritable crise de l'eau.

La situation actuelle en Algérie, se caractérise par un déséquilibre entre les besoins et les ressources disponibles. La croissance démographique et le développement économique et social du pays ont induit durant les deux dernières décennies écoulées, un accroissement considérable des besoins en eau potable, industrielle et agricole.

Plus de trois décennies de développement intense en matière d'infrastructure hydraulique ont permis de comprendre que le développement durable du pays devait passer incontestablement par une prise en charge de la question de l'eau sous ses multiples facettes.

L'importance de l'eau en tant que support de vie et de facteur régulateur du développement d'un pays est universellement reconnue. Aussi est-il nécessaire de la quantifier et de la gérer aussi rigoureusement que possible. Pour cela une nouvelle politique de l'eau a été mise en place, basée sur une nouvelle conception de gestion intégrée des ressources en eau (GIRE), dont l'unité principale de cette gestion est le découpage géographique appelé bassin versant, et cela pour une meilleure mobilisation et bonne gestion des ressources de chaque bassin.

La gestion de l'eau par bassin versant a pour objectif d'améliorer la gestion actuelle de l'eau en favorisant une meilleure harmonisation entre les divers besoins et intérêts des communautés humaines et ceux des écosystèmes aquatiques. Elle intègre la protection de la santé publique, la sécurité des populations et de leurs biens (inondations), la protection de la faune et la restauration des habitats. De plus, elle vise un partage équitable des ressources aquatiques entre les différents usagers, dans une perspective de développement durable.

# Première partie

## Annalyse du bassin

( Portrait et diagnostique des ressources )

# *Chapitre I*

## *Situation géographique et caractéristiques générales du bassin*

## I. Situation géographique

Le sous bassin versant de Medjerda c'est l'un parmi les cinq sous bassin qui constituent le grand bassin de Medjerda-Mellegue, ce dernier situe au Sud-est du Nord Algérie d'une superficie de 7870 Km<sup>2</sup> (partie Algérienne); le sous bassin d'intérêt prend le code 12 01 d'après l'ABH; (voir Fig.01).

La région d'étude est située dans le territoire de la wilaya de Souk-Ahras entre les méridiens de 7°37'E et 8°25' et les parallèles 36°05' et 36°27 'Nord. Elle est bordée au Nord par le bassin des côtiers constantinois Est, à l'Est par la Tunisie, à l'Ouest par le bassin de Seybouse et au Sud par les sous bassins de Mellegue amont (12 04) et Mellegue aval (12 05).

Le bassin de Medjerda est drainée par l'oued Medjerda et ses affluents, alimentant le barrage de Ain Dalia dont l'eau est destinée à l'alimentation en eau potable de la ville de Souk-Ahras et d'autre villes limitrophes tel que: Taoura, Drea, Ouled-Driss, Zaarrouria, Hennancha, Kheddara (à Bordj M'Raou) et Ouillen (à Boukebch). (Guesmi, 2004)

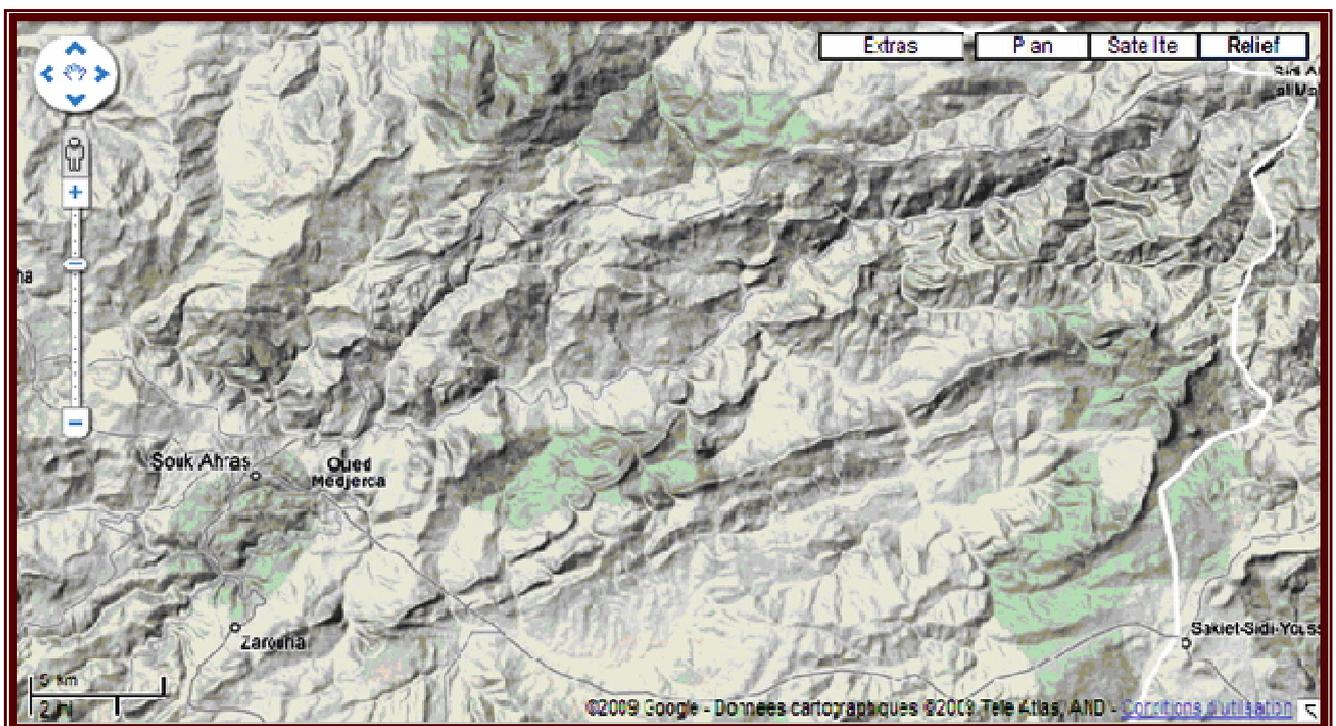


Photo N° 01 : Vue satellitaire du BV de l'oued de Medjerda (Google Earth 2009)

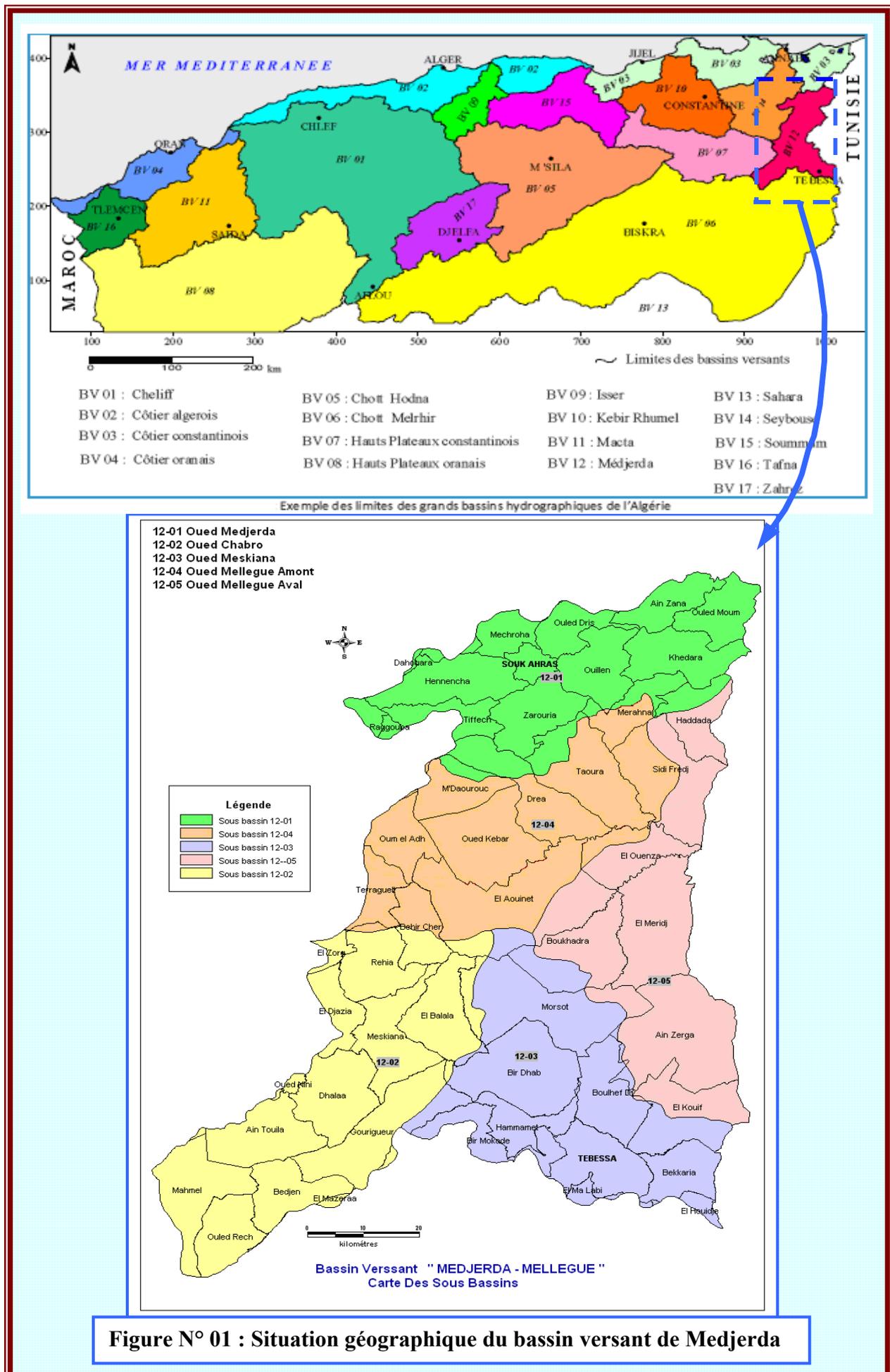


Figure N° 01 : Situation géographique du bassin versant de Medjerda

## II. Caractéristiques morphométriques du bassin versant

### II.1 Introduction

L'étude des caractéristiques morphométriques, en plus de l'analyse hydrologique, géologique et pédologique d'un bassin versant constitue une plate-forme essentielle pour l'explication et la compréhension de son comportement hydrologique (surface, forme, relief, réseau hydrographique et couvert végétal) qu'il convient de préciser dès le début de toute étude.

Ce milieu naturel complexe exige une étude morphométrique permettant la mesure des facteurs caractéristiques du bassin et la quantification des paramètres physiques qui interviennent d'une façon continue dans l'écoulement

Le bassin versant en un point ou plus précisément dans une section droite d'un cours d'eau est défini comme la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents à l'amont de la dite section; tous les écoulements prenant naissance à l'intérieur de cette surface doivent traverser la section droite considérée pour suivre leur trajet vers l'aval.

### II.2 Caractéristiques géométriques

#### II.2.1 forme du bassin

La forme du bassin affecte l'hydrogramme afférent à une averse donnée et en particulier le débit de pointe à l'exutoire dudit bassin. Plusieurs efforts ont été déployés afin de développer un facteur permettant de décrire la forme d'un bassin versant. Les bassins tendent en général vers la forme d'une " poire plus ou moins ovale". Cependant des contraintes géologiques peuvent modifier cette forme. Plusieurs indices sont utilisés pour décrire la forme d'un bassin, tel que les suivants.

##### II.2.1.1 Indice de compacité de Gravelus (C)

Cet indice, comme son nom l'indique, est sensé représenter la plus ou moins grande compacité du bassin. Autrement dit, ce paramètre doit rendre compte de la plus ou moins grande vitesse de concentration, à l'exutoire, des eaux de ruissellement en provenance des diverses parties dudit bassin. L'indice de compacité est donné par:  $C = 0.28P\sqrt{A}$   
Où A et P sont respectivement, la superficie (Km<sup>2</sup>) et le périmètre stylisé (Km) du bassin.

A titre indicatif, cet indice est égal à 1 pour un cercle et 1.128 pour un carré, et plus indique un rectangle. Dans notre bassin on a  $C = 0.28 \times 231 / 37.56 \rightarrow C = 1.74$  donc le bassin est d'une forme de rectangle, où le temps de concentration des crues sera long.

### II.2.1.2 Rapport de circularité de Miller (1953) (RC)

Cet indice définit par le rapport de la superficie (A) du bassin versant (A) à la superficie du cercle ( $A_c$ ) ayant le même périmètre (P) que le bassin versant est donné par :

$$RC = 4\pi A/P^2 \quad \text{D'où on obtient } RC = 0.33$$

Le rapport de circularité de Miller est égal 1 pour un cercle et décroît au fur et à mesure que l'élongation du bassin est importante. Donc le bassin versant est rectiligne.

### II.2.1.3 facteur de forme (FF)

Ce facteur de forme est obtenu par la formule de Zavoianu (1978) suivante :

$$FF = 16A/P^2 \quad \text{donc } FF = 0.42$$

On a:

- $FF = 1 \rightarrow$  forme de carré,
- $FF = 1.277 \rightarrow$  forme de cercle ;
- $FF < 1 \rightarrow$  forme de rectangle.

## II.2.2 périmètre du bassin ( $P_s$ )

Ce paramètre est mesuré directement à partir de la carte topographique à l'aide d'un curvimètre. L'exactitude des limites du périmètre du bassin porte toujours des erreurs à cause de la grande sinuosité de la ligne de partage des eaux. Pour cette raison on doit d'abord schématiser les limites du bassin considéré par un tracé géométrique permettant d'évaluer non pas le périmètre réel mais le périmètre stylisé, est qui est de l'ordre de  $P_s = 231 \text{ Km}$ .

## II.2.3 Superficie

La superficie du bassin; facteur essentiel; est obtenu par planimétrie sur les cartes topographiques. Ce planimétrie peut être réalisé à l'aide, parmi d'autres, d'un planimètre ou d'un papier quadrillé tel que le papier millimétré. Le bassin d'intérêt est d'une superficie  $A = 1411 \text{ Km}^2$  (selon le PNE).

### II.2.4 Longueur du rectangle équivalent

Pour apprécier la forme, et par la suite les dimensions, du bassin versant, on assimile ce dernier à un rectangle ayant la même superficie, le même périmètre et la compacité. Ce rectangle, appelé rectangle équivalent, est caractérisé par sa longueur ( $L_e$  en Km) qu'on peut calculer à l'aide de la formule ci-dessous :

$$L_e = C\sqrt{A/1,128 [1+\sqrt{1-(1.128/C)^2}]} \rightarrow L_e = 100.52 \text{ Km}$$

### II.2.5 Largeur du rectangle équivalent

Outre le périmètre et la superficie, la largeur moyenne  $B$  (Km) du bassin versant constitue un autre paramètre géométrique. Elle est obtenue par la relation suivante :

$$B = C\sqrt{A/1,128 [1-\sqrt{1-(1.128/C)^2}]} \rightarrow B = 14.04 \text{ Km}$$

( $C$  : Indice de compacité)

Elle peut être aussi approximée la largeur moyenne du bassin ( $B$ ) par le rapport de la superficie ( $A$  en  $\text{km}^2$ ) à la longueur du thalweg principal ( $L_p$  en Km) ou celle du rectangle équivalent ( $L_e$  en Km). Soit :

$$B = A / L_p = A / L_e$$

## II.3 Relief

Le relief de la région d'étude est assez accidenté, situé au Nord et au Sud. On distingue deux types de zones dans ce relief :

- zones de montagne (massifs de Ras el Alia, Tiffech)
- zones de plaine (plaine de Tiffech, M'Daourouch)

### II.3.1 Caractéristiques du relief

De par son influence sur les facteurs météorologiques (précipitations, températures, vents etc..), le relief ou la topographie est un élément essentiel qu'il importe d'étudier. Plus que la forme, il peut avoir un rôle déterminant dans le conditionnement du comportement hydrologique du bassin.

### II.3.1.1 Altitudes caractéristiques du bassin

Les courbes hypsométriques et les histogrammes des fréquences altimétriques permettent de déterminer les altitudes caractéristiques du bassin versant, à savoir:

#### a) Altitude moyenne ( $H_{moy}$ )

Elle s'obtient en divisant le volume montagneux ( $V$ ) par la superficie du bassin ( $A$ ). Ce volume est la somme des volumes partiels ( $V_i$ ) de chaque tranche de surface comprise entre les isohypses choisies pour le planinétrage. Ces volumes s'obtiennent en multipliant les surfaces partielles ( $A_i$ ) par la moyenne arithmétique des altitudes  $H_i$  et  $H_{i+1}$  des courbes qui les limitent. Dans notre cas  $H_{moy} = 650$  m

$$H_{moy} = \frac{\sum_1^k (H_i + H_{i+1}) A_i}{\sum_1^k A_i} = \frac{V}{A}$$

#### b) Altitude la plus fréquente $H_{max}$

Elle correspond au maximum de l'histogramme des fréquences altimétriques. On parlera alors de classe modale ou classe d'altitude la plus répandue sur le bassin.

Dans notre bassin  $H_{max} = 1125$  m.

### II.3.1.2 Indices de Pentas

Ces indices permettent de caractériser les pentes d'un bassin versant et d'établir une classification des différents reliefs pour faire ensuite des comparaisons entre les différents bassins. L'appréhension du relief peut être faite à l'aide d'au moins deux indices

#### a) Indice de pente global ( $I_g$ )

Cet indice présente l'avantage d'être très simple et facile à calculer. L'indice de pente global ( $I_g$ ), exprimé en m/km, est donné par le rapport de la dénivelée utile ( $D$ , en m); estimée à partir de la courbe hypsométrique; à la longueur du rectangle équivalent en km ( $L_e$ ), d'où:

$$I_g = D/L_e \quad \text{d'où} \quad I_g = 8.69 \text{ m/km}$$

$$D = H_{5\%} - H_{95\%} \rightarrow D = 874 \text{ m}$$

La dénivelée utile ( $D$ ) est estimée, à partir de la courbe hypsométrique, par la différence des altitudes correspondant à 5 et 95% de la superficie totale du bassin; altitudes dénotées, respectivement, par  $H_{5\%}$  et  $H_{95\%}$ . Ceci dit que 90% de la superficie s'étend entre ces altitudes.

Selon la classification adoptée par l'ORSTOM (France), le relief est dit assez faible si l'indice de pente global est compris entre 5 et 10 m/Km (*Annexes*).

Malgré sa simplicité, l'indice de pente global présente l'inconvénient de décroître pour un même bassin lorsque la superficie croît. Il permet la classification mais on ne peut pas s'en servir pour comparer des indices de pente des bassins versants de superficies différentes. Pour palier à cette lacune, il serait préférable d'utiliser la dénivelée spécifique.

### b) Dénivelée spécifique ( $D_s$ )

La dénivelée spécifique exprimée en mètre, donne la possibilité de comparer entre les valeurs des différents bassins. Elle s'obtient à partir de pente global et la superficie par la relation suivante :

$$D_s = I_g \sqrt{A} \rightarrow D_s = 8.67 \times 37.56 \rightarrow D_s = 326.60 \text{ m}$$

On a  $250 < D_s < 500$  m, le relief est de catégorie R6 (Classification d'Orstom). C'est-à-dire Fort. (*Voir annexes*)

### c) La pente moyenne du bassin

Certains hydrologues de l'état définissent des pays de l'Est définissent la pente moyenne de bassin versant par la formule suivante :

$$I_{\text{moy}} = \frac{H_{\text{max}} - H_{\text{min}}}{\sqrt{A}} \text{ en (m/km)}$$

On a  $H_{\text{min}} = 257$  m donc  $I_{\text{moy}} = \frac{1125 - 257}{37.56} \rightarrow I_{\text{moy}} = 23.11$  m/km cette valeur obtenue, indique une pente légèrement inclinée selon la classification de l'C.U.I.G (*voire annexes*).

## II.4 Le réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est l'ensemble des chenaux qui drainent les eaux de surface vers l'exutoire du bassin versant. Il peut se caractériser par trois éléments : sa hiérarchisation, son développement (nombre et longueur des cours d'eau) et son profil en long.

Le bassin de Oued Medjerda draine un ensemble de région hétérogène des hautes altitudes au Nord à sa tête par un relief accidenté où les écoulements ont un régime torrentiel.

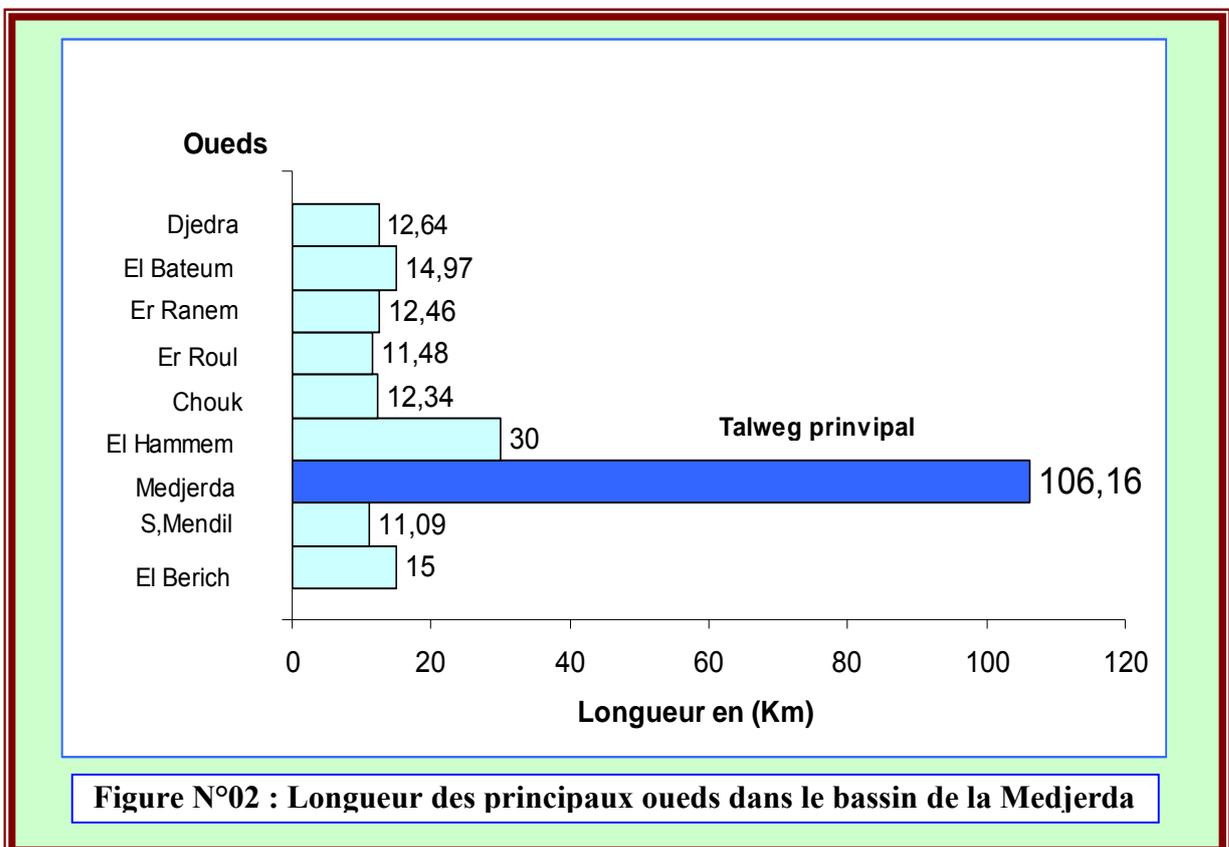
Le profil en long irrégulier du talweg principal (Oued Medjerda) et ses principaux affluents tels que: Oued Djedra, Oued Chouk, Oued Hammam et Oued Er Rnem.

**II.4.1 Les principaux oueds**

L'oued Medjerda se range parmi les oueds de porte internationale, il traverse le territoire de deux états: L'Algérie dans la partie haute du courant et la Tunisie dans ses parties moyennes et basses, qui prend naissance du cote de Khemissa " Ruine Romaine " puis s'écoule vers l'Est avant de se jeter dans la Méditerranée " golf de Tunis". Ces principaux affluents sont au tableau ci-dessous:

**Tableau N° 01 : Longueurs des principaux oueds du bassin versant de Medjerda**

Nbr	Nom de l'oOued	Longueur (Km)	Sens d'écoulement
01	Medjerda	106.16	Sud-ouest vers le Nord-est
02	El Hammam	30.00	Sud vers le Nord
03	El Berrich	15.00	Sud vers le Nord
04	El Bateun	14.97	Sud vers le Nord
05	Djedra	12.64	Nord vers le Sud
06	Er Ranem	12.46	Sud vers le Nord
07	Chouk	12.34	Ouest vers l'Est
08	Er Roul	11.48	Sud vers l'Est
09	S.Menndil	11.09	Sud-est vers le Nord



Le bassin de la Medjerda étant de l'ordre de 5 (Voir figure N° 04), son talweg principal présente une longueur de 106,16 Km. (Fig 02), se caractérisé par :

#### II.4.2 La densité de drainage (Dd) :

Exprimé en  $\text{Km}/\text{Km}^2$  ; se définit étant le rapport de la longueur total ( $L_x$ ), en Km à la superficie totale du bassin (A) en  $\text{Km}^2$  soit :

$$D_d = L_x/A \rightarrow D_d = 3.23 \text{ Km}/\text{Km}^2$$

#### II.4.3 Le Temps de concentration ( $T_c$ ) :

C'est le temps mis par la première goutte de pluie tombée sur le point le plus éloigné du bassin pour atteindre l'exutoire. Ce paramètre; exprimé dans ce cas en heures; peut être estimé par la formule de Giandotti :

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 L_p}{0.8 \sqrt{H_{\text{moy}} - H_{\text{min}}}}$$

D'où  $T_c = 19.51$  soit 19 heures et 30 minutes

Dans laquelle  $L_p$  est la longueur (en km) du thalweg principal et  $H_{\text{moy}}$  et  $H_{\text{min}}$  Sont respectivement, les altitudes moyennes et minimales du bassin (en m).

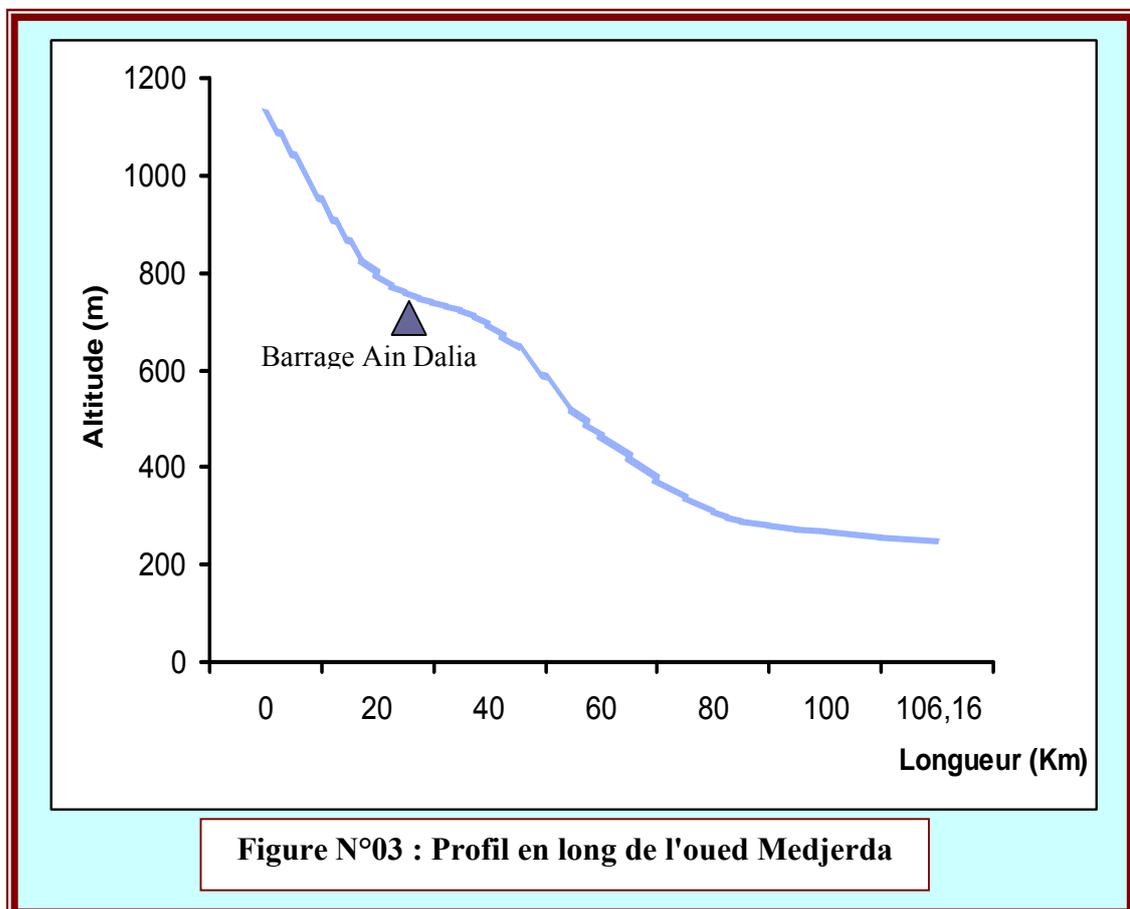
On remarque que le temps de concentration est d'autant plus élevé que l'allongement du bassin est marqué. La lithologie et le couvert végétal influe également sur le temps de concentration en jouant le rôle d'entrave empêchant l'eau de s'écouler.

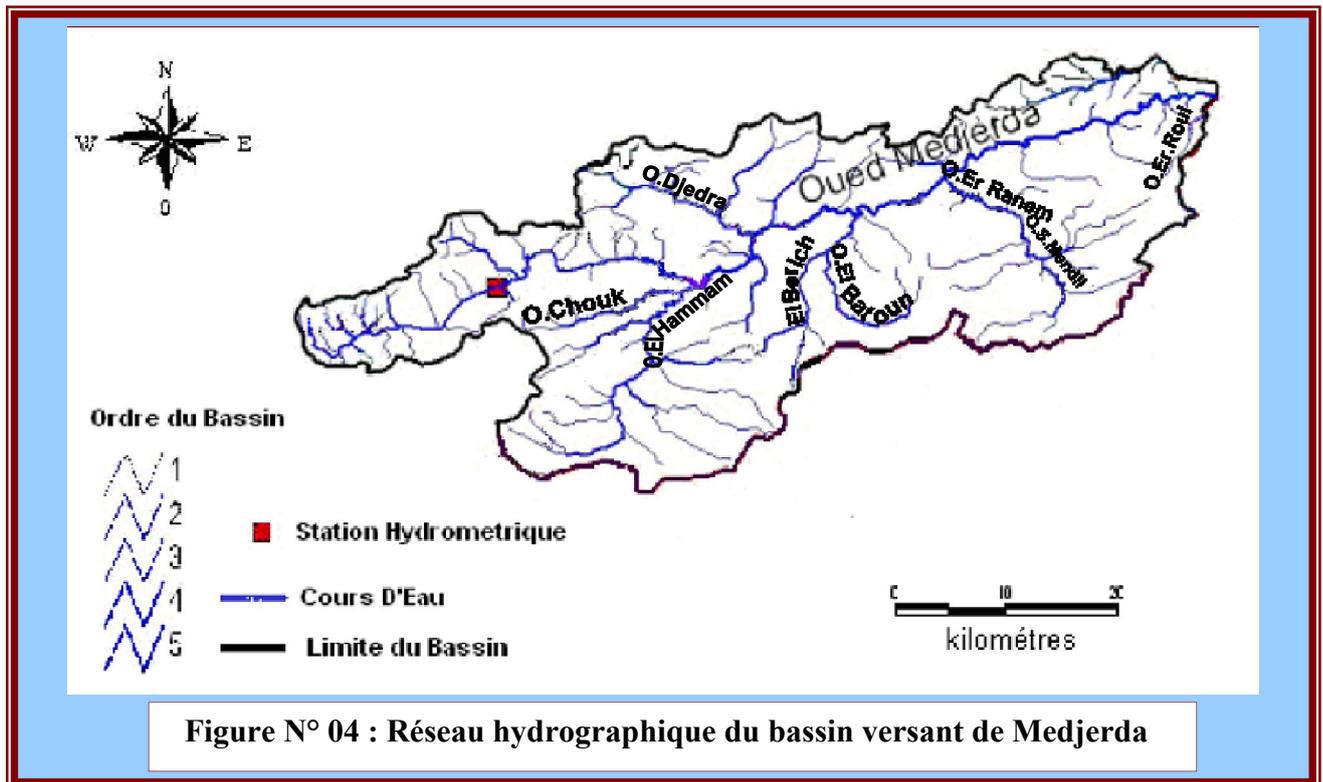
#### II.4.4 Profil en long

Le profil longitudinal d'un cours d'eau traduit la variation de la cote du lit de l'oued; entre la source et l'exutoire; en fonction (de la distance. Il rend compte de la variation de la pente du lit de l'oued en question.

L'étude du profil en long de notre bassin (Fig.03) montre des ruptures de pente que l'on ne peut expliquer que par des seuils rocheux particulièrement résistants à l'érosion hydrique.

- La première rupture importante est observée à l'altitude de 800m.
- La deuxième rupture est observée à l'altitude de 700m, où la pente est plus accentuée faisant accélérer l'écoulement et donnant naissance à un régime défavorisant l'infiltration.
- La troisième à l'altitude de 500m, qui se stabilise et donne l'occasion à l'eau de s'infiltrer.
- La quatrième à l'altitude de 300m, qui est plus importante car elle s'étend à une distance plus importante.





### III. Couvert végétal et occupation du Sol

La végétation joue le rôle d'écran qui conditionne la rapidité du ruissellement superficiel et amortit son agressivité. Ainsi, les formes et l'importance de l'érosion hydrique sont directement liées, en plus d'autres facteurs, à la répartition de la couverture végétale dans le bassin.

La configuration géographique de la zone d'étude laisse apparaître 3 grands ensembles nettement distincts :

- ✚ Nord-est : Zone montagneuse faisant partie de la chaîne Tellienne et qui constitue le patrimoine forestier de la région ;
- ✚ Sud-est : Zone constituée de plaines agricoles et de pâturages ;
- ✚ Sud : Zone des hauts plateaux.

## III. 1 Forêt

La superficie forestière de la zone d'intérêt est estimée à 114341,03 Hectares soit 44.41 % de la superficie totale des communes et elle est concentrée essentiellement au niveau des communes de Mechroha (75,48 %), Ouled-Moumen (50,01 %), Ain-Zana (52,98 %) et Zaarouria (49,53 %).

**NB :** Vu l'importance de ce potentiel, il reste non exploité d'une manière objective et rationnelle

**Tableau N°02 : Répartition de la superficie forestière selon les communes et la nature des propriétés en (Ha)**

Nbr	Commune	Domaine	Secteur	Nationale	Communale	Terre à vocation forestier	Taux
01	SOUK-AHRAS	470 ,13	410	0	220	0	19,53
02	KHEMISSA	715,94	800	0	800	0	25,31
03	MDAOUROUCH	909,9	0	0	0	597,25	15,36
04	TIFFECH	104,97	2417,5	0	2417,50	0	19,94
05	RAGOUBA	0	900	0	900	0	9,29
06	TAOURA	5555,85	1108	0	1038,00	0	25,79
07	ZAAROURIA	3 779,28	4200	0	4201,96	0	55.63
08	DREA	5 847,00	801	0	801	0	27,59
09	MERAHNA	0	0	0	0	0	2,95
10	OUILLEN	9 613,94	1615.20	0	899,2	0	15,82
11	HEDDADA	1 347,84	0	0	1447,20	0	22,29
12	KHEDARA	677,00	0	0	4000,00	0	27,2
13	O.MOUMEN	7 705,00	0	0	5800,00	0	50,01
14	MECHROHA	7 704,00	920	7824,67	820	0	75,48
15	HENNENCHA	922,21	8490	0	1.065,00	0	13,99
16	OULED-DRISS	2974,65	1480	0	1.570,00	0	36,86
17	AIN-ZANA	7462,97	777	0	700	0	52,98
<b>Totale</b>		<b>55320,55</b>	<b>23918,7</b>	<b>7824,67</b>	<b>26679,86</b>	<b>597,25</b>	<b>44.41</b>

Tableau N° 03 : Répartition des superficies forestières par commune et par type en (Ha)

<b>Nbr</b>	<b>Commune</b>	<b>Foret</b>	<b>Maquis</b>	<b>Broussailles</b>	<b>Total</b>
01	SOUK-AHRAS	490.1343	270	120	880.13
02	KHEMISSA	550	165.94	0	715
03	MDAOUROUCH	909	0	0	909
04	TIFFECH	341.46	2 417.7	0	2 758
05	RAGOUBA	0	900	0	900
06	TAOURA	4 100	2558.0085	0	6658
07	ZAAROURIA	3200	4902.20	0	81.02
08	DREA	2 790	2868	0	5658
09	MERAHNA	0	0	0	0
10	OUILLEN	1 694.51	490	392	2576.61
11	HEDDADA	3858.6084	450	117	4485.60
12	KHEDARA	2 549.1	750	1987	5286.10
13	O.MOUMEN	4 900	380	597.05	5 877.05
14	MECHROHA	15 524.17	525	417	16566.17
15	HENNENCHA	4 007	8 890	1347.9875	14304.98
16	OULED-DRISS	2 955	1099.36	400.0055	4445.36
17	AIN ZANA	8 239.97	276	500.97	7 463
<b>TOTAL BASSIN</b>		<b>31854,68</b>	<b>24524,51</b>	<b>5879,01</b>	<b>73686,97</b>

Tableau N° 04 : Répartition de la production forestière dans la région d'étude

Commune	Type de production		
	Bois		Liège
	Bois domestique	Bois industriel	
MECHROUHA	672 Stères	00	4 580 Qx
AIN ZANA	1 085 Stères	00	0
OULED DRISS	1 872 Stères	00	0
HENANCHA	58 Stères	00	0
KHEMISSA	355 Stères	00	/
OULED MOUMEN	505 Stères	00	6 265 Qx
ZAAROURIA TAOURA HEDADA	26 Stères	00	/

## Superficie forestière par essence

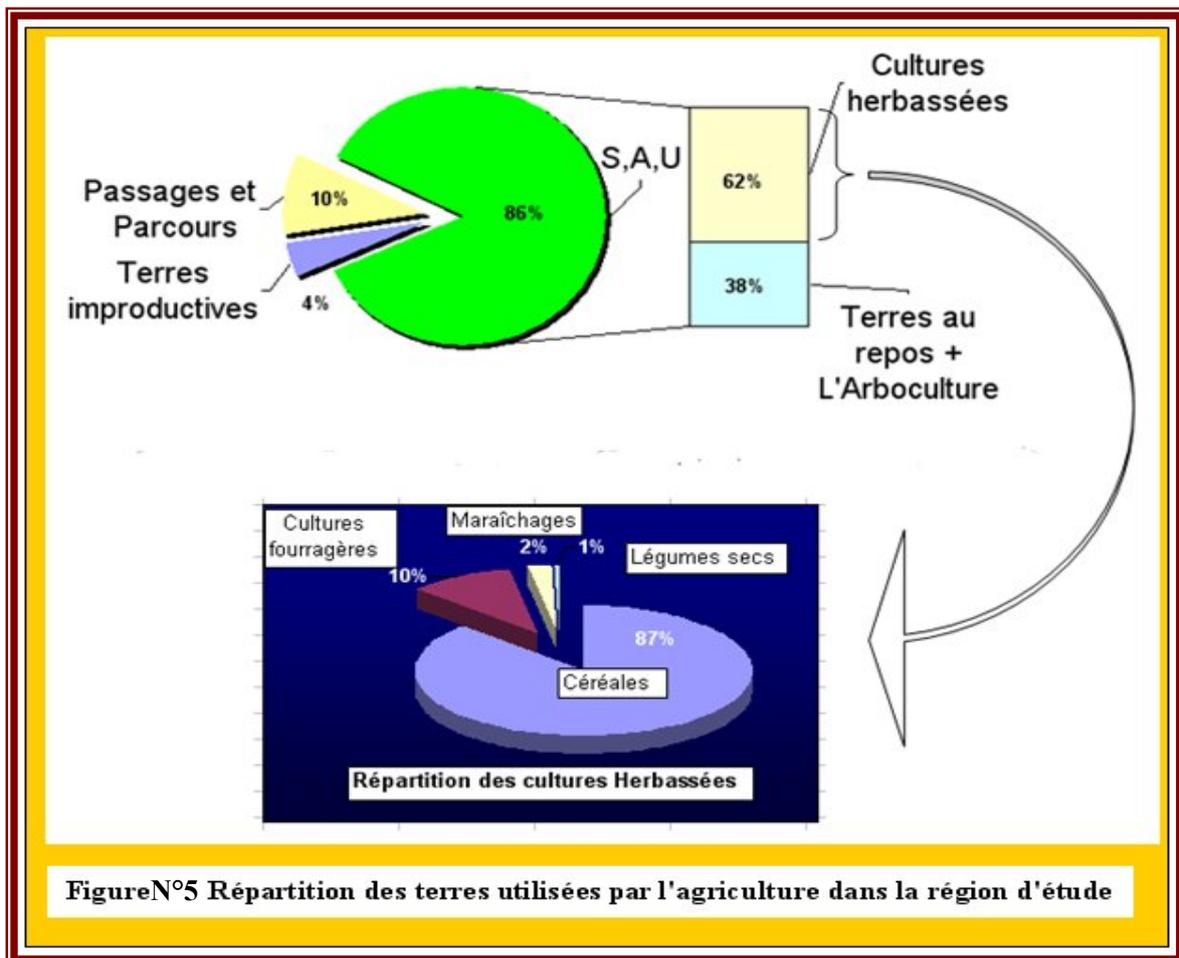
- Pin d'Alep	: 42 415 Ha	}	<b>TOTAL = 96 765 Ha</b>
- Chêne liège	: 12 000 Ha		
- Chêne Zeen	: 9 650 Ha		
- Cyprès	: 200 Ha		
- Eucalyptus	: 500 Ha		
- Maquis	: 3 247 Ha		

## III.2 Agriculture

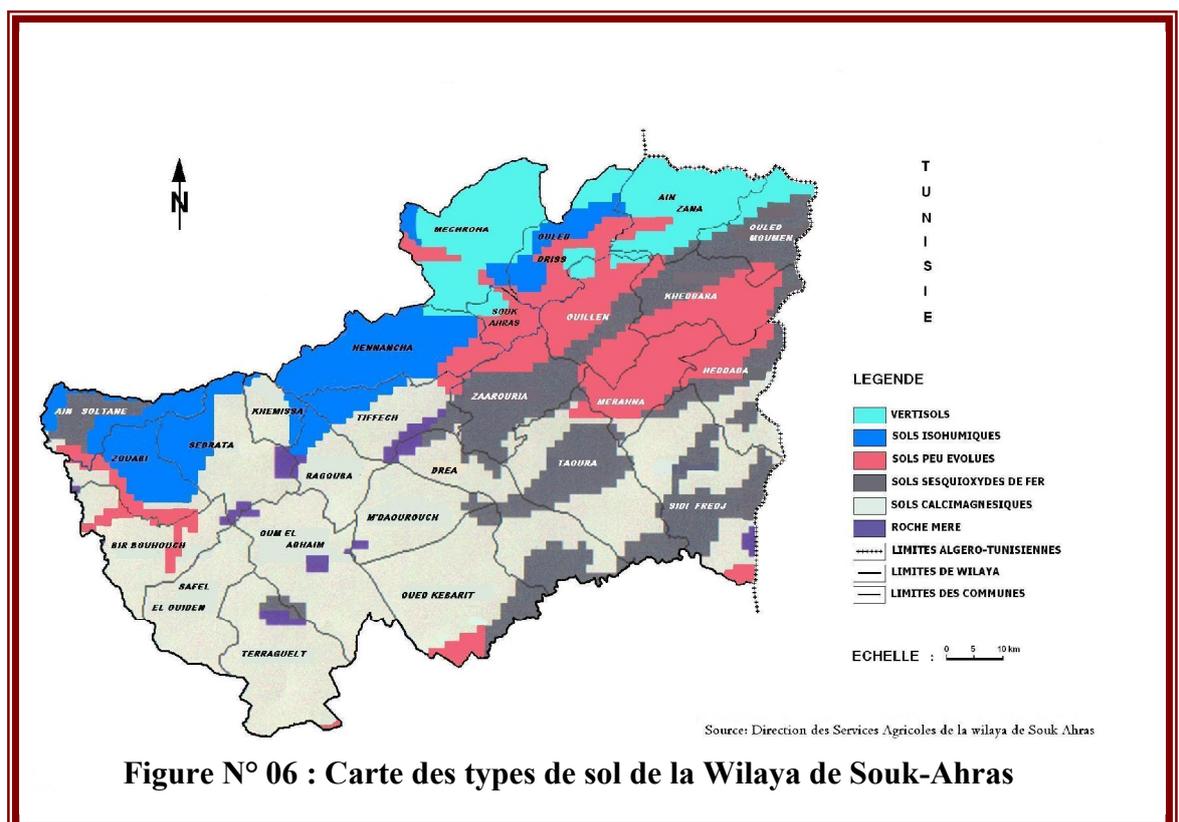
On constate dans la Figure (N° 05) que les céréales représentent 87 % des cultures herbacées et que ces derniers représentent 62 % de la superficie agricole utile. Par contre la (S.A.U) représente 86 % de la superficie agricole totale et 55 % de la superficie totale de la région, tandis que la (S.A.T) représente environ de 65 % de la superficie totale.

Tableau N° 05 : Répartition des superficies agricoles dans la région d'étude en (Ha)

Nbr	Communes	Sup.	S.A.T	S.A.U	Terres	Taux	Taux
01	SOUK-AHRAS	4 307	1 495	1 315	641	32	81
02	KHEMISSA	5 944	4 351	4127	200	81	75
03	MDAOUROUCH	14 572	12 924	10 775	200	81	83
04	TIFFECH	14 376	11 988	9 540	375	81	80
05	RAGOUBA	10 128	8 125	5 795	350	74	71
06	TAOURA	25 096	19 338	18 469	179	64	89
07	ZAAROURIA	10 100	8 560	7 552	300	54	87
08	DREA	20 000	14 705	13 924	1 088	74	88
09	MERAHNA	11 623	9 872	9 168	298	55	83
10	OUILLEN	16 260	12 844	11 979	14	88	85
11	HEDDADA	15 630	10 139	9 600	383	63	86
12	KHEDARA	17 902	8 522	9 280	105	49	85
13	O-MOUMEN	13 286	3 813	3 484	972	52	84
14	MECHROHA	24 232	10 409	4 453	200	64	79
15	HENNENCHA	21 398	16 050	13 243	02	76	83
16	OULED-DRISS	15115	7 698	5 235	1 403	86	68
17	AIN-ZANA	17 512	5455	3 932	2 006	60	73
<b>TOTAL</b>		<b>257 481</b>	<b>166 288</b>	<b>141 871</b>	<b>7355</b>	<b>65</b>	<b>85</b>



Avec une S.A.U de 141871 Ha, qui représente 86 % de la superficie totale, la région d'étude est à vocation agricole.



#### **IV. Conclusion**

Le sous bassin de l'oued Medjerda appartient au grand bassin du Medjerda - Mellegue, il occupe dans sa partie Algérienne une superficie environ de 1411Km<sup>2</sup> et s'étend sur une longueur du talweg principal de 106.16 Km caractérisé par un chevelu hydrographique très dense ( $D_d = 3.23$ ) et un écoulement temporaire.

Le territoire du bassin Medjerda est composé de deux grands ensembles pédologiques :

Zone Nord, répartie entre dix (10) communes de la wilaya de Souk-Ahras, occupant une superficie plus de 112000 Ha. C'est une région montagneuse dont environ 40% des terres sont situées en pentes supérieures à 25%, donc les sols sont instables. La forêt est prédominante et seule une agriculture de subsistance est pratiquée par les ruraux (Maraîchage- Arboriculture- élevage local de bovins). Cette zone de montagne relativement stable en matière de peuplement forestier demeure encore marginalisée malgré sa biodiversité. Sa vocation essentielle est l'agro pastoralisme avec l'élevage intensif des bovins.

La zone des hautes plaines et les piémonts dont l'altitude dépasse 800m. Le relief est pratiquement plat. Les sols sont stables et l'agriculture extensive est dominante (Céréales, fourrages..). Elle comprend les plaines situées au centre et au Sud de la wilaya de Souk-Ahras: Taoura, Merahna, M'Daourouch jusqu'à Sidi Fredj qui couvrent une superficie environ de 80000 Ha.

# *Chapitre II*

## *Cadre géologique*

## **I. Introduction**

Les travaux de L.David (1956) dans son étude géologique des monts de la haute Medjerda a mis en évidence que cette région est essentiellement caractérisée par des formations sédimentaires dont l'âge le plus ancien est le Trias jusqu'au Quaternaire, constituée généralement par des calcaires, des grès, des marnes, des cailloutis et des alluvions.

## **II. Aperçu structural et tectonique**

La région d'étude s'étale sur le territoire de la wilaya de Souk-Ahras qui s'insère dans les monts de la Medjerda.

Elle constitue une zone charnière entre deux domaines structuraux distincts à savoir: l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud.

C'est une zone à structure généralement simple au Sud et complexe au Nord. Il s'agit donc, en zone de l'Atlas Saharien d'une structure plissée d'une orientation dominante Sud-ouest\Nord-est.

Cette structure dite Aurassienne est composée d'une série de plis synclinaux larges et d'anticlinaux plus étroits datant du Crétacé. Leur couverture est généralement mince, elle présente une épaisseur de quelques milliers de mètres au maximum.

Au nord, vers le Tell et compte tenu des poussées tangentielles venues du Nord, les plis adoptent une orientation Ouest, Cette orientation dite Numidienne est très visible, surtout dans la zone Nord-ouest. Cette compression latérale a réduit la taille de l'ensemble des plis en donnant des synclinaux couchés, dans la plupart des cas failles.

Il est donc, remarquable un passage progressif de la structure Atlasique à la structure Tellienne sans différence fondamentale. La nuance réside dans les efforts tangentiels générateurs des décollements de la couverture se produisant à la base du système Numidien entre le Crétacé et le Tertiaire, qu'a connu la zone Tellienne. Aussi, la présence des fractures transversales responsables des bassins d'effondrement (Taoura) à fin que les plis Telliens ont subi une légère torsion vers le Nord du côté de la frontière Tunisienne.

Le Trias quant à lui réagit pour son propre compte, il est toujours responsable de certaines complications qui comme la zone, il se trouve en position stratigraphique anormale (discordante). Sa grande plasticité lui permet de monter à travers les terrains sous-jacents. Il est remarqué dans les anticlinaux, dans les grandes fractures ou dans les massifs (le massif de Souk-Ahras).

La mise en place de cette structure s'est faite comme pour toute la chaîne montagneuse Nord orientale au cours de nombreuses phases orogéniques.

Selon L. David, deux périodes orogéniques caractérisent la zone; (figure N°07)

Une période pré-orogénique caractérisée par un calme parfait, l'autre orogénique très courte et mouvementée ou de nombreuses phases orogéniques se succèdent depuis le Crétacé jusqu'au quaternaire.

### **II.1. La première période (pré-orogénique)**

Début à l'aube du Crétacé où se sont produits les premiers plissements qu'a connus la zone. Ces plissements sont survenus vers la fin du Maestrichtien au cours desquels il y'a eu l'émergence des hautes plaines, puis vers la fin de l'Eocène le calme revient.

### **II.2 La deuxième période (orogénique)**

Au cours de laquelle se sont produites plusieurs phases de Diapirisme, débutant à l'Eocène. Vers la fin du Luthérien et se prolonge jusqu'au Quaternaire. Au commencement, elles étaient faibles puis paroxysmales puis faibles de nouveau.

#### **II.2.1 La phase préliminaire**

Dans cette phase qui avait mis fin à la longue période de sédimentation (depuis le Crétacé) était Post-Luthérien et Anté-Bartonien. Elle était responsable du premier véritable plissement.

#### **II.2.2 La première phase majeure**

Correspond aux périodes post-Oligocène et Ante-Miocène avait mis fin au dépôt Oligocène à faciès Numidien. Pendant cette phase, les poussées venues du Nord-ouest étaient très intenses. Elles étaient responsables de la modification de la structure de la zone Nord par la mise en place de la chaîne montagneuse Nord à structure fortement plissée. La zone Sud avait déjà sa constitution définitive et la structure plissée était en place.

### II.2.3 La deuxième phase majeure

Était Post-Miocène inférieur et Anté-Miocène supérieur pendant laquelle la chaîne Tellienne acquiert sa constitution définitive. C'est la phase à compression maximum où il y avait des plis failles et des écaillés jusqu'à de véritables nappes de charriage.

Cette phase est suivie par autre Post-Miocène et Anté-Pliocène qui correspond à une période de distension où une partie du socle fracture, s'enfonce lentement.

L'entraînement de la couverture vers le bas donne naissance aux bassins d'enfoncement de Taoura et Nador. Vers la fin du Miocène, un autre jeu marque la dernière manifestation. Des plissements autour du bassin du Nador et dans la vallée de la Medjerda.

### II.2.4 la dernière phase

C'est la phase Post-Pliocène qui correspond à la dernière pulsation sensible qui a mis fin à la subsidence des bassins d'effondrement, est plus récente que le Miocène supérieur de Taoura.

## III. La Lithostratigraphie de la région

D'après les cartes géologiques couvrant le territoire de la Wilaya de Souk-Ahras. Une carte lithologique au 1/50000 a été dressée pour servir de base à l'établissement de la carte pédologique. Elle traduit la nature lithologique des grandes formations géologiques rencontrées et qui vont du Trias, étant la plus ancienne formation, au Quaternaire qui représente les terrains les plus récents de l'échelle stratigraphique résumée comme suit:

**Tableau N° 06 : Représentation de l'échelle stratigraphique**

Age	Lithologie dominante
Quaternaire	-Alluvions, terrasses.
Mio-Pliocène Continental	-Argiles rouge, sables, agglomérats.
Miocène supérieur	-Argiles et argiles sableuses.
Miocène inférieur	-Argiles sableuses. argiles et calcaires lacustres.
Oligocène	-Argiles rouge et argiles sableuses de Numidie.
Eocène moyen	-Marnes et nappes de calcaires.
Eocène inférieur	-Marnes et nappes de calcaires.
Crétacé supérieur	-Calcaire Sénonien et marnes.
Crétacé inférieur et moyen	-Marnes et calcaire marneux Turoniens.
Trias	-Marnes Gypses, calcaires et dolomie.

**III.1. Secondaire****III.1.1 Le Trias**

Dans le périmètre d'étude, les terrains Triasiques affleurent dans les structures Diapiriques, il est remarque plusieurs taches selon la direction des grands plissements (Sud-ouest, Nord-est); *Fig.07*.

Il apparait dans plusieurs points du périmètre, au Nord dans la partie centrale et au Sud. Il affleure à Kef En Neguib dans la commune de Mechrouha, du cote de Souk-Ahras et Oued Mougras, au massif de Ras El Alia et Tiffech et dans la commune de Bir Bouhouch et M'Daourouch.

D'une façon générale, le facies Triasique est en contact anormal avec les formations sous jacentes. Il est caractérisé par une hétérogène lithologique composée:

- D'une formation Gréso-gypso-argileuse a blocs de roches variées. C'est une formation plastique constituée d'un mélange de marnes et d'argiles bariolées.
- Des blocs de calcaires gris ou noirs.
- Des grés, argiles et marnes: ce sont des blocs de grés micacés intercales d'argiles et de marnes bariolées de teinte rougeâtre.
- Des dolomies qui correspondent à des roches a grains fins légèrement poreux et lités.

**III.1.2 Le Crétacé inférieur et moyen**

Dans la zone d'étude, le Crétacé est caractérisé par l'affleurement des formations de l'étage barrémien, Aptien, Albien, Cénomaniens et le Turonien. Il ne couvre qu'une restreinte superficie des monts de la Medjerda. Il apparait au Nord dans l'anticlinal de l'oued Mougras (Sidi El Hemissi, Djebel Graouet et Bourzine) et s'étend jusqu'à la frontière Tunisienne. Il est, aussi remarque dans l'anticlinal de djebel Ladjbel, en bordure du Diapir Triasique d'El Ouasta, près de la frontière Tunisienne, à Essouabah et aux environs de Bir Bouhouche.

Les matériaux composants le Crétacé inférieur et moyen sont des dépôts marins constitués essentiellement de marnes du cénomaniens et des marnes et marno-calcaires de Turonien.

### **III.1.3 Le Crétacé supérieur**

Le Crétacé supérieur qui couvre la majeure partie du territoire de la wilaya est caractérisé par (02) faciès importants; les calcaires du Campanien et du Maestrichtien et la série marneuse des différents étages. Il apparaît au Nord dans le territoire de la commune de Hennancha, Zaarouria où il constitue les différents djebels tels que Dekma, Zaarouria, Zelaz et Bourzine.

Dans la zone médiane, il est observé dans la commune de Taoura, M'daourouche, Sedrata et Bir Bouhouch où il apparaît à djebel Taguilaline, Terraguelt, Bousessou, Alahoum et Choucha.

## **III.2 Tertiaire**

### **III.2.1 L'Eocène**

Du point de vue répartition géologique, L'Eocène est très peu observé dans le territoire de la wilaya de Souk-Ahras. Il n'apparaît que sous forme de lambeaux dans la région Nord.

Il affleure à djebel Dekma, au Nord de djebel M'Sid à djebel Boukebch et aux environs de la gare de l'Oued Mougras.

Dans la zone médiane, il n'apparaît qu'aux environs de Taoura (plateau de Taoura).

L'Eocène se manifeste à travers le périmètre sous forme d'épaisses couches de marne, de calcaire ou d'alternance de calcaire et de marne.

### **III.2.2 L'Oligocène**

Comme l'Eocène, l'Oligocène se présente comme une bande Est-ouest au Nord de la zone passant par oued Mougras et Sidi el Hemissi. Il affleure sous forme de grès Numidiens séparés, quelques fois par des argiles schisteuses ou de marnes peu épaisses de couleur grise et pauvre en calcaire.

### **III.2.3 Miocène inférieur**

Il constitue le troisième cycle sédimentaire marin de l'ère Tertiaire. Il couvre une vaste surface de la wilaya. Il est observé au cœur des structures synclinales au Nord comme au Sud passant par la zone médiane.

Il affleure le long de la vallée de la Medjerda jusqu'à la frontière Tunisienne. Il apparaît aussi à djebel Serou, à Oued chouk et dans la facies dominant du Miocène sont les grés et les marnes associées quelques fois, aux conglomérats et aux calcaires.

Les marnes sont d'une couleur noire ou brune riche en calcaire et souvent gypsifères. Les grés quant à eux sont d'une teinte brun clair à ciment calcaire.

#### **III.2.4 Miocène supérieur**

Son étendue est très limitée dans l'espace, il n'affleure que le long de l'oued Medjerda sur la rive Nord aux environs de la zone de l'oued Mougras. Comme le miocène inférieur, sa lithologie est dominée par l'affleurement des marnes, des grés et des conglomérats.

#### **III.2.5 Le Miopliocène continental**

Il se manifeste en majeure partie dans la zone médiane aux environs de Sedrata, Oum Ladihem, au Sud de Zaarouria et à l'Est de Taoura. Il se présente sous forme de sédiments détritiques avec alternance de grés, de conglomérats, de calcaire lacustre et de marne.

### **III.3 Quaternaire**

Le quaternaire englobe les formations postérieures à la dernière phase des plissements qui ont suivie le dépôt du miocène.

Dans le territoire de la wilaya de Souk-Ahras le quaternaire couvre d'importantes superficies, il est présent pratiquement dans toutes les feuilles géologiques couvrant la wilaya de Souk-Ahras. Il se compose en général de formation continentale telle que les nappes d'épandage, les terrasses fluviales, des éboulis et des limons. Selon leur caractéristique, ces dépôts ont été classés en trois (03) groupes:

#### **III.3.1 Les formations anciennes**

Dans cette catégorie, il est regroupé les nappes d'épandages qui sont de formation caillouteuse reposant sur les marnes Crétacées. Elles apparaissent au Sud de M'Daourouche jusqu'à la frontière Tunisienne. On trouve aussi, la croute calcaire à l'extrémité Sud de Taoura et au Sud de Souk-Ahras.

### **III.3.2 Les formations récentes**

Ces formations sont représentées par les cailloutis (se sont les formations quaternaires anciennes démantelées par l'érosion), les brèches et les alluvions. Les premiers sont observés sur le versant Sud de djebel Guenguita, Zaarouria et djebel Ledjbel. Les alluvions, par contre sont remarquées dans les vallées des Oueds du périmètre.

### **III.3.3 Les formations actuelles**

Ce sont les limons et les cailloutis qui proviennent du lessivage des marnes et le transport des calcaires. Elles sont observées à l'extrême Est du périmètre (Ouest de Sakiet Sidi-Youcef) et aux environs de Taoura et de M'Daourouch.

Les travertins apparaissent, par contre, au Sud de Souk-Ahras et au Nord-ouest de djebel Dekma.

### **III.3.4 Les Terrasses**

Dans le périmètre, elles se font rares parce que le régime des de l'oued est temporaire ne se prête guère à leur identification. Elles persistent sous forme de lambeaux, de terrasses le long de l'oued Medjerda après le massif Triasique de Souk-Ahras, dans la feuille géologique de l'Oued Mougras. Elles sont observées aussi sur une partie de l'Oued Er Ranem qui présente un système de terrasses étagées, les autres oueds prennent n'ont que des accumulations fluviales mal définies. D'une façon générale, ces terrasses, n'ont que deux niveaux.

#### **III.3.4.1 Terrasse de la Medjerda**

La cour supérieure de la rivière est composée de deux parties :

##### **a) Très Haute vallée**

Entre la source et la terrasse du massif Triasique de Souk-Ahras de pente très rapide. On peut reconnaître:

- Le lit actuel de la rivière.
- Une très basse terrasse de 3 à 5m conservée principalement dans les méandres et correspond au lit majeur.
- De rares lambeaux consolidés d'une haute terrasse située vers 50-60m au minimum, au Sud de djebel Kelai.

**b) Haute vallée**

Après le massif Triasique de Souk-Ahras et jusqu'à la frontière Tunisienne, sur toute la traversée de l'Oued Mougras, s'étage plusieurs niveaux:

- Lit majeur: la Medjerda coule dans un manteau d'alluvions qui domine de 1 à 2m le fond de son lit.
- Basse Terrasse: 8-10m au dessus du fond du lit actuel.
- Moyenne Terrasse: 30-40m elle est forme de cailloutis et sables.
- Haute Terrasse: 90-100m au dessus de la rivière.

**III.4.2 Terrasse de l'Oued Renem**

L'oued Er Ranem se raccorde à la Medjerda par une série de rapides dans la traverse du chaînon du Djebel Tella. C'est en amont de cette barrière que s'étage également quatre surfaces alluviales.

- Lit majeur: souvent étroit ou inexistant car il est confondu avec le lit majeur.
- Basse Terrasse: 8-10m la plus développée.
- Moyenne Terrasse: 20 à 30m.
- Haute Terrasse: représentée par deux lambeaux dans la partie aval de la rivière.

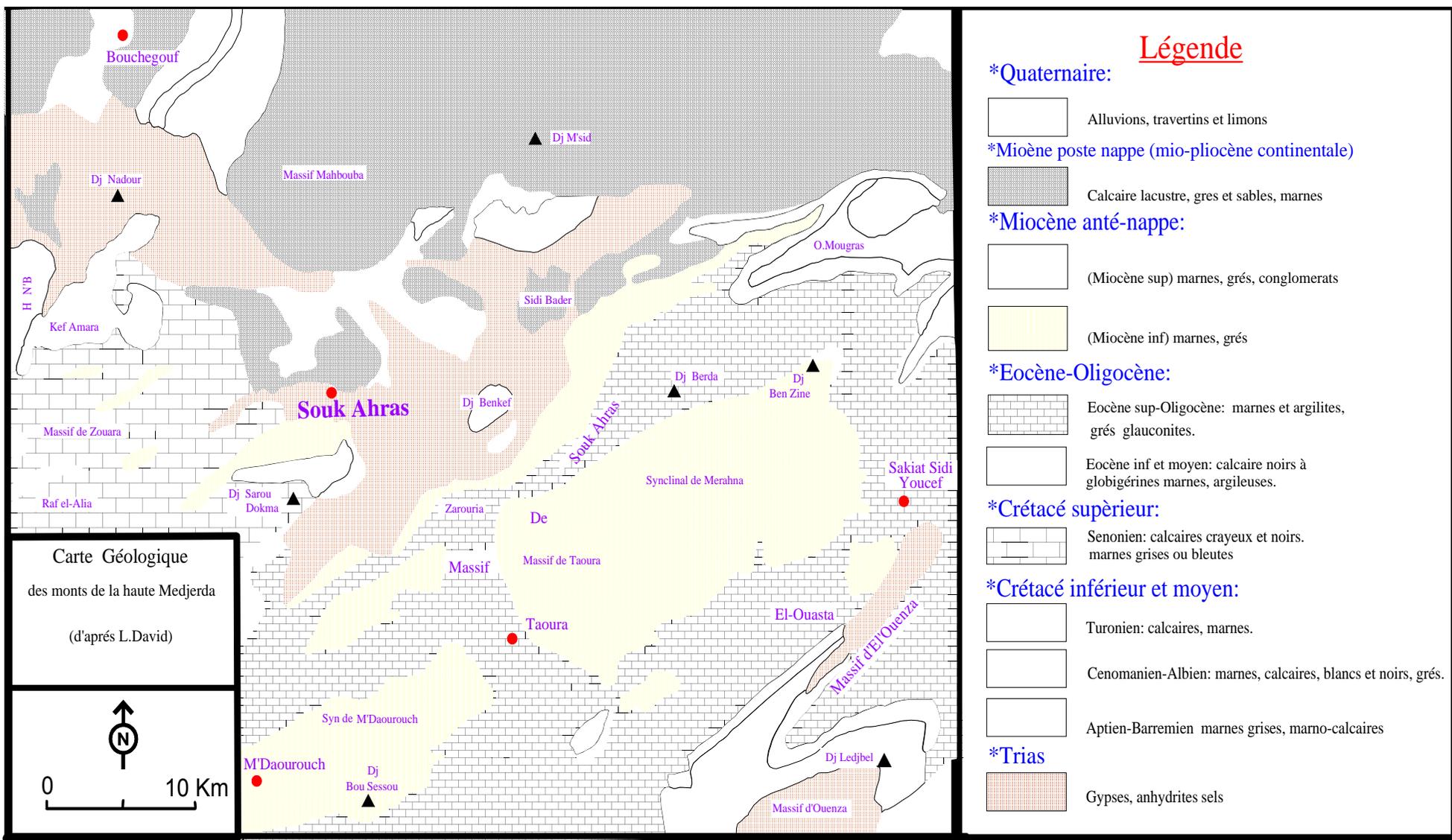
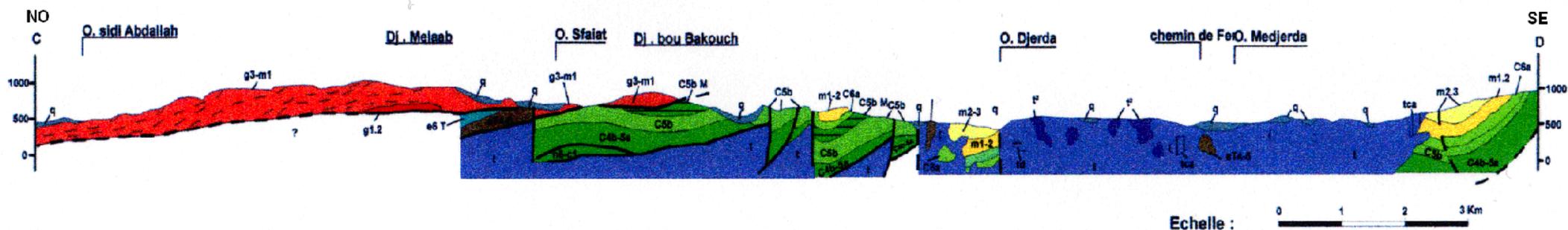


Figure N° 07 : Carte géologique de la zone d'étude (D'après David. L., 1956)



LEGENDE

QUATERNAIRE

Dépôts quaternaire non-différenciés.

NAPPE NUMIDIENNE

**g3-m1** OLILOCENE supérieur-MIOCENE inférieur. Grès quartzeux. à patine rousse, argiles grises.

**g1.2** OLILOCENE inférieur-moyen. Argiles grises.

NAPPE TELLIENNE

EOCENE

**e6 T** EOCENE inférieur-moyen. Marnes argileuses noires à rognons calcaires jaunes.

**e7-8** EOCENE supérieur. Calcaire bitumineux noir et brun à Globigerines, marmo-calcaires noirs.

FORMATIONS PARAAUTOCHTONES OU AUTOCHTONES

MIOCENE

**m2.3** MIOCENE moyen-supérieur. Siltstones marnes argileuses, grès.

**m.12** MIOCENE inférieur-moyen. Grès, marnes, conglomérates.

CRETACE SUPERIEUR

MAESTRICHTIEN

**e5b** Sous-étage supérieur. Marnes argileuses, calcaires marnoux gris.

**C5a** Sous-étage inférieur. Calcaires blancs crayeux, calcaires marnoux, marnes grises.

CAMPANIEN SUPERIEUR

**C5b M** Marnes argileuses marmo-calcaires.

**C5b** Calcaire, calcaire gréseux, marmo-calcaires.

SANTONIEN supérieur-CAMPANIEN inférieur.

**C5b-5a** Marnes et marnes argileuses grises et passées de marmo-calcaires.

CRETACE INFERIEUR-SUPERIEUR

ALBIEN-CENOMANIEN

**n5-c1** Marnes argileuses noires.

TRIAS

**T** Formation argilo-gypso-gréseuses à fragments et blocs de roches diverses.

**Tca** Calcaires gris et noirs en plaquettes à rares intercalations de dolomies jaunes.

**Tca-2** Dolomies et brèches dolomitiques grises, cagnaules.

TRIAS MOYEN

**Tm** Calcaires gris foncé à Modiola, Miophoria, marnes, dolomies.

Figure N° 08 : Coupe géologique schématique dans la région d'étude d'après la carte de Souk-Ahras (1/50 000)

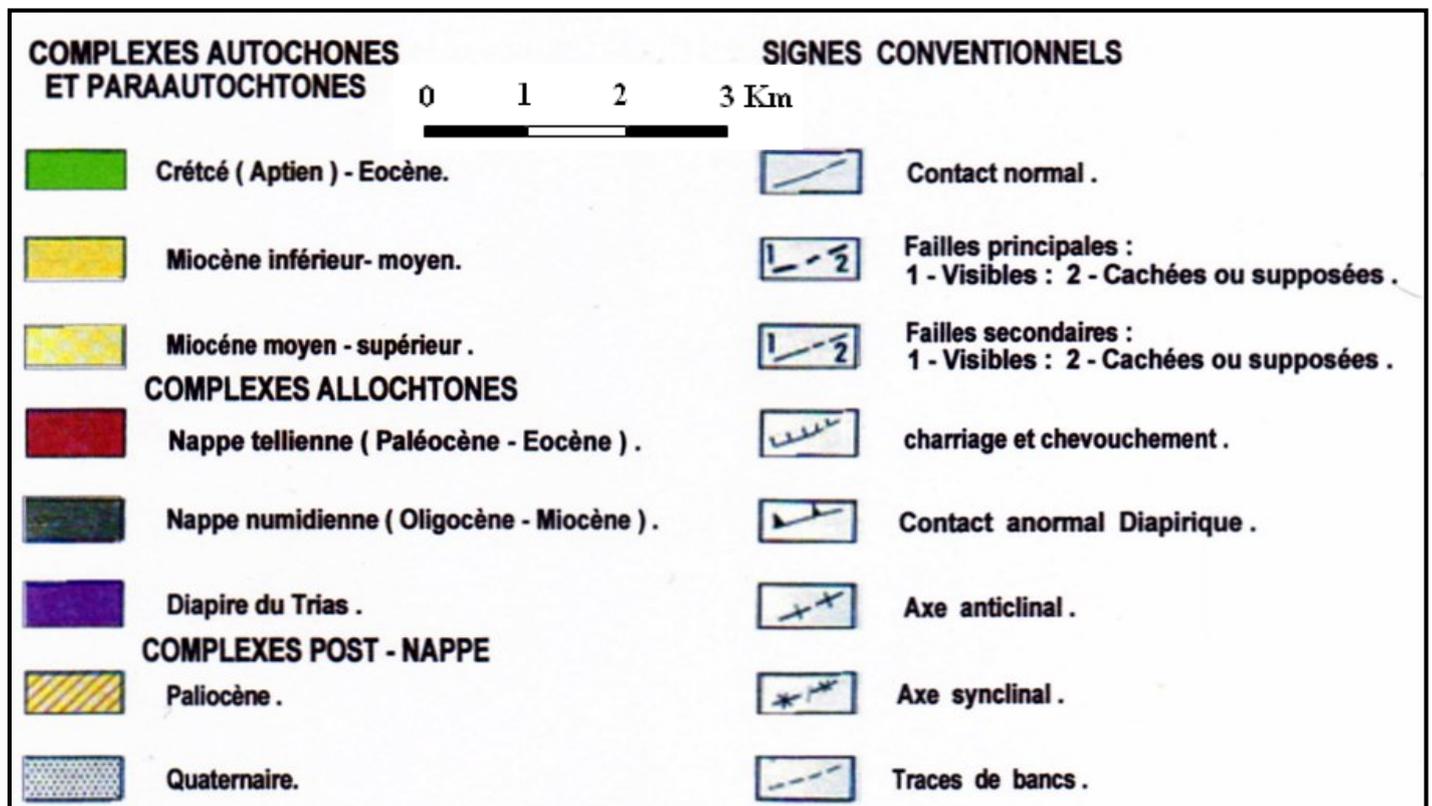
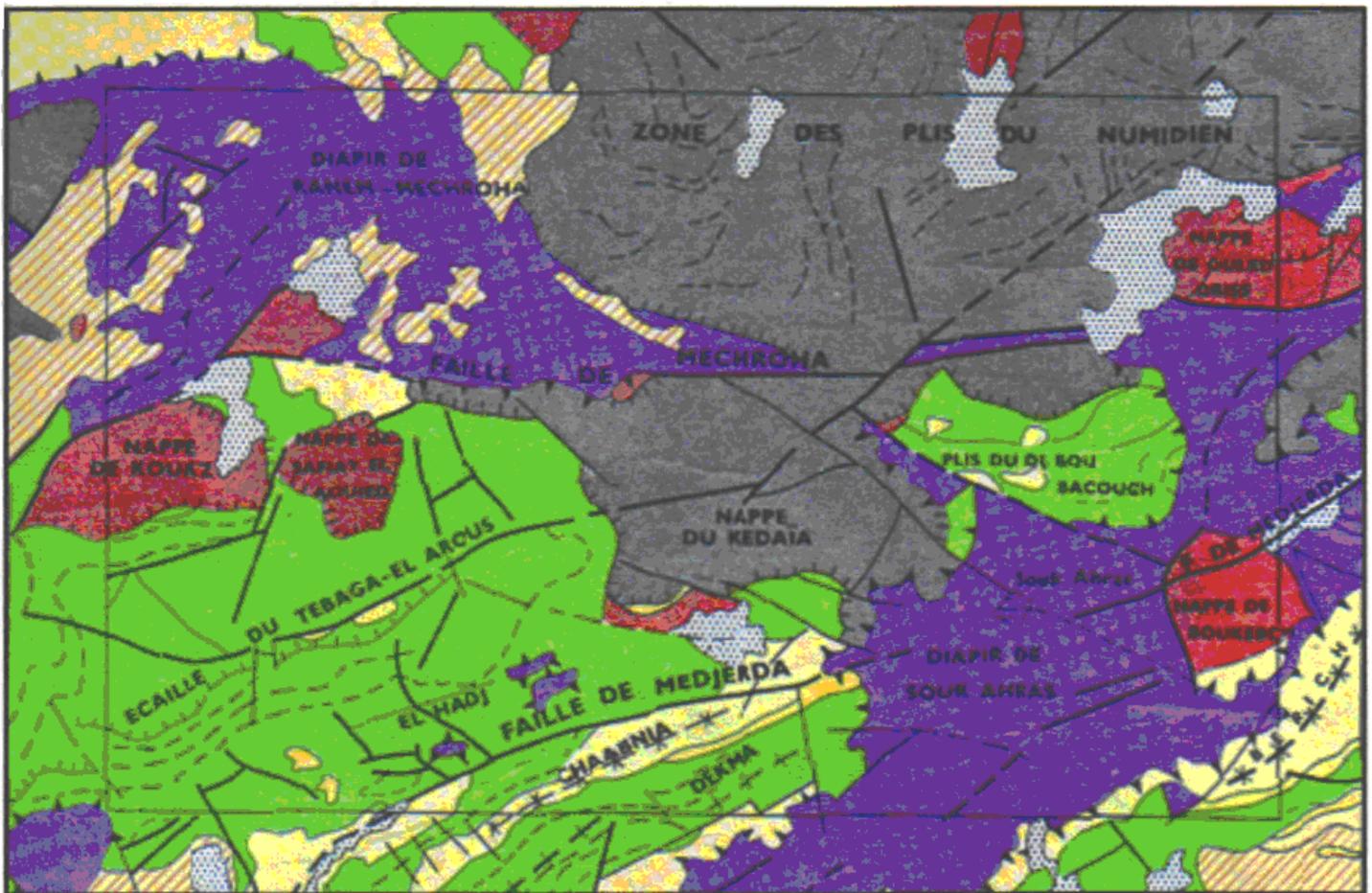


Figure N° 09 : Schéma structural 1/250 000 d'après la carte géologique 1/50 000 (Souk-Ahras) d'après (SONATRAC)

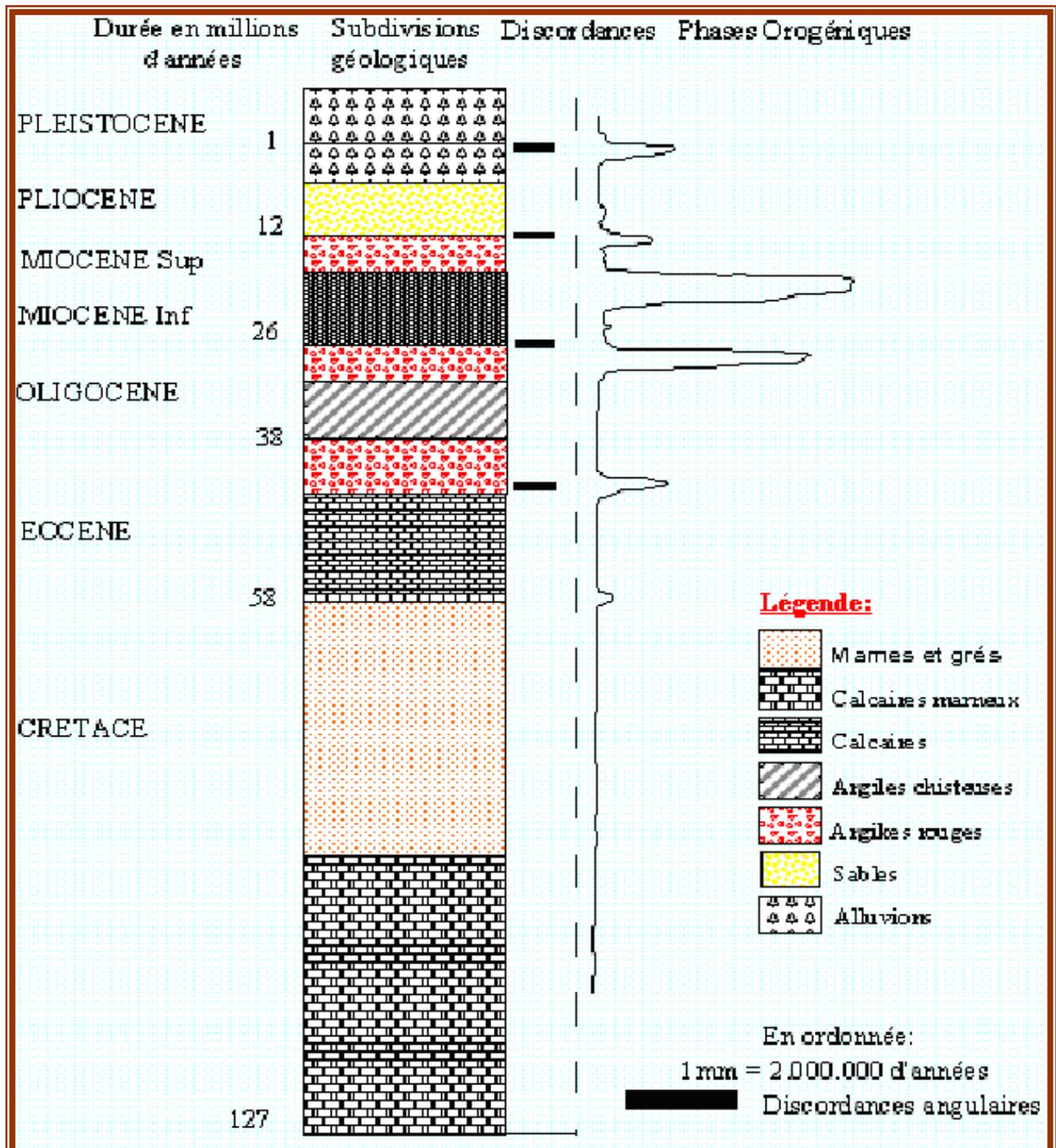


Figure N°10 : Log stratigraphique de la région de Souk-Ahras montrant les différents phases Orogéniques (D'après David. L)

#### **IV. Paléogéographie de la région**

La région comporte deux domaines distincts:

Nous avons au Nord, le domaine externe de la chaîne des Maghrébides avec les nappes Numidienne et Tellienne et les Sellaouas comme substratum. Cette chaîne se situe au Nord de l'axe Sedrata -Tiffech - Souk-Ahras.

Au Sud se trouve le domaine Nord - Aurésien comportant quant à lui, la région de Bir Bouhouch celle de Oum El-Adeim, le Sud de Sedrata ainsi que le synclinal de Drea - Taoura -Merahna et le complexe Salifère.

Durant le Miocène inférieur, la tectonique compressive fut responsable de la mise en place des nappes Telliennes et de l'écaillage des Sellaoua.

La tectonique distensive, accompagnée d'une tectonique de réajustement de l'édifice (tectonique d'effondrement), a débuté, quant à elle au Miocène moyen jusqu'à l'actuel.

#### **IV Conclusion**

Le chapitre consacré à la géologie a montré que la région étudiée présente une géologie très hétérogène, caractérisée par des formations sédimentaires dont l'âge le plus ancien est le Trias jusqu'au Quaternaire, constituée généralement par des calcaires, des grès, des marnes, des cailloutis et des alluvions. Elle représente une zone charnière entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud.

*Chapitre III*  
*Hydroclimatologie*

## I. Introduction

Les caractéristiques climatiques influencent les variations des réserves des eaux souterraines, de ce fait il est impératif de connaître leurs évolutions dans le temps et dans l'espace. Aujourd'hui de nombreuses questions se posent concernant l'avenir de la planète terre vis-à-vis des changements des caractéristiques climatiques. Le continent Africain reste le plus exposé aux soubresauts du climat. Pour mieux comprendre le fonctionnement et les influences d'un système hydraulique de surface dans une région donnée, il est nécessaire d'établir un bilan hydrique. L'évaluation de ce bilan exige la connaissance des paramètres suivants: les précipitations, l'infiltration, l'évaporation et les ruissellements. (LANANI, 2008)

La carence en matière de données climatiques se fait sentir du fait que nous n'avons pu disposer que des valeurs de la station de Souk-Ahras pour une période qui va de 1986 à 2007.

## II. Equipement du bassin

### II.1 Station pluviométriques

Pour cette étude, nous avons retenu des stations estimées représentatives pour le périmètre; mais dans les périodes d'observations sont différentes d'une station à une autre, pour ne pas dire discordante par fois. Notre bassin d'étude compte (05) stations pluviométriques réparties sur plusieurs sites différents de la manière suivante :

**Tableau N° 07 : Caractéristiques des postes pluviométriques du bassin versant de Medjerda**

Station	Code	Coordonnées			Appareil	Nbr. Année d'observation
		X	Y	Z		
<b>Souk-Ahras</b>	12.01.01	680	336.17	758	pluviographe	21 ans
<b>Souk-Ahras O.N.M</b>	12.01.02	967.25	342.25	590	pluviomètre	75 ans
<b>Ain Synour</b>	12.01.03	964.05	348.2	830	pluviomètre	29 ans
<b>Ruines de Khemissa</b>	12.01.04	645.5	332.5	900	pluviographe	50 ans
<b>Taoura</b>	12.01.05	900.55	331.55	850	pluviomètre	50 ans



### III. Analyse des facteurs climatiques

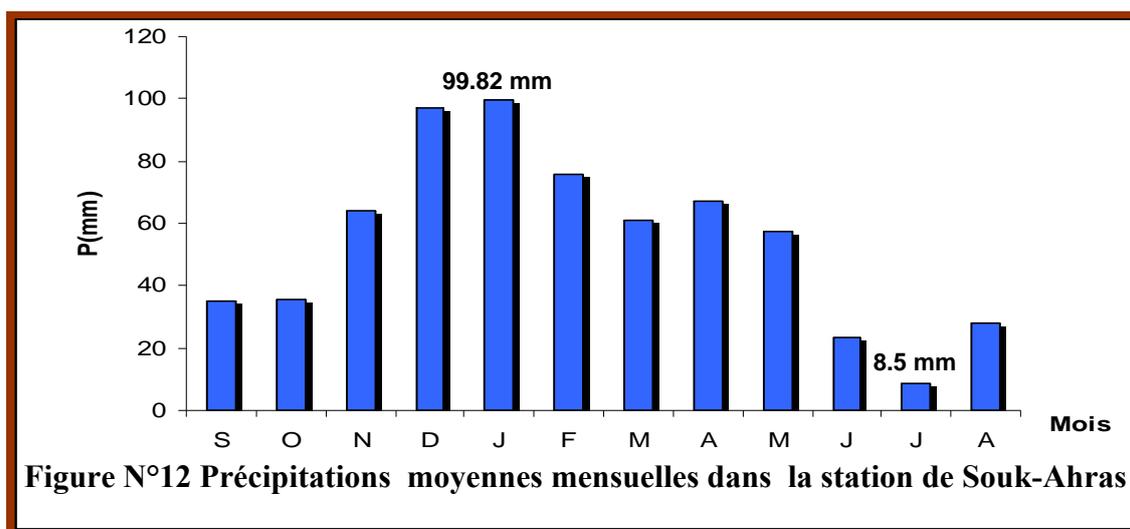
Les facteurs climatiques jouent un rôle déterminant dans l'alimentation des nappes souterraines par le biais de l'infiltration; cette dernière dépend directement du taux des précipitations tombées dans la région.

#### III.1 Les précipitations

Les précipitations constituent le premier facteur important dans le cycle de l'eau, leur distribution dans le temps et dans l'espace conditionne la forme des écoulements et les apports aux nappes. Le tableau (N°09), donne un aperçu sur la répartition des précipitations mensuelles au niveau de la station de Souk-Ahras le long de la période considérée. On remarque dans la figure (N°12) que les mois les plus pluvieux sont Novembre, Décembre, Janvier, Février Mars, Avril et Mai.

**Tableau N°09: Précipitations moyennes mensuelles dans la station de Souk-Ahras(1986/2007)**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
P (mm)	35.05	35.8	64.29	97.35	99.82	75.6	61.15	66.99	57.7	23.3	8.5	28.05

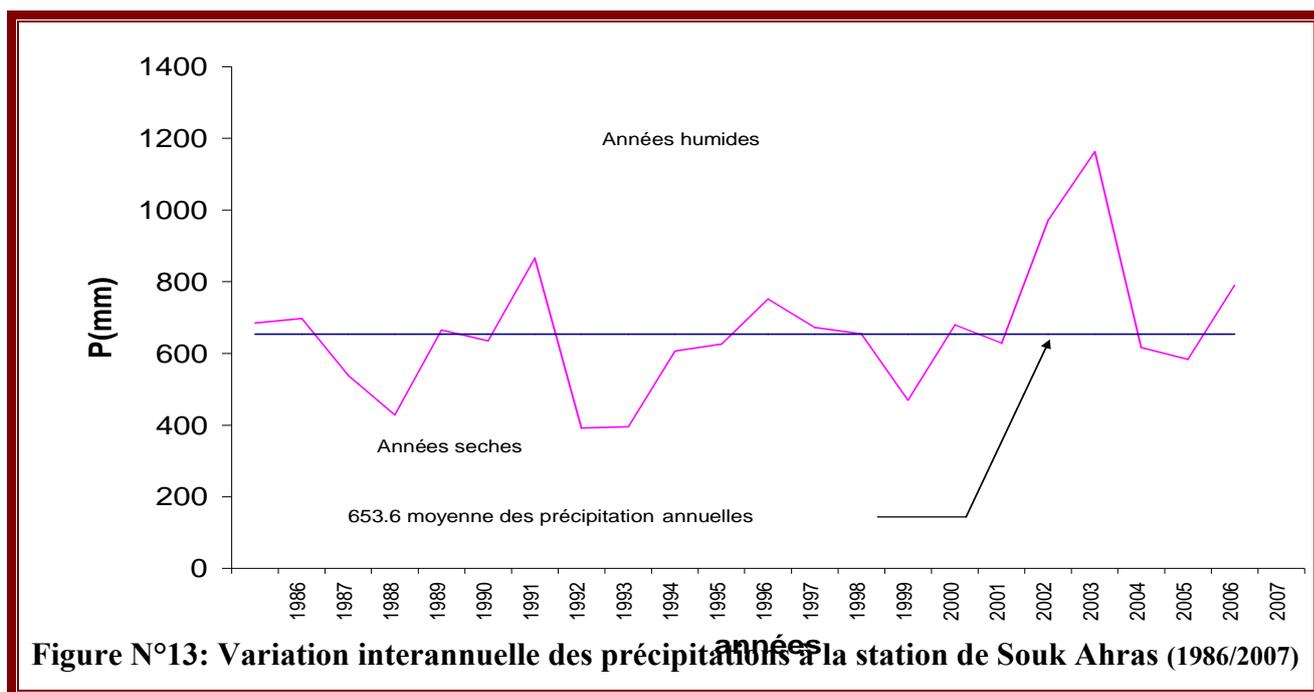


#### III.1.1 Variation interannuelle des précipitations

L'analyse de la courbe des variations interannuelles des précipitations, sur une période de 21 ans (1986-2007), montre que l'année 2004 est l'année la plus arrosée avec 1162.4 mm/an par contre l'année 1993 est la plus sèche avec 391.3 mm/an. Notons que les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 653.6 mm/an. Le tableau suivant (N°10), récapitule les années humides dépassant la moyenne, le reste des années sont considérées comme sèches.

**Tableau N° 10 : Années humide dépassant la moyenne dans la station Souk-Ahras**

Années humides	1986	1987	1990	1992	1997	1998	2007
	1999	2000	2001	2001	2003	2004	



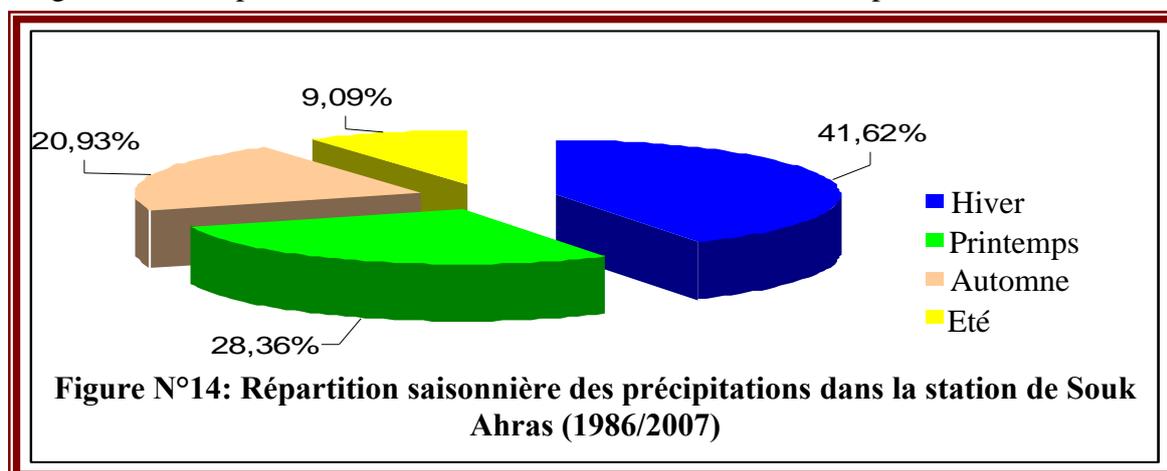
### III.1.2 Répartition saisonnière des précipitations

La subdivision des pluies de l’année pour chaque saison est faite suivant les saisons agricoles (automne : Sep, Oct, Nov, l’hiver : Déc, Jan Fév, printemps : Mar, Avr, Mai, été : Jui Juill, Aou).

**Tableau N°11: Répartition saisonnières des précipitations (1986/2007)**

Saison	Automne		Hiver		Printemps		Eté	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
86/2006	137.15	20.93	272.76	41.62	185.83	28.36	59.56	9.09

En observant le tableau (N°11), on note pour la période considérée que la saison hivernale est la plus pluvieuse, au total, il tombe 272.76 mm soit 41.62% des pluies annuelles. En printemps le total des précipitations est de l’ordre de 185.83 mm soit 28.36 % du total annuel. La saison estivale et automnale sont les plus sèche, la pluviométrie enregistrée est la plus faible de l'ordre de 37.45% de la totalité des pluies



## III.1.3 Coefficient pluviométrique

$$C_p = 365 \times P_i / P_n$$

**P** : précipitation.

**P<sub>i</sub>** : précipitation du mois du rang.

**n.** : nombre de jours par mois.

**C<sub>p</sub>** : exprime le caractère plus ou moins pluvieux du mois.

On peut écrire la formule précédente sous la forme :

$$C_p = (365/n_i) \cdot (P_i/P) = K \cdot (P_i/P)$$

Avec:

**K** : coefficient dépendant du nombre de jours du mois considéré.

Si : n=31 jours k = 365/31= 11.77.

Si : n=30 jours k = 365/30 = 12.16.

Pour le mois de Février 28 jours chaque trois ans et une fois 29 jours,

K = 365/ (28 jours .3 ans +29)/4 = 12.92.

Pour la station Souk-Ahras avec p = 653.6 mm on a : C<sub>p</sub>= k Pi/P.

**Tableau N°12 : Coefficient pluviométrique (1986/2007)**

Mois	Saison humide						Saison sèche					
	Nov.	Dec.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Juill.	Aout.	Sept.	Oct.
<b>K</b>	12.16	11.77	11.77	12.92	11.77	12.16	11.77	12.16	11.77	11.77	12.16	11.77
<b>P<sub>i</sub></b>	35.80	97.35	75.60	61.15	61.15	57.70	66.99	23.30	8.50	28.05	35.05	64.29
<b>C<sub>p</sub></b>	0.67	1.75	1.36	1.21	1.10	1.07	1.21	0.43	0.15	0.51	0.65	1.16

**Saison humide :**

$$C_p (sh) = 7.16$$

**Saison sèche :**

$$C_p (ss) = 4.11$$

$$R = C_p (ss) / C_p (sh)$$

$$8.59 / 3.43 = 1.74 \quad 1 < R < 1.75 \text{ (Climat semi- aride)}$$

Selon ces normes la région d'étude est soumise à un climat, semi-aride caractérisé par deux saisons ; l'une humide marquée par une moyenne de pluviosité allant du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril et par une faible température. L'autre sèche de forte température atteignant leur maximum au mois de Juillet.

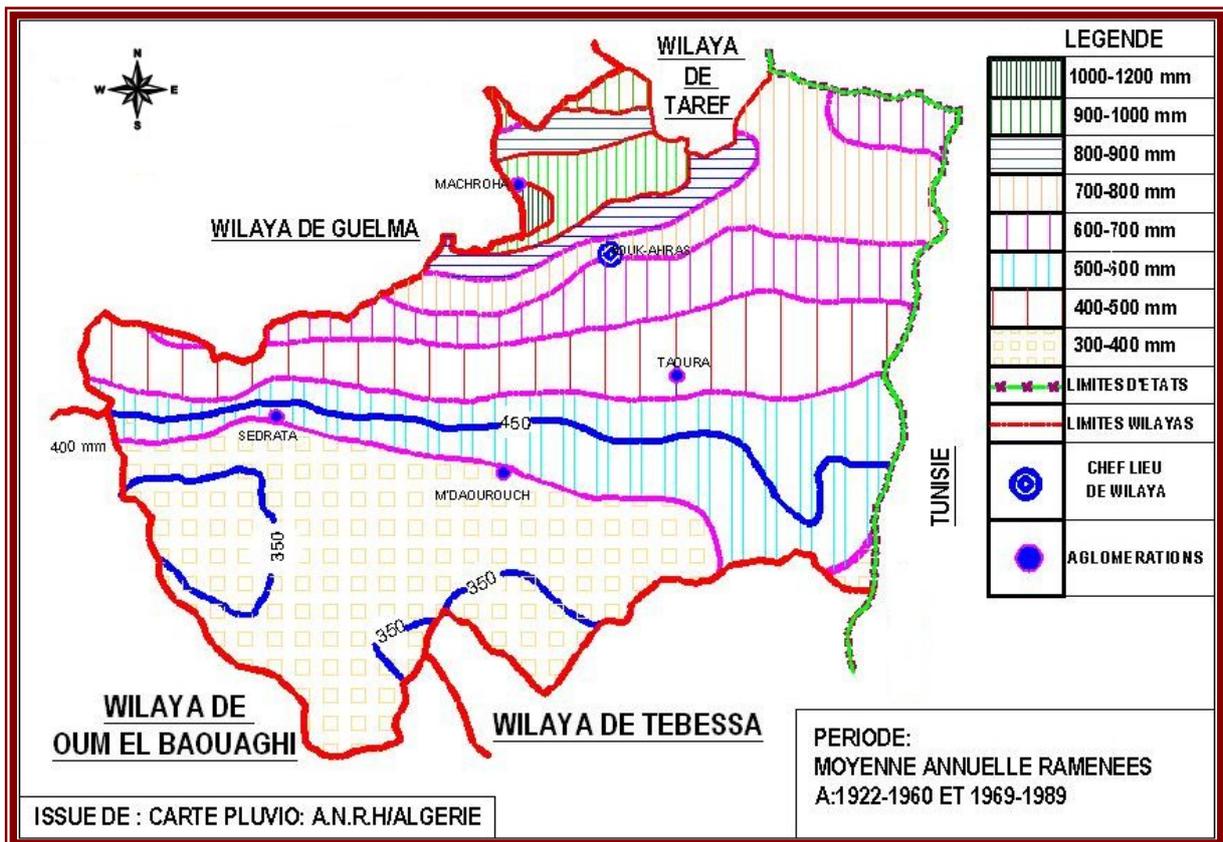


Figure N° 15 : Carte pluviométrique de la région de Souk Ahras

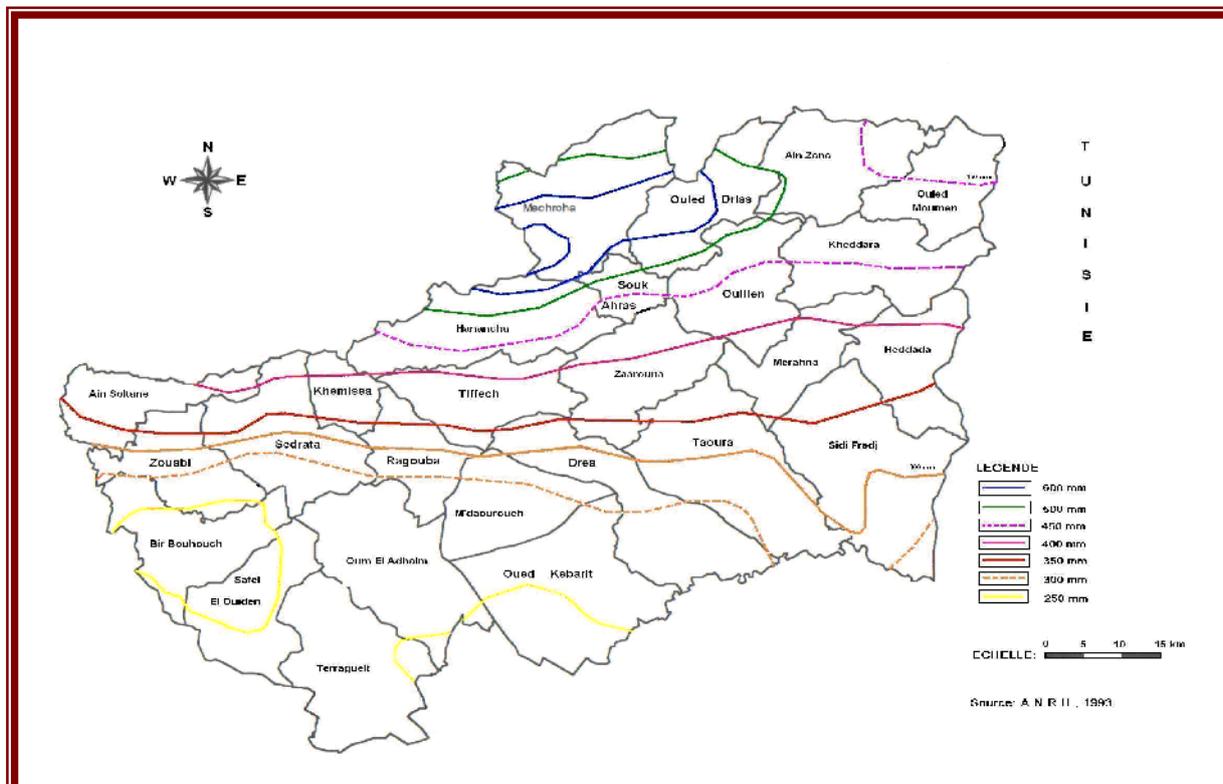


Figure N° 16 : Isohyètes moyennes annuelles au niveau de la wilaya de Souk-Ahras

### III.2 Les Températures

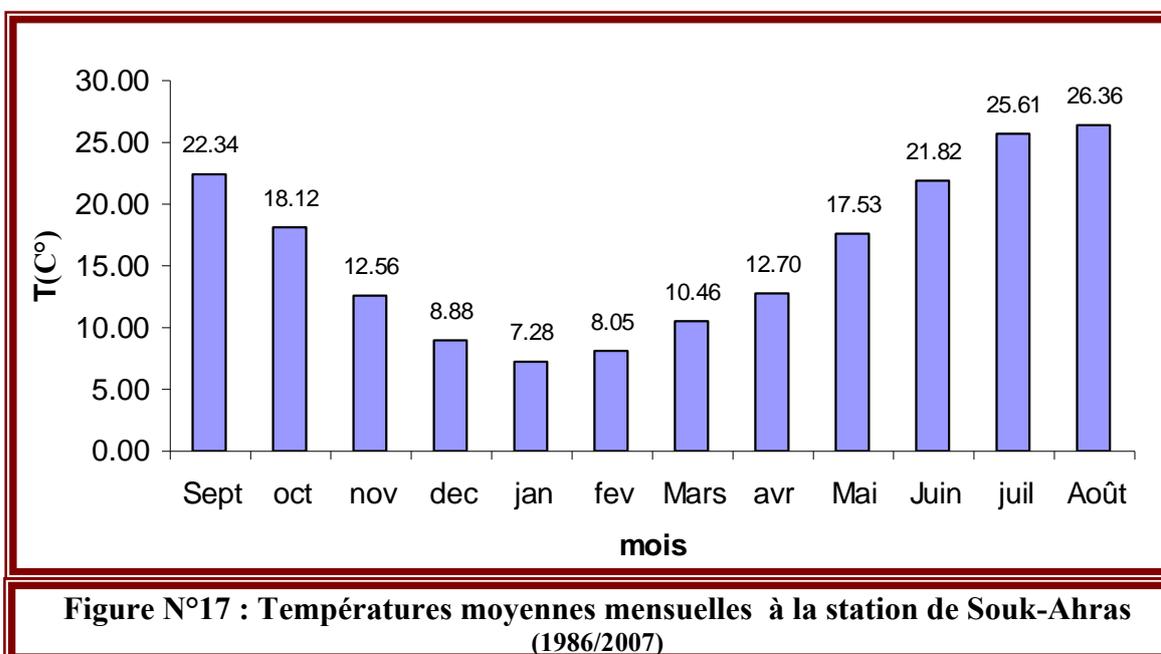
La température est le deuxième élément important dans l'étude du climat, elle joue un rôle important dans la détermination des paramètres climatiques particulièrement la détermination du bilan hydrologique. Pour réaliser notre travail, nous nous sommes basé sur les données recueillies à la station de Souk-Ahras (tableau N°13).

**Tableau N°13 : Températures Moyennes mensuelle dans la station de Souk-Ahras (1986/2007)**

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou
Moy	22.3	18.1	12.6	8.9	7.28	8.1	10.5	12.7	17.5	21.8	25.6	26.36

La période considérée s'étale de 1986 à 2007. L'observation des températures enregistrées montre qu'à:

- L'échelle mensuelle les hivers sont très froids et humides, les étés sont chauds et secs avec des enregistrements de température minimale de 7.28 °C au mois de Janvier et maximale de 26.36 °C au mois de Août. (Fig. 17)
- A l'échelle annuelle, une fluctuation thermique de faible amplitude donnant une certaine constance de l'allure générale. La moyenne annuelle est de 16.01°C. (Fig. 18)



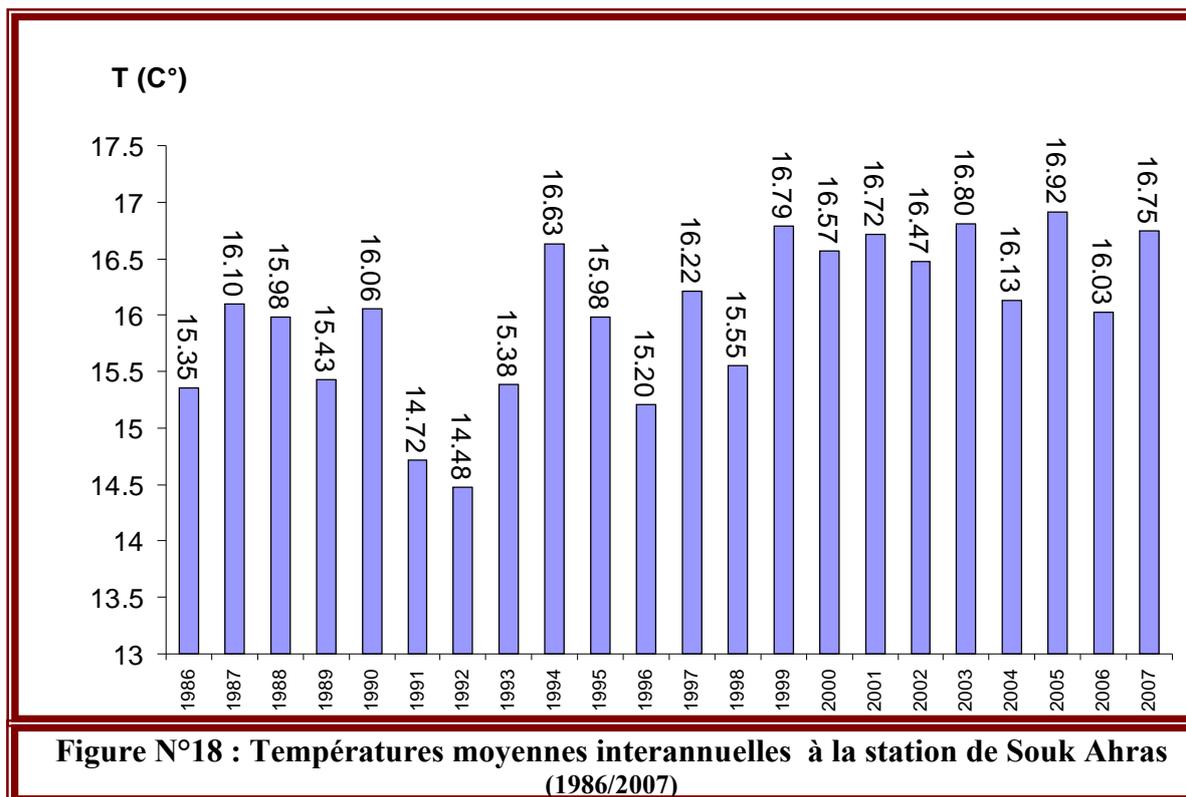


Figure N°18 : Températures moyennes interannuelles à la station de Souk Ahras (1986/2007)

### III.3 Relation Température – Précipitation (courbe Ombrothermique)

Les valeurs des précipitations et des températures enregistrées au niveau de la station de Souk-Ahras sur une période de 21 ans, permettent l'établissement du diagramme (fig.19), ce dernier montre la succession de deux saisons l'une sèche et l'autre humides. La première s'étale du mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre la seconde va du mois de Novembre jusqu'au mois d'Avril compris. Les deux saisons durent en moyenne six mois par an.

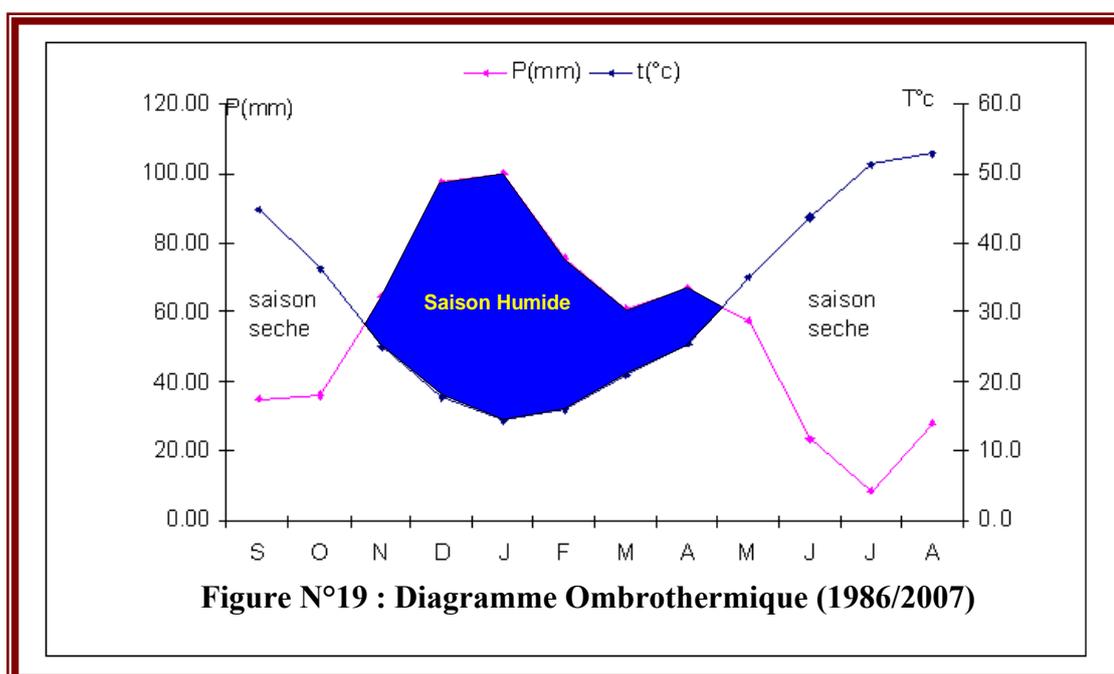


Figure N°19 : Diagramme Ombrothermique (1986/2007)

### III.4 Détermination des indices climatiques

#### III.4.1 Climagramme d'Emberger

Pour déterminer les types de climat de la zone méditerranéenne, L. Emberger a proposé la détermination d'un quotient pluviométrique Q. Ce quotient dépend de la précipitation moyenne annuelle et les moyennes des températures minima et maxima, respectivement des mois les plus froids et les plus chauds.

$$Q = \frac{P}{\frac{M+m}{2} \cdot (M-m)} \cdot 100$$

**P** : Précipitation moyenne annuelle (mm)

**M** : moyenne des maxima du mois le plus chaud (degrés kelvin)

**m** : moyenne des minima du mois le plus froid (degré kelvin).

Partant de ces données, il a établi un climagramme où chaque station intéressée figure suivant ses coordonnées avec en abscisse m (minima en C° du mois le plus froid) et en ordonnées le quotient pluviométrique Q.

Le calcul de ce dernier dans la zone de Souk-Ahras donne les valeurs suivantes :

$$Q = \frac{653.60}{(653.60 + 276.29) / 2 (306.68 - 276.29)} \cdot 100 = 42.72$$

D'après cette valeur on peut dire que la région de Souk-Ahras possède un climat semi-aride.

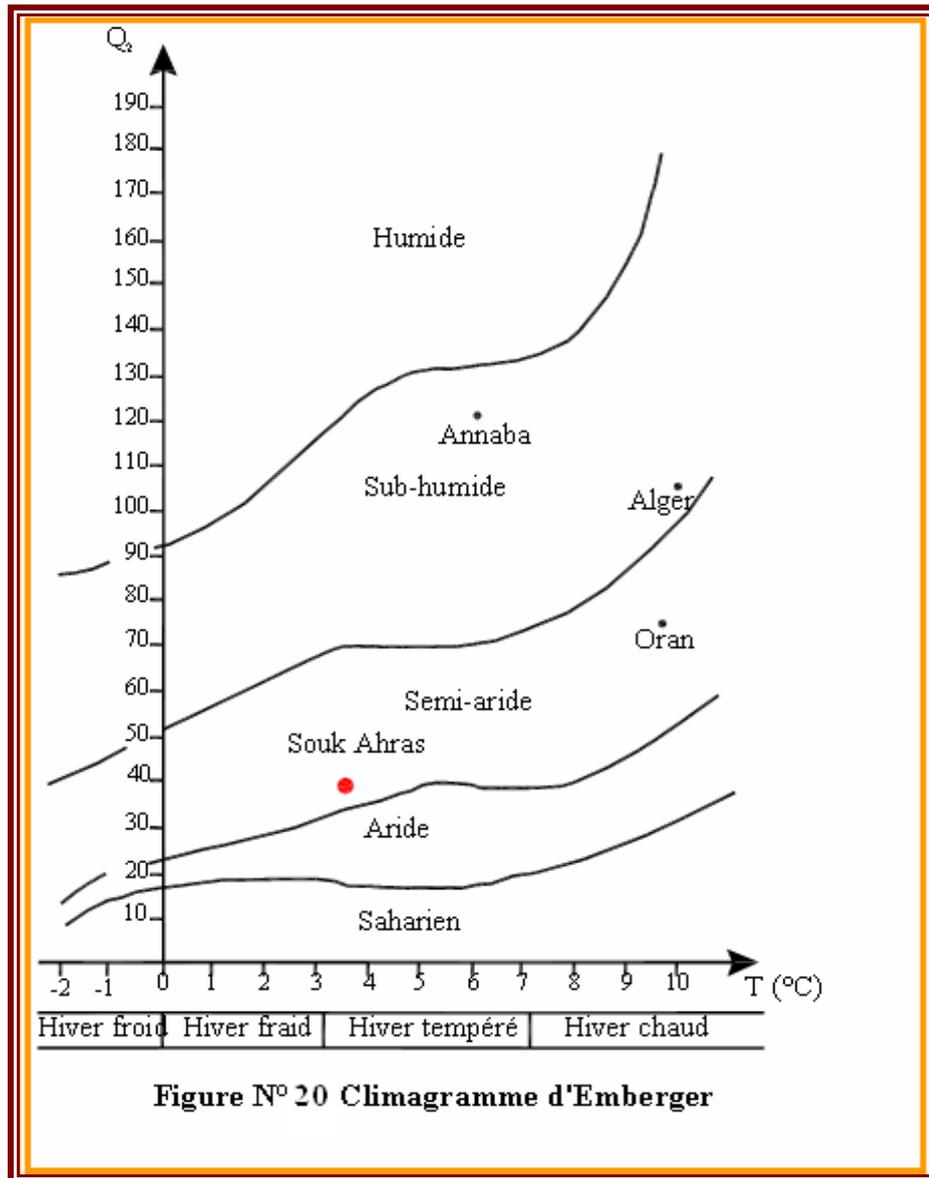


Figure N° 20 Climagramme d'Emberger

### III.4.2 Indice d'aridité de Martonne

En 1923 DE. Martonne avait établi un indice en fonction des températures et des précipitations Il est calculé par les relations suivantes :

$$I = P/T + 10$$

Où:

- P** : précipitation annuelle moyenne (mm)
- T** : température annuelle moyenne (°C)

Suivant les valeurs de I obtenues, DE. Martonne a établi la classification suivante :

- $I < 5$  : Climat hyper aride.
- $5 < I < 7.5$  : Climat désertique.
- $7.5 < I < 10$  : Climat steppique
- $10 < I < 20$  : Climat semi-aride.
- $20 < I < 30$  : Climat tempéré

Donc pour notre cas (Station de Souk Ahras),

$P = 653.6$  et  $T = 15.98 \text{ }^\circ\text{C}$   $\longrightarrow$   $I = 25.33$

D'après cette dernière on peut dire que le climat annuel de la région de Souk-Ahras est de type semi-aride.

**III.4.3 Indice d'aridité mensuelle**

L'indice d'aridité mensuel I donné par la formule suivante :

$$I = 12.P/T + 10$$

Avec:

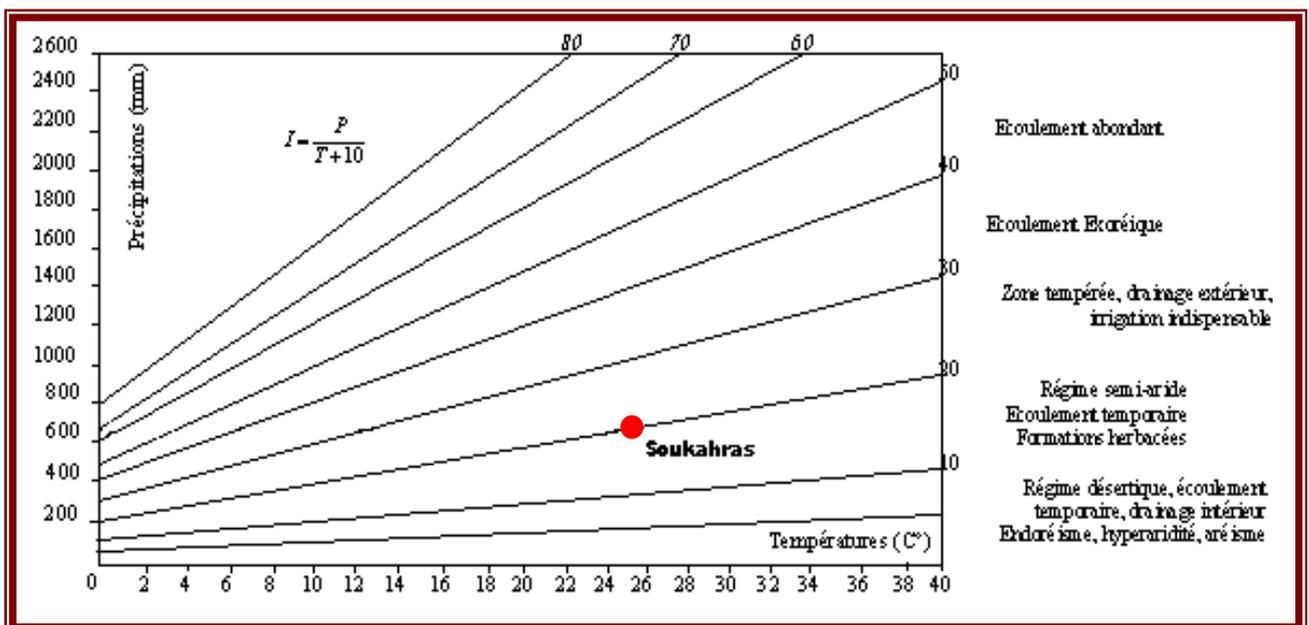
P : précipitation mensuelle moyenne (mm)

T : température mensuelle moyenne ( $^\circ\text{C}$ )

**Tableau N° 14: Indice d'aridité mensuel dans la station de Souk-Ahras (1986/2007)**

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Août
<b>I</b>	13.01	15.28	34.19	61.86	69.31	50.27	35.86	35.41	25.15	8.79	2.87	9.26

D'après les résultats présentés dans le tableau (N°14), on remarque qu'au mois de Novembre, Décembre, Janvier, Février, Mars, Avril le climat est humide, au mois de Mai le climat est tempéré, le mois de Septembre et Octobre le climat est sec. Alors que, du mois de Juin et Août le climat est très sec, par contre le mois de Juillet est Hyper aride.



**Figure N°21 : Climagramme Martonne**

#### IV Le Bilan hydrique

Le bilan hydrique exprime le processus que suit une quantité d'eau arrivant au sol par précipitation ou neige avant de se retourner à l'atmosphère.

Le bilan hydrologique naturel peut se calculer par la formule suivante (Castany 1982) :

$$P = ETR + R + I$$

- ETR : l'évapotranspiration annuelle (mm).
- I : infiltration.
- P : précipitation.
- R : ruissellement.

#### IV.1 Etude de l'évapotranspiration

C'est un terme important du cycle hydrique qui résulte de deux phénomènes, l'un physique (l'évaporation), l'autre biologique (la transpiration); l'évapotranspiration est fonction de plusieurs facteurs (l'humidité, la température, l'insolation et la couverture végétale).

##### IV.1.1 Estimation de l'évapotranspiration potentielle : (ETP)

Pour l'estimation de l'ETP, on utilise la formule de Thornthwaite.

$$ETP \text{ (mm/mois)} = 16 (10T / I)^a \cdot k$$

$$i = (T/5)^{1.514}$$

$$I = \sum i \quad a = (1.6/100) I + 0.5$$

- $T$  : température moyenne du mois considéré en  $^{\circ}C$
- $ETP$  : évapotranspiration potentielle du mois considéré en mm.
- $K$  : coefficient de correction de l'altitude.
- $i$  : indice thermique mensuel.
- $I$  : indice thermique annuel.

##### IV.1.2 Estimation de l'évapotranspiration réelle: (ETR)

Les pertes d'eau d'un sol atteignent l'ETP si elles sont supérieures ou égales au stock d'eau de la RFU.

En cas d'insuffisance elles sont limitées à une quantité plus petite, cette limite est appelée l'évapotranspiration réelle (G. Castany). Cette estimation se fera à partir des formules de Turc, de Coutagne, et de Thornthwaite.

#### IV.1.2.1 Formule de Turc: (Annuelle)

Cette formule permet d'évaluer directement l'ETR annuelle d'un bassin à partir de la hauteur annuelle de pluie et de la température moyenne annuelle.

$$\text{ETR} = P / (0.9 + P^2 / L^2)^{1/2} \text{ (mm/an)}$$

- $L = 300 + 25T + 0.05 T^3$  (facteur qui tient compte des échanges de chaleur) ;
- $P$  : Précipitation moyenne annuelle en mm ;
- $T$  : Température moyenne annuelle en  $^{\circ}\text{C}$ .

#### IV.1.2.2 Evapotranspiration réelle par la formule de Thornthwaite

Pour l'établissement du bilan mensuel on utilise l'évapotranspiration potentielle et réelle moyenne par la méthode de C.W. Thornthwaite.

Ce bilan repose sur l'hypothèse suivante :

- La satisfaction de l'ETR est prioritaire sur l'écoulement.
  - Le calcul de  $\Rightarrow$  l'ETR peut s'effectuer suivant deux cas :
- 1<sup>er</sup> cas :  $P > \text{ETP} \Rightarrow \text{ETR} = \text{ETP}$  on a alors un excédent.
- 2<sup>ème</sup> cas :  $P < \text{ETP} \Rightarrow \text{ETR} = P + \text{RFU}$ .

Sur le tableau suivant (N° 15) figurent les valeurs de l'ETR en (mm) et en (%) d'après les deux méthodes (L. Turc) et (Thornthwaite) d'où on remarque une différence nettement distincte.

**Tableau N° 15 : Résultats de l'ETP et ETR**

Méthode	ETR (mm)	ETR (%)
Thornthwaite	395,16	60.46
Turc	548.28	83.87

#### IV.2 Estimation des réserves facilement utilisables (RFU)

Elle présente la quantité d'eau emmagasinée dans le sol, son degré de saturation dépend de plusieurs facteurs :

- la nature, la lithologie et l'épaisseur de la couche superficielle ;
- la profondeur du niveau piézoélectrique de la nappe aquifère ;
- le climat de la région ;
- le type de la couverture végétale.

La RFU pour la région de Souk-Ahras, en tenant compte de tous ces facteurs seraient de 46 mm.

### IV.3 Indice thermique mensuel

Cet indice est calculé à partir de la température moyenne mensuelle (t) du mois considéré.

$$i = (t/s).1.5$$

### IV.4 Indice thermique annuel

C'est la somme des indices mensuel des 12 mois de l'année.

$$I = \sum i$$

### IV.5 Répartition des précipitations

#### IV.5.1 Calcul du ruissellement

Le ruissellement (**R**) peut être calculé par la formule suivante d'après (Tixeront Berkallof):

Avec la condition de  $P < 600$  mm

Avec :

- **R** : ruissellement en m ;
- **P** : précipitation moyenne mensuelle en m ;
- **ETP** : évapotranspiration potentielle en m.

**Tableau N°16 : Récapitulatif des résultats de l'ETR, R, I, pour les différentes périodes**

Périodes	Pr (m)	ETP (m)	R (m)	R (%)
1986/2007	0.653	0.834	0.133	20.43
1996/2007	0.71	0.852	0.164	23.14
2000	0.469	0.866	0.045	9.77
2003	0.972	0.904	0.375	38.53

#### IV.5.2 Calcul de l'infiltration :

D'après le bilan hydrologique l'infiltration efficace peut être calculer comme suit :

$$P = ETR + R + I$$

Avec :

$$I = P - R - ETR$$

En examinant les résultats du tableau (16) on distingue que :

➤ **Période 1986 /2007**

La lame d'eau précipitée d'environ 653.7 mm, plus de 50.84% est évapotranspirée (332.72 mm), pour le volume infiltré aboutissant aux nappes souterraines, il est de 133 mm (20.43%), qui varie fortement avec la nature des terrains. Le ruissellement est plus important que l'infiltration 188 mm (29 %), ceci est du à la présence des pentes dans le terrain traversé ainsi que la nature du terrain.

➤ **Période 96/2007**

Sur un total précipité de 710 mm, (46.62%) d'eau est évapotranspirée (331), l'eau ruisselée est moins importante que celle infiltrée avec 164 mm (23.14 %) et 215 mm (30 %) respectivement et cela revient à la nature du terrain de la région.

➤ **Période pluvieuse 2003**

La lame d'eau précipitée est d'environ (972 mm), 31 % est évapotranspirée (301 mm), une grande quantité de cette eau ruisselle qui est de l'ordre de 375 mm (38.53 %) et le reste de 296 mm (30 %) rejoint les eaux souterraines par infiltration à travers les formations perméable de la région.

➤ **Période sèche 2000**

La lame d'eau tombée 469 mm est évapotranspirée à 93.6% et ne laisse qu'une petite part à l'infiltration est au ruissellement ce qui reflète réellement l'année sèche.

Le tableau suivant montrent les bilans hydriques à la station de Souk-Ahras pour une période de 21 ans, 11 ans, année pluvieuse et année sèche, allant de l'année 86 jusqu'au 2007.

**Tableau N°17 : Bilan hydrique global d'après la méthode de Thornthwaite (1986-2007)**

Mois	T °C	i	K	Pr	ETP	BH	RFU	ETR	Def	Exc
Sep	22.3	9.6	1.03	35.1	103.7	-68.7	0	35.1	68.7	0
Oct	18.1	7	0.97	35.8	68.9	-33.1	0	35.8	33.1	0
Nov	12.6	4	0.86	64.3	33.1	31.2	31.2	33.1	0	0
Dec	8.9	2.4	0.81	97.4	17.5	79.9	46	17.5	0	65.1
Jan	7.3	1.8	0.87	99.8	13.5	86.3	46	13.5	0	86.4
Fev	8.1	2.1	0.85	75.6	15.5	60.1	46	15.5	0	60.1
Mar	10.5	3.1	1.03	61.2	29.2	32	46	29.2	0	32
Avr	12.7	4.1	1.10	67.0	43.1	23.9	46	43.1	0	23.9
Mai	17.5	6.7	1.21	57.7	81.3	-23.6	22.4	81.3	0	0
Jui	21.8	9.3	1.22	23.3	118.1	-94.8	0	45.7	72.4	0
Jul	25.6	11.9	1.24	8.5	156.9	-148.4	0	8.5	148.4	0
Aou	26.4	12.4	1.16	28.1	154.1	-126	0	28.1	126	0
Tot		<b>72.3</b>		<b>653.6</b>	<b>834.79</b>	<b>-181.19</b>		<b>386.23</b>	<b>448.56</b>	<b>267.37</b>

Avec

- **T** : température mensuelle en C<sup>0</sup>
- **Pr** : précipitation mensuelle en (mm)
- **i** : indice thermique
- **RFU** : réserve facilement utilisable en (mm)
- **k** : coefficient de latitude
- **ETR** : évapotranspiration réelle en (mm)
- **ETP** : évapotranspiration potentielle en (mm)
- **Def** : déficit agricole en (mm)
- **BH** : Bilan Hydrique
- **EXC** : excédent en (mm)

Formules de vérification:

$$P = \sum ETR + \sum EX \quad \text{A.N: } P = 386.23 + 267.37 = 653.6$$

$$ETP = \sum ETR + \sum DA \quad \text{A.N: } ETP = 386.23 + 449.56 = 834.79$$

#### IV.6 Commentaire sur le bilan hydrique (Bilan hydrique global)

Le bilan hydrique nous a permis d'évaluer la part de chaque paramètre hydrologique. La figure ci-dessous (Figure N°22) illustre les résultats du tableau (18) sur 21 ans (1986/2007), sur le bilan de Thornthwaite, qui nous permet une lecture simple des différents éléments du bilan.

D'après l'établissement de ce bilan on a pu tirer ces quelques conclusions :

- Le déficit agricole se remarque à partir du mois de Mai et se poursuit jusqu' Octobre, période pendant laquelle la RFU est épuisée, on aura aussi un excédent qui varie de 0,00 mm au mois de Novembre à 86.4 mm au mois de Janvier puis il se diminue à 23.9 mm au mois d'Avril revenant à 0,00 à partir du mois de Mai.
- Les hauteurs de précipitation atteignent leurs maximums au mois de Septembre (99.8 mm) où l'ETP atteint en Janvier un minimum (13.5 mm)
- L'ETP atteint son maximum au mois de Juillet (156.9 mm) où les précipitations atteignent (64.9 mm).

Pendant le mois de Novembre le stock se reconstitue où la RFU atteint son maximum (46 mm) au mois de Décembre, puis demeure jusqu'au mois de Mai ensuite diminue jusqu'à l'épuisement total (Juin).

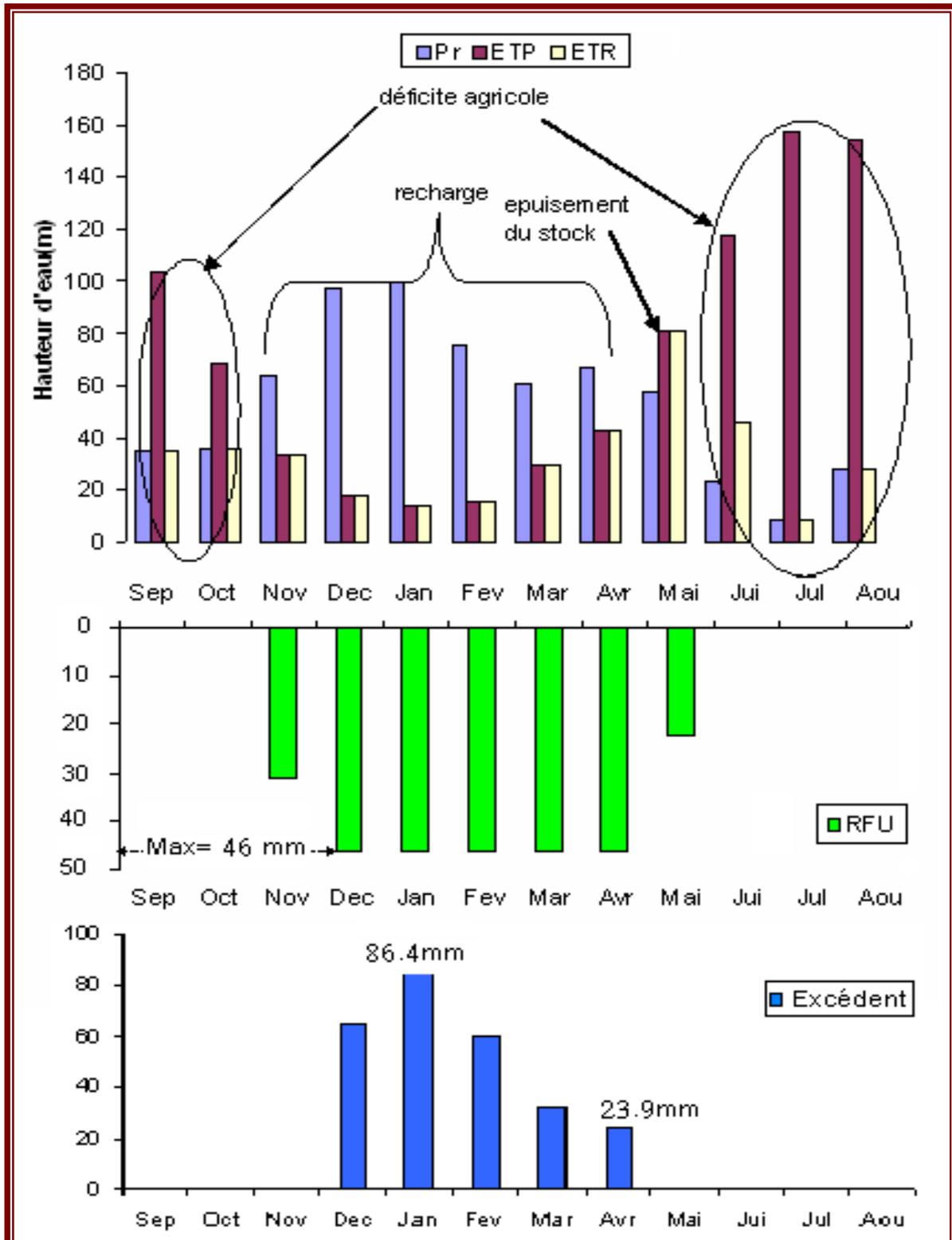


Figure N°22 : Représentation graphique du bilan de Thornthwaite dans la station de Souk Ahras (1986/2007)

## **VI. Conclusion**

L'étude hydroclimatologique nous a permis de conclure que notre zone d'étude est caractérisée d'un climat semi-aride. La pluie n'est pas homogène sur toute la surface de la zone, les apports diffèrent d'une zone à une autre, elles sont sous la dépendance de deux facteurs essentiels la latitude et l'altitude. Le mois le plus pluvieux est Janvier avec valeur d'ordre de 99.82 mm. Les températures moyennes annuelles sont de l'ordre de 16.01 °C. Quant au régime thermique nous avons deux saisons : Une saison chaude qui va de Mai à Octobre, à laquelle s'oppose une saison froide qui va de Novembre à Avril. Ceci se manifeste par une période de haute eau qui va de Décembre jusqu'à Avril.

Pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle, nous constatons que les résultats obtenus par les différentes méthodes sont très proches et à la limite, on ne peut que les comparer.

L'estimation du déficit d'écoulement moyen selon les différentes méthodes est égal à 471.50 mm soit 73,37 % de P.

Le ruissellement calculé selon la méthode de Tixeront Berkaloff est égal à 133 mm soit 20.43 % de P, et l'infiltration est égale à 67,63mm soit 12,70 % de P. cependant, le bilan moyen annuel de l'écoulement montre un écoulement égal à 53,02 mm.

# *Chapitre IV*

## *Hydrogéologie*

## I. Introduction

Le but de l'étude hydrogéologique est de déterminer le mode de gisement la nature et les ressources en eaux souterraines des aquifères de la région de Souk-Ahras.

Dans une partie très généralisée de zone d'étude, on trouve une unité hydrogéologique surtout, qui constitue, en de nombreux points, un aquifère qui agit hydrauliquement comme s'il était tout relié donnant l'impression d'une seule unité, le Mio-Pliocène-Crétacique supérieur, tout en moins lorsque cette dernière formation est sous-jacente de la première.

## II. Aperçu sur les aquifères

La région d'études est caractérisée essentiellement par deux nappes principales et autres secondaires se localisent génialement au Sud du chef-lieu de wilaya de Souk-Ahras.

Les conditions hydrogéologiques de notre zone d'étude sont déterminées par leur structure géologique et tectonique, par la nature de relief et de climat, elles dépendent de l'alternance des zones d'alimentation de transit et de décharge des horizons aquifères, de la présence des zones de fractures conduisant et filtrant de l'eau, de la présence des eaux thermales à composition chimique variée.

Comme la cité (L. David) dans son ouvrage "Etude géologique de la haute Medjerda" : « Si les sources ne sont pas rares dans les monts de la haute Medjerda, elles disparaissent le revers sud chaîne ou le climat devient plus ride ».

En raison de la diversité de terrains rencontrés, de la faible étendue, les émergences sont généralement peu abondantes, voire temporaires.

### II.1. Les principaux aquifères

#### II.1.1 Horizons aquifères dans les massifs de diapirs

Le rôle des roches enclavant de l'eau (ou collecteurs) est de gros blocs de calcaire poreux et de dolomite cellulaire. Les horizons qui s'y forment se déchargent dans les zones de fractures ou dans les surfaces de contact avec les roches Crétaciques sous forme des sources ayant le débit de 0.1- 0.3 l/s.

#### II.1.2 Horizons aquifères dans le calcaire des étages campanien et Maastrichtien

Ils ont la teneur en eau la plus élevée, le calcaire fissuré et poreux gisant sur la marne imperméable à l'eau contient de l'eau pur ayant un bon goût et qui est déchargée grâce aux sources avec le débit de 0.5-1.0 l/S. Les sources les plus puissantes des dits horizons alimentent des localités.

### II.1.3 Horizons aquifères dans les sédiments du miocène et du pliocène

Ils se rapportent aux grès et conglomérats ayant de bonnes propriétés filtrantes .ils sont déchargés grâce aux sources avec le débit de 0.2-1.5 l/s, suivant les surfaces de contact avec les masses argileuses et marneuses d'au-dessous.

### II.1.4 Les Sources thermales

Elles se rapportent aux zones de fractures dans les roches Crétaciques (par exemple: la source HAMMAME pré de la route Souk-Ahras-Tébessa).

Dans les dépôts quaternaires, on constate des nappes d'eau suspendues qui sont observées dans des Diluviums-Eboilis et des Proluviums.

Leur teneur en eau n'est pas importante et est soumise aux brusques fluctuations saisonnières. Un horizon aquifère stable se développe dans les dépôts alluviaux.

Dans l'alimentation de l'horizon alluvionnaire participent, en dehors des eaux de ruissellement (oueds) et des précipitations atmosphériques, des eaux des fissures du calcaire Crétacique ainsi que des eaux minérales qui montent suivant les fractures dans le fond des vallées.

Les horizons aquifères les plus constatés et les plus importants sont localisés dans les barres calcaires, exception faite pour ceux des formations grasseuses du « Numidien » et du miocène.

Localement les sédiments triasiques renferment de faibles quantités d'eau toujours chargées de sels minéraux à cause de la présence de gypse et de sel, cette eau donne naissance à des oueds Malah (rivières salées).

Seuls les calcaires bleus dolomitiques produisent parfois un peu d'eau potable.

- les calcaires du Turonien et les deux barres calcaires du Sénomien reposent toujours sur l'importantes assises marneuses, leur surface est aride mais absorbe une grande quantité d'eau par les innombrables fissures, il s'y constitue une réserve aquifère et un niveau d'émergence à leur base. Le degré hydrotimétrique est élevé mais l'eau reste généralement potable car les montagnes calcaires ne sont pas peuplières ou très peu.

- Des émergences du même type sortent des calcaires éocènes, surtout des calcaires à grandes nummulites, au contact des marnes paléocènes.

- L'eau qui s'accumule dans les sédiments gras du « Numidien » forme des sources d'affleurements au niveau des masses argileuses intercalées ou bien sur les marnes crétacées sous-jacentes. Jamais d'un grand débit, elles s'alignent en chapelets dans les monts de **Lamy** et de **Mahboub**. Souvent elles sont ferrugineuses et sortent du pied de grands Cônes d'éboulis installés au bas des pentes.

Les zones sablo grasseuses du miocène inférieur sont également aquifères lorsque leur puissance suffisante; l'eau y est de bonne qualité, aussi les synclinaux miocènes constituent-ils les gîtes les plus intéressantes de la contrée.

- Les formations plus récentes n'ont que peu d'importance du point de vue hydraulique:
- Les dépôts pliocènes ne comptent guère; les terrasses de la Medjerda ne sont pas assez développées pour garder une réserve d'eau: quant au Quaternaire des hautes plaines, les alluvions perméables sont peu épaisses, parfois discontinues, souvent recouvertes d'une coûte calcaire de la wilaya de Souk-Ahras.

## II.2 Interprétation de la carte Hydrogéologique

L'analyse de l'environnement hydrogéologique permet d'identifier la nature des matériaux et les structures des formations existantes ainsi que les ressources souterraines. La région d'étude est caractérisée par des formations allant du Trias jusqu'au Quaternaire constituées, généralement, par des calcaires, des argiles, des marnes, des grés et des cailloutis.

Les caractéristiques hydrogéologiques des différentes zones de la wilaya de Souk-Ahras sont représentées comme suit (figure N°23).

### II.2.1. Zone A

C'est la zone montagneuse au Nord-est de la wilaya. La partie majeure de cette zone est constituée d'argiles rouges numidiennes, sur lesquelles reposent des grés peu permiables. Ces grés sont fragmentés en nombreux panneaux indépendantes. Les sources sont nombreuses, mais leurs débits sont faibles et comme les réserves sont toujours réduites elles tarissent fréquemment en été (période du déficit hydrique). On trouve aussi des affleurements des marnes et calcaires marneux du crétacé supérieur et l'éocène, quasiment imperméables sauf quelques bancs calcaires éocènes qui donnent naissance à de petites sources.

### II.2.2 Zone B

C'est la zone de plaines et de collines. Elle comportant essentiellement une succession d'épaisses séries marneuses et de calcaires du crétacé supérieur. Dans le creux des synclinaux se trouvent des argiles et grés miocènes et des formations de cailloutis, argiles sableuses, limons (**B'** sur la carte). Les structures synclinales du crétacé supérieur peuvent contenir des nappes aquifères alimentées par des infiltrations sur les calcaires eux-mêmes, les grés et sables miocènes et les alluvions du Quaternaire lorsque ces différentes formations sont en contact. Quant les calcaires sont trop profonds, il est probable qu'ils ne sont plus assez karstifiés pour avoir une bonne perméabilité d'ensemble. Des nappes phréatiques s'établissent dans les formations quaternaires reposant sur les argiles miocènes. Ces nappes sont drainées par différents affluents de l'oued Medjerda et oued Cheref.

**II.2.3 Zone C**

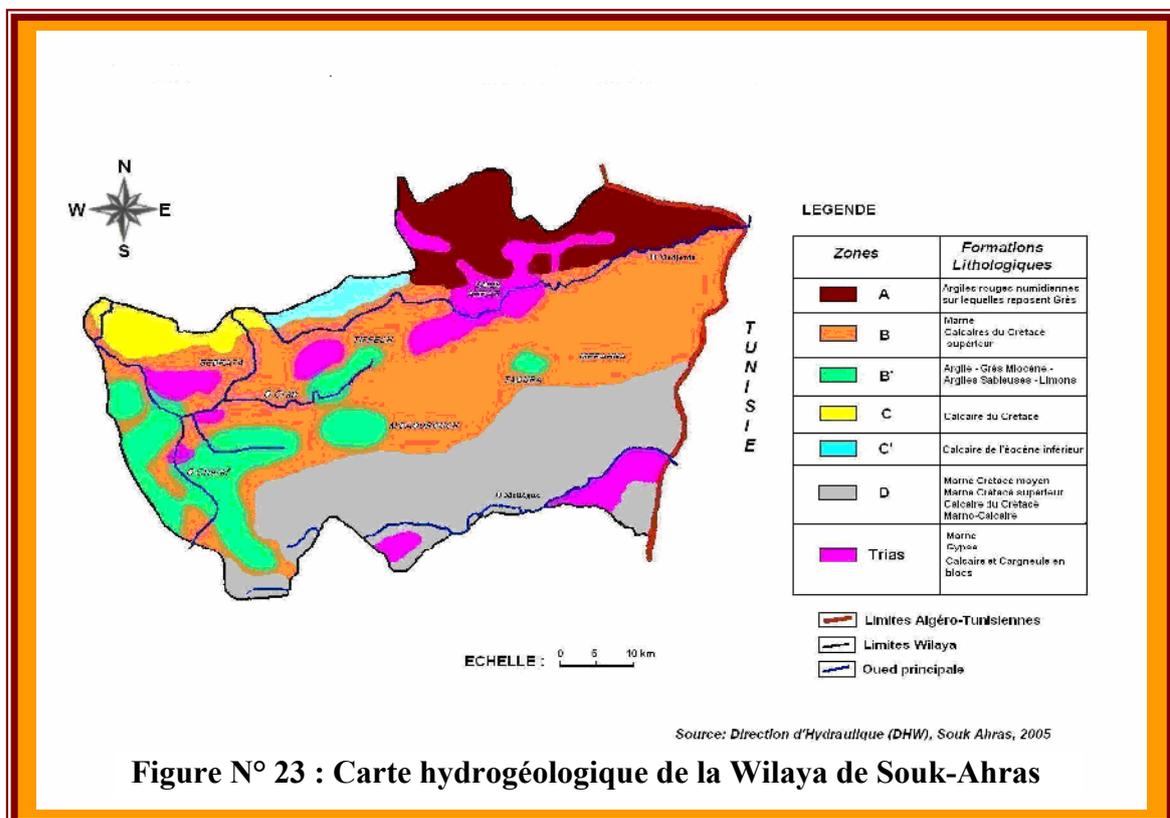
C'est la région Nord-Ouest de la wilaya. Cette partie est marquée par la présence de dalles calcaires du crétacé plus fractionnées et redressées que celles de la zone C', s'y ajoutent d'ailleurs des dalles calcaires de l'éocène inférieur qui présentent à peu près le même aspect. Des sources parfois assez importantes sortent des calcaires au contact des marnes pour la zone C', présence de dalles calcaires perchées sur des marnes et de nombreuses sources jalonnent le contact des calcaires et des marnes sous-jacentes.

**II.2.4 Zone D :**

C'est la zone des plaines des Oueds Kebarit et Mellègue au Sud de la wilaya. Pratiquement sur toute cette zone affleurent des marnes du crétacé moyen et supérieur. De plus la pluviométrie est faible (moins 350 mm), l'évaporation intense sali l'eau des oueds et de leur sous écoulement. Les chances de trouver l'eau en quantité suffisante et de bonne qualité dans des calcaires du crétacé inférieur ou les marno-calcaires turoniens sont très faibles.

**II.2.5 Zone des affleurements Triasiques**

Ces zones correspondent à des affleurements de marnes, gypses et roches plus résistantes (notamment calcaires et cargneules en blocs). Elles sont très pauvres en eaux souterraines, seuls quelques "blocs" calcaires de grandes dimensions (1 à 2 km<sup>2</sup>) renferment de petites nappes qui donnent naissance à de petites sources.



**Figure N° 23 : Carte hydrogéologique de la Wilaya de Souk-Ahras**

### III. Estimation des réserves des nappes

La connaissance des potentialités en eaux souterraines reste insuffisante du fait de l'absence des études régulières de prospection et d'évaluation.

L'estimation de la capacité des nappes est possible seulement pour la nappe captive de Taoura.

#### III.1 Le synclinal de Taoura

##### III.1.1 Localisation

Le synclinal de Taoura est situé au nord-est de M'Daourouch, entre les diapirs de Souk-Ahras et Ouenza. Il couvre une superficie de 585 km<sup>2</sup> (PNE 2006).

##### III.1.2 Description de l'aquifère

La nappe de Taoura est constituée par les formations calcaires du Maestrichtien, d'une épaisseur variant entre 50 et 110 m. Elles sont recouvertes par un remplissage d'âge Mio-Pliocène, qui a une faible importance du point de vue hydrogéologique. L'alimentation de la nappe se fait à travers le remplissage.

##### III.1.3 Les ressources potentielles

Les calcaires sont difficilement accessibles, du fait qu'ils constituent les reliefs de la région de Taoura. Cependant, quand ils ont pu être réalisés, les forages ont donné des débits compris entre 5 et 90 l/s.

Le PNE 1993 a estimé la ressource exploitable à 5.4 Hm<sup>3</sup>/an. Le PNE 2006 a procédé à l'estimation des ressources de l'ensemble des massifs calcaires compris entre les Monts de Tebessa, les Monts de Ain Beida, les Monts de Medjerda-Mellègue, ainsi que la partie septentrionale des Aurès. Pour l'ensemble de ces massifs, le PNE estime la ressource à 250 Hm<sup>3</sup>/an.

##### III.1.4 Exploitation de la nappe

Les cahiers de l'ABH(2002) font état de l'existence de 11 forages captant la nappe du synclinal de Taoura, totalisant un débit de 264 l/s (8.3 Hm<sup>3</sup>/an), entièrement destinés à l'AEP des villages de Taoura et Drea. (Voir Tableau 18)

Tableau N°18 : Récapitulatif des forages en exploitation dans le bassin de la Medjerda

Nb	Nom du forage	Commune	Nappe	Profondeur Aquifère		Caractéristiques des forages					Coordonnées Lambert		
				Ttoit (m)	Mur (m)	Diam. (mm)	Prof (m)	Qmax (l/s)	Niv Stat(m)	Qexp (l/s)	X	Y	Z
01	T7	Taoura	Taoura	180	211	340	211	30	87	24	977	330.75	870
02	T4BIS	Taoura	Taoura	229	350	340	350	33	60	33	978.1	329.75	865
03	T8	Taoura	Taoura	168	200	340	200	30	82	25	978.1	331.4	865
04	T15	Taoura	Taoura	10	60	340	60	4	12	4	966	321.78	680
05	T11	Zaarouria	H/Moussa	2	150	340	150	6	0.5	3	980.1	335.9	850
06	D1BIS	Drea	Djelail	127	272	340	272	6	13	4	971.05	327.3	825
07	D3	Drea	Tadjelte	80	106.5	310	106	25	18	25	966.7	325.3	820
08	D4BIS	Drea	O/Boukhill	94	146	240	146	100	55	90	969.6	325.55	850
09	D5	Drea	Elogla	43	100	340	251	10	86	10	973.95	323.3	880
10	D10	Drea	Drea	35	85	300	55	18	24	8	967.85	326.8	800
12	D9BIS	Drea	Boussessou	38	167	340	167	18	30	4	970.35	320.45	970
13	BK2	Ouilen	Boukebech	5	105	340	105	7	3.6	3	977.925	343.7	550
14	MS1	Heddada	Chef lieu	7	264	340	264	25	6.92	25	1006.8	340.5	825
15	MS2	Heddada	Bir Louhichi	60	125	300	130	15		12	1008.888	342.6	800
16	M9	Heddada	Bir Louhichi	20		300	130	6	18	4	990.88	336.6	615
17	M2BIS	Heddada	Bir Louhichi	58	130	340	130	36	6	15	1001.775	338.28	750
18	HOK2	Khedara	H O Kseiba		80	340	80	15	2.8	4	1005.1	348.65	780
19	KHG	Khedara	Medjerda	2.5	65	340	62	6	8.8	10	990.65	351.2	430
20	KH4	Khedara	Boumendjel	0	130	300		6	3	5	993.5	348	550
21	OLD1	O Driss	Ouled Driss	64	101	340	101	10	27	5	977.925	352.925	920
22	OLD5	O Driss	Ouled Driss	0	118	300	180	5		5	977.85	352.75	890
23	AZ1	Ain Zana	Ain Zana	25	100	300	100	10	24	6	991.9	358.6	990
24	MH1	Mechrouha	Mechrouha	38	70	340	100	8	36	5	961.3	350.55	910
25	MH3	Mechrouha	El Mazraa	25	60	340	60	5	4	5	959.05	355.06	940
26	EM2	Mechrouha	El M'Riss	70	150	240	150	16	8	16	966.85	345.15	912
27	TF4	Tiffech	Tiffech		100	340	100	15	10	15	953.2	331.85	990
28	RG1	Ragouba	El Hamria	35	150	240	150	8	36	8	948.8	328.4	936

#### **IV. Conclusion**

Les conditions hydrogéologiques sont caractérisées par la présence de la nappe aquifère dans les dépôts alluviaux et de plusieurs nappes aquifères dans les roches.

Les horizons aquifères dans le calcaire des étages Campanien et Maestrichtien du Miocène et du Pliocène ont la teneur en eau la plus élevée.

Dans les massifs de Diapirs, le rôle des roches enclavant de l'eau (ou collecteurs) est joué par de gros blocs de calcaire poreux et de dolomite cellulaire.

Les horizons qui s'y forment se déchargent dans la zone des fractures ou dans surfaces de contact avec les roches Crétaciques sous forme des sources ayant débit de 0.1 à 0.3 l/s.

L'étude des nappes calcaires est certes complexe, et l'évaluation de ressource difficile ; alors que le PNE dans les derniers temps a estimé la ressource exploitable plus de 11.5 Hm<sup>3</sup>/an

# Deuxième partie

## Etude quantitative

## et qualitative des ressources en eau

*Chapitre V*  
*Gestion*  
*des ressources en eau*

## I. Introduction

Il est clair qu'il ne peut y avoir de développement durable sans la maîtrise de la ressource en eau. Pour cette raison nous allons entamer dans cette partie la gestion de cette noble ressource d'une façon intégrée et rationnelle.

La notion de gestion intégrée par bassin versant a pour objectif d'améliorer la gestion actuelle de l'eau en favorisant une meilleure harmonisation entre les divers besoins et intérêts des communautés humaines et ceux des écosystèmes aquatiques. Elle intègre la protection de la santé publique, la sécurité des populations et de leurs biens (inondations), la protection de la faune et la restauration des habitats. De plus, elle vise un partage équitable des ressources aquatiques entre les différents usagers, dans une perspective de développement durable.

La mise en œuvre d'une gestion intégrée permettant de suivre l'état de satisfaction des besoins en eau actuels et futurs, des diverses catégories d'usagers résultant des conditions naturelles observées, des aménagements existants et d'un ensemble d'actions à caractère politique ou stratégique.

## II. Mobilisation des ressources en eau

### II.1 Les Eaux superficielles

La région d'étude contient trois types d'ouvrages de mobilisation des eaux superficielles qui sont: les barrages, les retenus collinaires et les seuils déversoirs (prises au fil de l'eau).

Le calcul du potentiel hydrique superficiel est basé sur l'apport annuel du réseau hydrographique fourni par les précipitations moyennes qui varient entre 400-850 mm/an.

**Tableau : N°19 : Potentialité des ressources en eau superficielles dans le bassin versant de la Medjerda**

Bassin	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Pluviométrie moyenne (mm) (st :12.01.01)	Apport (Hm <sup>3</sup> /an) (ANRH.2002)	Apport (Hm <sup>3</sup> /an) (PNE.1992)	Apport (Hm <sup>3</sup> /an) (DHW.2009)
Medjerda	1411	653.60	47.5	57.31	61

Source : DHW et ABH.CSM

### II.1.1 Les Barrages

Le bassin de Medjerda situé dans une région à vocation agricole et en plus elle est trop agglomérée, ce qui fait la construction des barrages est indispensable, il compte quatre barrages, dont deux sont en exploitation et les deux autres sont en projet.

#### II.1.1.1 Barrages en exploitation

##### A) Barrage Ain Dalia

L'ouvrage le plus important dans ce bassin est celui de Ain Dalia (1987 par l'ANB); il est réalisé en aval de l'oued Medjerda dans un sous bassin d'une superficie de 193 km<sup>2</sup>, ce barrage mobilise 82 Mm<sup>3</sup>, dont un volume régularisable de 45 Hm<sup>3</sup>. Ce barrage représente la principale source d'alimentation en eau potable du chef lieu de la wilaya de Souk-Ahras; avec un volume actuel prélevé autorisé à 75000 Hm<sup>3</sup>/j, et d'autre partie du débit régularisée est transférée vers le Nord de la Wilaya de Tebessa où l'eau est utilisée pour les besoins ménagers.

##### B) Barrage de Tiffech

Réalisé sur l'oued Tiffech avec un volume total de 5.8 Hm<sup>3</sup> dont 2.6 Hm<sup>3</sup> régularisable, permettant l'irrigation d'un périmètre de 380 Ha dont 200 Ha sont déjà équipés.

#### II.1.1.2 Barrages en projets

##### A) Barrage de l'Oued Djedra

Occupant une superficie de 150 Km<sup>2</sup>, d'une capacité de 23 Hm<sup>3</sup> où les eaux de ce barrage est destinée à l'AEP de la ville de Souk-Ahras suite à la réalisation d'une station de traitement, alors que les eaux de Ain Dalia et le transfert à partir de Oued Chouk, serviront à l'AEP du Sud de la wilaya de Souk-Ahras et les wilayas de Tebessa et Oum el Bouaghi. Les études sont achevées.

##### B) Barrage de l'oued Er Rnem

Contrôle une superficie de 226 Km<sup>2</sup>, avec un volume utile de 20 Hm<sup>3</sup>, soit 1.5 fois les apports moyens annuels (14 Hm<sup>3</sup>). Cet ouvrage régularise 67% des apports soit 10 Hm<sup>3</sup>/an, destiné essentiellement à l'AEP des agglomérations avoisinantes et à l'irrigation des terres de la ville de Khedara.

### II.1.2 Les Retenues collinaires (RC)

Le bassin compte (08) retenues collinaires réalisées à travers les zones montagneuses d'une capacité de 0.57 Hm<sup>3</sup>, dont (02) seulement sont exploitées et une en cours de réalisation. Ces retenues sont destinées essentiellement à l'irrigation et à l'abreuvement du cheptel.

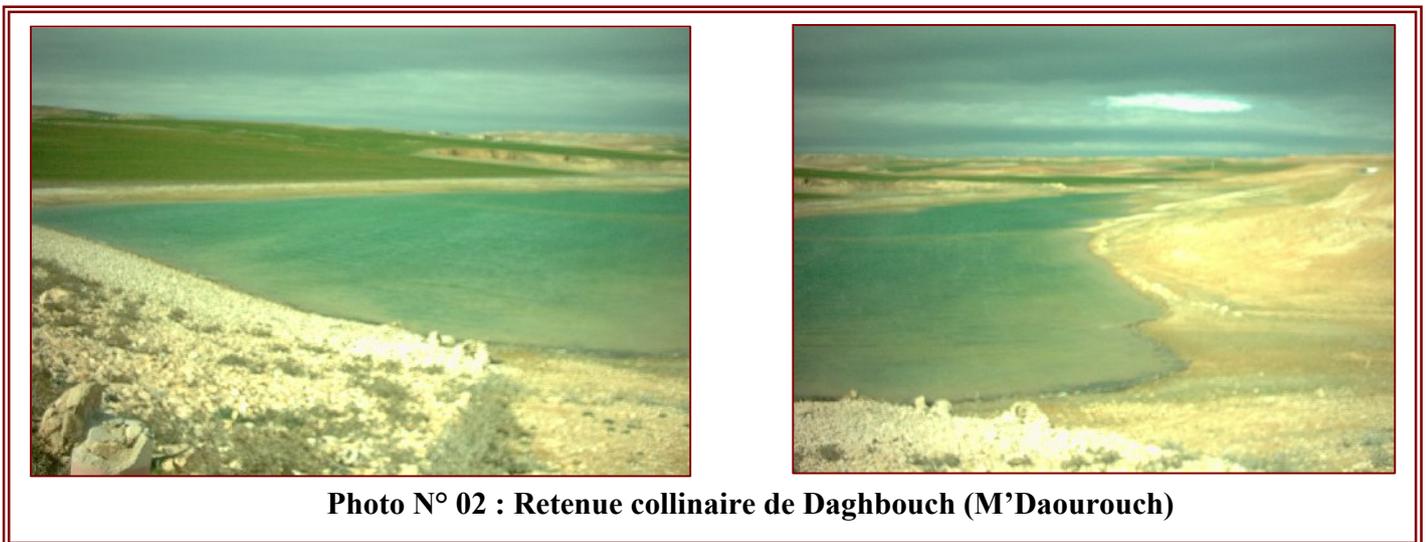
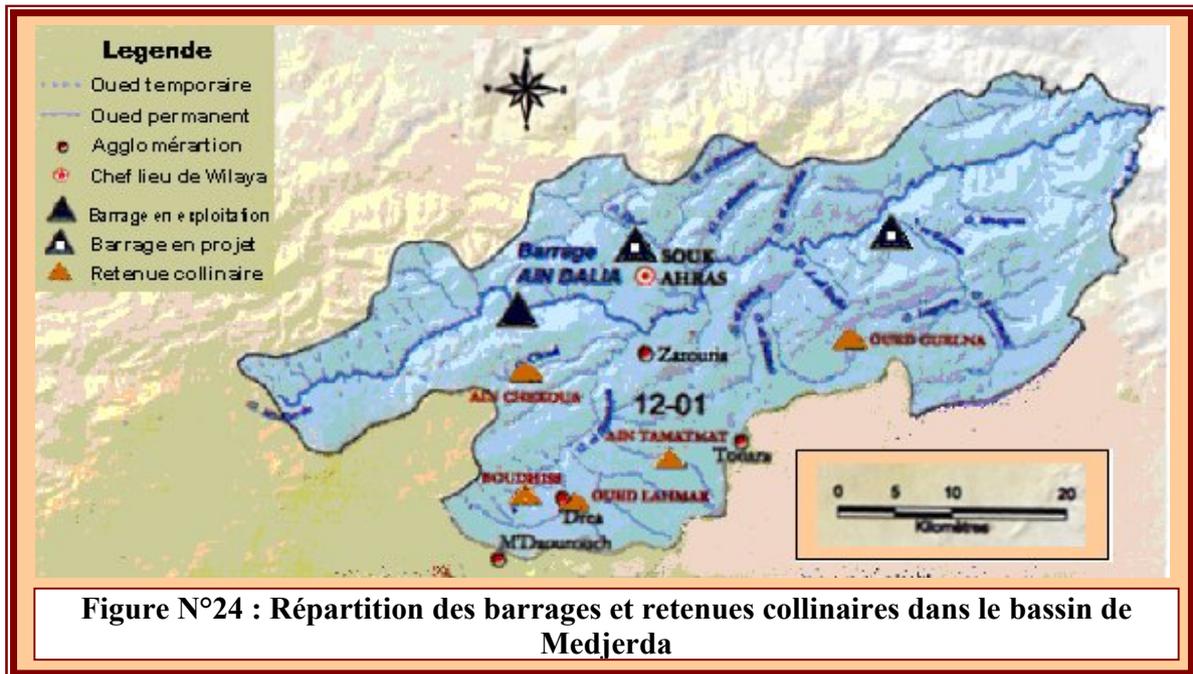
**Tableau N° 20 : Répartition des retenues collinaires dans le bassin de Medjerda**

Nom de (RC)	Commune	coordonnées		Sup. Irrigable (Ha)	Capacité (m <sup>3</sup> ).10 <sup>3</sup>	Destination	Etat	Année de réalisation
		X (m)	Y(m)					
Ain Tamatamat	Taoura	974.700	329.500	10	35	irrigation	bon	1985
Guelna	Ouillen	988.600	340.400	6	38	irrigation	bon	1988
Boukala	Hennancha	964.000	336.700	10	60	irrigation	envasé	1988
Ain Chekoua	Hennancha	962.300	335.700	11	57	irrigation	envasé	1986
El Bateun	Merahna	987.700	339.500	/	150	irrigation	En projet	/
EL Battanet	Merahna	989.500	340.000	19	110	irrigation	Envasé	1985
Boudhriss	Drea	963.000	325.500	/	50	irrigation	Envasé	1987
Drea Lahmar	Drea	967.100	325.200	/	88.5	irrigation	Envasé	1985
<b>Total</b>				<b>56</b>	<b>486</b>			

Remarque : Des retenues collinaires situées en milieu forestier, où leur utilisation, comme lutte contre le feu, beaucoup plus qu'en irrigation.

### II.1.3 Les Seuils déversoirs (SD): *fin du projet*

La construction de ce type d'ouvrage serve à barrer le lit du cours d'eau de Medjerda et établir un niveau élevé à l'endroit de la prise d'eau. à l'aval d'oued Medjerda. Il existe (03) seuils déversoirs dans deux sites déférents, dont (02) à Sidi Bader (Ouilen) équipés d'un périmètre d'irrigation de 150 Ha avec un apport annuel de 38 Hm<sup>3</sup> et l'autre à Sidi El Hemissi (Ouled-Moumen) pour 50 Ha avec un apport de 61 Hm<sup>3</sup>/an.



### II.1.4 L'importance de l'oued Medjerda dans la zone d'étude

La partie amont de l'oued Medjerda est utilisée comme source d'alimentation en eau potable et sa partie aval est un milieu récepteur des eaux usées épurées par la STEP (Ville de Souk-Ahras) et des eaux épurées naturellement qui sont utilisées pour irriguer les grands périmètres de Sidi Bader (Ouillen) et Derdoura (Zaarouria).

On peut définir Oued Medjerda comme le poumon de la ville de Souk-Ahras, il joue plusieurs rôles :

- Principale source d'alimentation en eau potable en amont de la ville (Barrage de Ain Dalia).
- Utilisé dans l'industrie et l'agriculture.
- Milieu récepteur : Tout les rejets se font dans oued Medjerda soit par la STEP ou directement.
- Bassin qui permet d'améliorer et d'étendre les périmètres d'irrigation par l'utilisation de ses eaux (Zaarouria, Sidi Bader, Sidi Hemissi). (Rouibia. 2010)

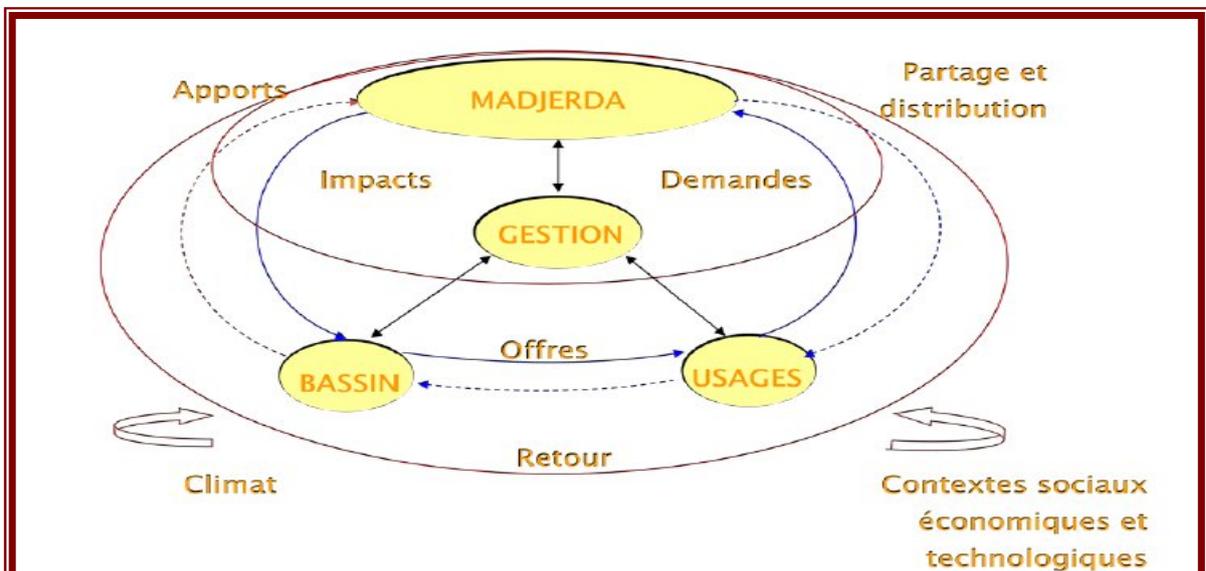


Figure N° 25 : Schéma synthétique de l'importance d'Oued Medjerda

## II.2 Les eaux souterraines

L'estimation des potentialités en eaux souterraines est possible seulement pour la nappe captive de Taoura (formations calcaires du Maestrichtien).

Les forages, les sources et les puits constituent l'ensemble des eaux souterraines, totalisant un débit de 16.78 Hm<sup>3</sup>/an, sont inventoriés dans les tableaux suivants.

**Tableau : N°21 : Potentialité des ressources en eau souterraines dans bassin le de la Medjerda**

Bassin Versant	Superficie Km <sup>2</sup> (DHW.S.A)	Potentialités des Nappes (Hm <sup>3</sup> )/an (selon PNE)	Prélèvements (Hm <sup>3</sup> )/an (selon ABH 2002)
Medjerda	1377	11.5	8.3

Source : ABH.CSM

### II.2.1 Les forages

Le nombre de forages existants et qui sont en exploitation dans le bassin de Medjerda est de (28), le tout est destiné à l'AEP, sauf un seul forage est destiné de temps en temps à l'irrigation des terres de la commune de Taoura, mobilisant un débit environ de 396 l/s soit 12.49 Hm<sup>3</sup>/ an.

Réellement il existe dans le bassin plus de ce nombre déclaré précédemment, mais ils ne sont pas encore exploités jusqu'à aujourd'hui, dont la plupart sont localisent dans la région de Taoura tel que les forages (T<sub>1</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>5</sub>, T<sub>6</sub>, T<sub>9</sub>, D<sub>2</sub>, DR<sub>1</sub>..).

Tableau : N°22 : Récapitulatif des forages dans le bassin versant de Medjerda

Nb	Nom du forage	Commune	Nappe	Débit Exploité (l/s)	Destination	Qualité d'eau	Etat actuel
01	T7	Taoura	Taoura	24	AEP	Bonne	Exploité
02	T4BIS	Taoura	Taoura	33	AEP	Bonne	Exploité
03	T8	Taoura	Taoura	25	AEP	Passable	Exploité
04	T15	Taoura	Taoura	4	AEP/ IRR	Passable	Exploité
05	T11	Zaarouria	H/Moussa	3	AEP	Moyenne	Exploité
06	D1BIS	Drea	Djelail	4	AEP	Bonne	Exploité
07	D3	Drea	Tadjelte	25	AEP	Bonne	Exploité
08	D4BIS	Drea	O/Boukhil	90	AEP	Moyenne	Exploité
09	D5	Drea	Elogla	10	AEP	Bonne	Exploité
10	D10	Drea	Drea	8	AEP	Bonne	Exploité
12	D9BIS	Drea	Boussessou	4	AEP	Moyenne	Exploité
13	BK2	Ouillen	Boukebech	3	AEP	Bonne	Exploité
14	MS1	Heddada	Chef lieu	25	AEP	Moyenne	Exploité
15	MS2	Heddada	Bir Louhichi	12	AEP	Moyenne	Exploité
16	M9	Heddada	Bir Louhichi	4	AEP	Passable	Exploité
17	M2BIS	Heddada	Bir Louhichi	15	AEP	Bonne	Exploité
18	HOK2	Khedara	H.O. Kseiba	4	AEP	Moyenne	Exploité
19	KHG	Khedara	Medjerda	10	AEP	Moyenne	Exploité
20	KH4	Khedara	Boumendjel	5	AEP	Passable	Exploité
21	OLD1	O Driss	Ouled Driss	5	AEP	Moyenne	Exploité
22	OLD5	O Driss	Ouled Driss	5	AEP	Moyenne	Exploité
23	AZ1	Ain Zana	Ain Zana	6	AEP	Bonne	Exploité
24	MH1	Mechrouha	Mechrouha	5	AEP	Bonne	Exploité
25	MH3	Mechrouha	El Mazraa	5	AEP	Bonne	Exploité
26	EM2	Mechrouha	El M'Riss	16	AEP	Bonne	Exploité
27	TF4	Tiffech	Tiffech	15	AEP	Bonne	Exploité
28	RG1	Ragouba	El Hamria	8	AEP	Bonne	Exploité
				<b>396</b>	<b>Source :( DHW, Souk-Ahras)</b>		

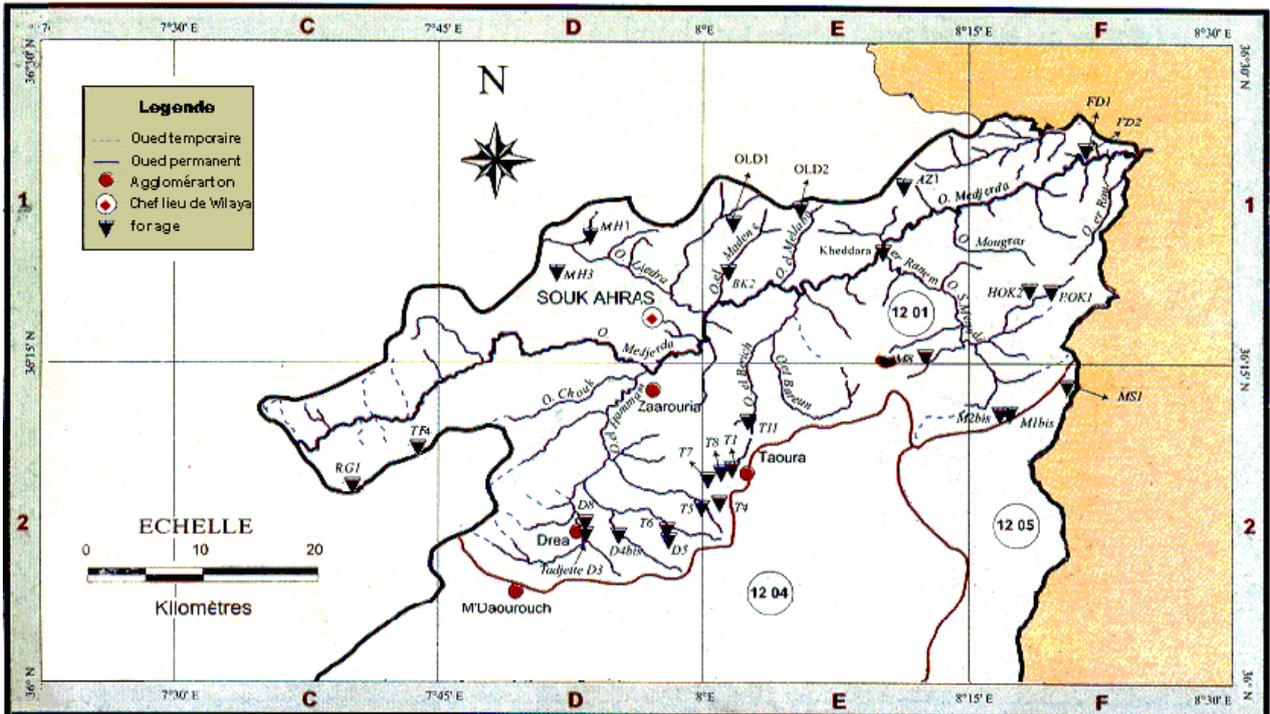


Figure N°26 : Localisation des forages dans le bassin de Medjerda



Photo N° 03 : Barrage de Ain Dalia

## I.2.2 Les sources

Les dix-neuf sources inventoriées au niveau du bassin sont destinées essentiellement à l'alimentation en eau potable des agglomérations éparses avec un débit exploité total de 51 l/s soit 1.61 Hm<sup>3</sup>/an

**Tableau : N°23 : Récapitulatif des sources exploitées dans le bassin de la Medjerda**

Nb	Dénomination	localisation	Commune	Débit Exploité (l/s)	Destination
01	El Bouaa	Ain Zana	Ain Zana	10	AEP Ain Zana
02	Ra El kaf	O. Moumen	O. Moumen	5.5	AEP Ras El Kef
03	El Foudh	El Foudh	O. Moumen	3	AEP Zones éparses
04	Ain Nouna	Djelail	Zaarouria	2	AEP Zones éparses
05	Ain Djelail	Djelail	Zaarouria		
06	Ain Meska	Djelail	Zaarouria		
07	Ain Melha	Djelail	Zaarouria		
08	Ain Derdoura	Djelail	Zaarouria		
09	Ain Gridjine	Zaarouria	Zaarouria	5	AEP Souk-Ahras
10	Ain Djemaa	Battoum	Taoura	7.5	AEP Zones éparses
12	Ain Hallouf	Battoum	Taoura		
13	Ain Gattar	Battoum	Taoura		
14	Ain Merzita	Battoum	Taoura		
15	Ain Bousessou	Bousessou	Drea	2	AEP Zones éparses
16	Ain Madour	Bousessou	Drea		
17	Ain Kd Hamra	Bousessou	Drea		
18	Ras El Oued	Ras El Oued	Ouled Driss	8	AEP Ras El Oued
19	Ain Chabb	Ain Chabb	M'Daourouch	8	AEP M'Daourouch
<b>Totale</b>				<b>51</b>	

Source : ( ABH.CSM)

Remarque : Il existe aussi une source thermale de Hammam Ouled Zayed (com.Ouled Driss) de 5 l/s à usage thermique et touristique. (Eau chaude qui sort des formations géologiques des calcaires de l'Eocène, mais en profondeur), et une autre moins importante de Hammam Tessa (Zaarouria).

## II.2.3 Les puits

Les mille vingt un (1021) puits collectifs et individuels déclarés par la DHW de Souk-Ahras sont estimés à un débit moyen de 0.5 l/s; avec un temps moyen de pompage de 4 hr / j, mobilisent un débit de 510.5 l/s. soit 2.68 Hm<sup>3</sup>/an, concédèrent que 70% du volume est dessiné à l'AEP et le reste pour l'AEA.

**Tableau : N°24 : Récapitulatif des puits exploités dans le bassin versant de la Medjerda**

Nb	Commune	Nb de Puits collectif	Nb de Puits individuel	Nb de Puits Ind et coll	Débit Exploité/ puit (l/s)
01	Taoura	00	22	22	0,5
02	Zaarouria	02	09	11	0,5
03	Drea	26	02	28	0,5
04	M'Daourouch	11	135	146	0,5
05	Raghouba	05	161	166	0,5
06	Tiffech	133	40	173	0,5
07	Souk-Ahras	15	12	27	0,5
08	Merahna	49	31	80	0,5
09	Ouillen	27	16	43	0,5
10	Khemissa	13	42	55	0,5
11	Mechrouha	06	00	6	0,5
12	Hennancha	08	00	8	0,5
13	Ouled Driss	-	63	63	0,5
14	Heddada	06	03	9	0,5
15	Khedara	10	07	17	0,5
16	Ain Zana	-	113	113	0,5
17	Ouled Moumen	13	41	54	0,5
<b>Total</b>		<b>324</b>	<b>697</b>	<b>1021</b>	<b>510.50</b>

Source (DHW. Souk-Ahras)

Remarques : Il existe un nombre assez important de forages, puits et sources dans la zone d'étude et leurs débits destinées aussi bien à l'AEP qu'à l'irrigation.

### II.3 Quantification des eaux superficielles et souterraines mobilisées dans le bassin de la Medjerda

Les barrages, les retenus collinaires, les forages, les puits et les sources constituant essentiellement l'ensemble des ressources en eau mobilisées, fourni un débit total de 64.45 Hm<sup>3</sup>/an (voir Tableau N° 25).

**Tableau : N°25 : Récapitulatif des ressources en eau mobilisées dans le bassin versant de la Medjerda**

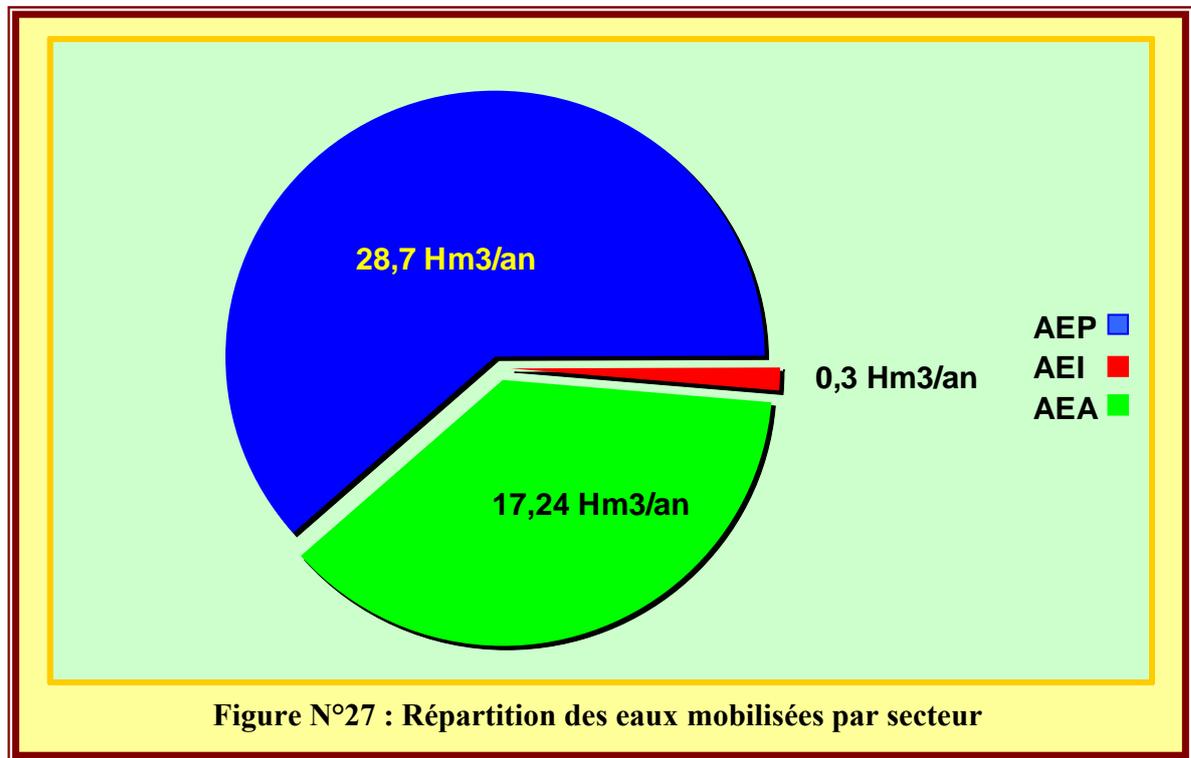
Eaux superficielles		Eaux souterraines		
Barrages (Ain Dalia) et (Tiffech)	Retenues collinaires	Forages	Puits	Sources
47.6 Hm <sup>3</sup> /an	0.073 Hm <sup>3</sup> /an	12.49 Hm <sup>3</sup> /an	2.68 Hm <sup>3</sup> /an	1.61 Hm <sup>3</sup> /an

### II.4 Affectation des ressources mobilisées par secteur

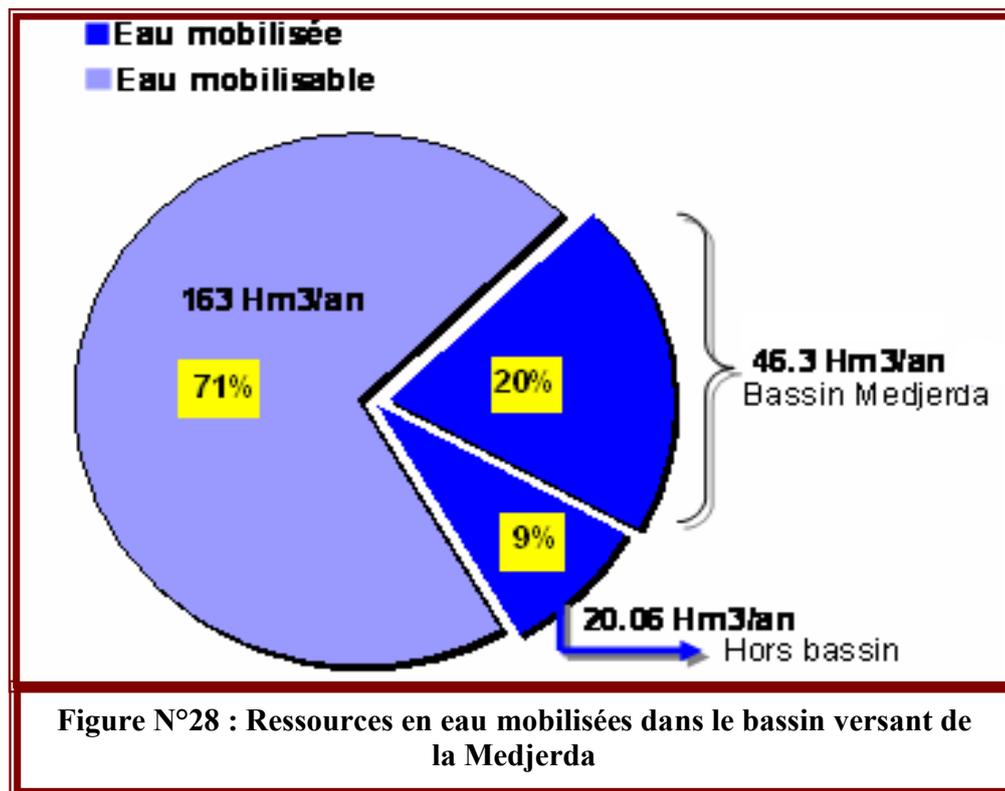
Les eaux mobilisées au niveau du notre bassin sont réparties en 03 secteurs d'utilisation qui sont:

- ⇒ **L'alimentation en eau potable (AEP):** la principale ressource a été fournie par le barrage de Ain Dalia avec un volume annuel environ de 12.85 Hm<sup>3</sup>, et d'autres quantités très importantes mobilisées à partir des ressources souterraines avec un volume de 15.91 Hm<sup>3</sup>; donc le tous est de 28.76 Hm<sup>3</sup>.
- ⇒ **L'alimentation en eau agricole (AEA):** ce secteur est alimenté par plusieurs types d'ouvrage de mobilisation, on cite les suivant :
  - Petit barrage de **Tiffech** : (2.60 Hm<sup>3</sup>/an)
  - Forages et puits soit : (2.77 Hm<sup>3</sup>/an) prélevé à partir du 02 petits bassin de Tiffech et Khedara (selon DHW Souk-Ahras) + 30% du total débit des puits soit : (0.80 Hm<sup>3</sup>/an)
  - Retenue Collinaire : tous les apports (0.07 Hm<sup>3</sup>/an)
  - STEP de Souk-Ahras : donne un volume qui peut dépasser 11 Hm<sup>3</sup>/an.
- ⇒ **L'alimentation en eau industriel (AEI):** ce secteur est alimenté soit à partir d'un réseau publique soit par leurs propres forages, avec un volume annuel atteint les 0.3 Hm<sup>3</sup>.



On admet que la valeur  $8.3 \text{ Hm}^3/\text{an}$  est la somme des débits prélevés à partir de la nappe de Taoura et le reste des débits ( $11 \text{ Hm}^3/\text{an}$ ) sont prélevés à partir des autres nappes existant dans le bassin. Le volume des ressources mobilisables dans notre bassin est estimé de plus de  $160 \text{ Hm}^3$ , ce dernier représente la somme des apports qui peuvent être fournis par les ouvrages de mobilisation (barrages, retenues collinaires et prises) qui se sont en service ou bien en cours de la réalisation.

Maintenant, on peut dire que le volume annuel des eaux mobilisées au niveau du bassin de la Medjerda est d'environ de  $66.36 \text{ Hm}^3$  soit 29 % du total ressources, contre  $162 \text{ Hm}^3$  des ressources mobilisables, représentant 71 %.



### III. Estimation des besoins en eau

Dans un premier temps, nous ferons les points sur la situation actuelle de l'approvisionnement en eau pour les trois secteurs, à s'avoir, l'alimentation en eau potable (AEP). L'alimentation en eau pour l'agriculture (AEA) et l'alimentation en eau industrielle (AEI); nous essayerons ensuite de suivre l'évolution des besoins des eau à long terme de (1998 - 2030) afin de les comparer avec les possibilités et les potentialités en eau et de faire sortir les écarts prévisibles entre offres et besoins en fonction du temps.

#### III.1 Besoins en eau domestique

La gestion des besoins en eau domestique sera traitée selon une approche par la demande, alors que les autres besoins étant basés sur l'offre disponible après la satisfaction des besoins en eau des populations.

L'estimation de ces besoins relève de l'exploitation des données et hypothèses relatives :

- A la démographie et aux projections de populations aux horizons du projet,
- Aux dotations unitaires et à leurs évolutions aux horizons du projet,
- Aux rendements des infrastructures et à leurs évolutions dans le temps.

### III.1.1 Accroissement et densité de la population en 2008

Le taux d'accroissement de la population et selon les deux derniers recensements s'élève à 2,29 %.

Les plus grands taux sont observés au niveau des communes de Taoura (3,74 %), Souk-Ahras (3,11 %) et M'Daourouch (2,96 %).

D'autre part, on enregistre des faibles taux au niveau des communes à caractère rural telles que Khemissa (0,94 %), Tiffech (0,66 %) et Ouled-Moumen (0,64 %).

**Tableau : N°26 : Répartition d'accroissement et densité de la population dans le bassin versant de Medjerda**

NB	Commune	Population 2008	Superficie Km <sup>2</sup>	Densités Hab/Km <sup>2</sup>	Taux D'accroissement
01	Souk-Ahras	153989	46,38	3320	3,11%
02	Khemissa	3546	35,00	101	0,94%
03	M'Daourouch	41201	160,00	258	2,96%
04	Tiffech	6298	148,00	43	0,66%
05	Ragouba	5115	110,00	47	1,24%
06	Taoura	18699	302,44	62	3,74%
07	Zaarouria	12769	161,00	79	1,70%
08	Drea	6394	200,00	32	1,32%
09	Merahna	13287	180,00	74	1,96%
10	Ouillen	6558	146,00	45	1,44%
11	Heddada	7353	176,00	42	2,07%
12	Khedara	8311	223,00	37	1,72%
13	Ouled-Moumen	4671	113,00	41	0,64%
14	Mechroha	21596	226,00	96	1,00%
15	Hennencha	15775	211,40	75	1,59%
16	Ouled-Driss	11271	89,41	126	1,90%
17	Ain-Zana	7330	159,39	46	0,89%
<b>Total</b>		<b>344163</b>	<b>2687,02</b>	<b>128</b>	<b>2,29%</b>

Source D.P.A.T Souk-Ahras

### III.1.2 Répartition de la population dans la région d'étude (2008)

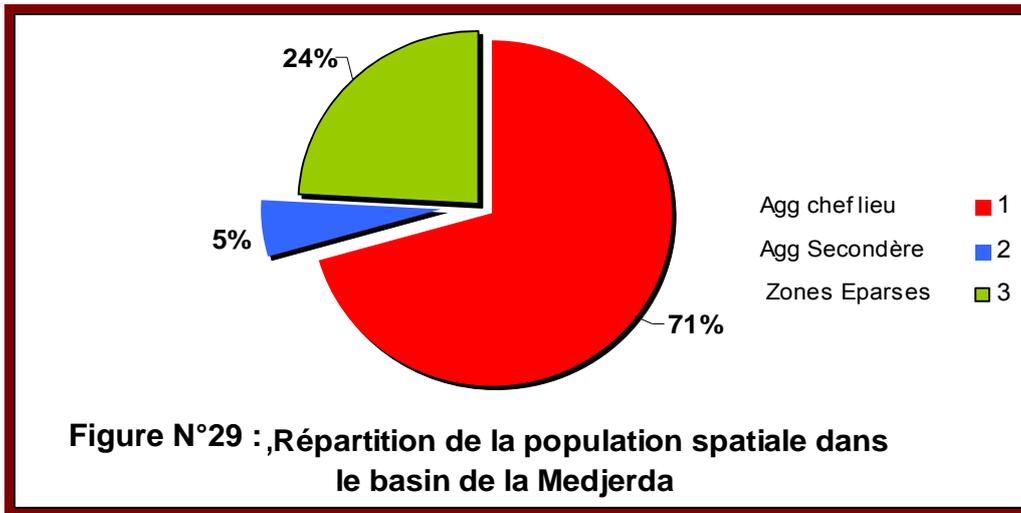
A travers ce tableau au dessous on observe une forte concentration de la population au niveau du chef lieu de wilaya avec une densité de 3320 habitants par Km<sup>2</sup>, alors que l'ensemble des agglomérations ne marque que 128 habitants par Km<sup>2</sup>.

En général, la population est concentrée au niveau des anciennes communes et à caractère urbain telles que : Souk-Ahras (3320 Hab /Km<sup>2</sup>), M'Daourouch (258 Hab./Km<sup>2</sup>) et Ouled-Driss ( 126 hab./Km<sup>2</sup> ).

**Tableau : N°27 : Répartition spatiale de la population dans le bassin de la Medjerda**

NB	Commune	Agglomération Chef Lieu	Agglomération Secondaire	Zone Eparsé	TOTAL
01	Souk-Ahras	152 213	0	1 776	153989
02	Khemissa	1 445	0	2 101	3546
03	M'Daourouch	36201	580	4420	41201
04	Tiffech	572	508	5218	6298
05	Ragouba	500	805	3810	5115
06	Taoura	11938	2614	4147	18699
07	Zaarouria	4962	1555	6252	12769
08	Drea	3510	0	2884	6394
09	Merahna	9730	0	3557	13287
10	Ouillen	741	1161	4656	6558
11	Heddada	4296	0	3057	7353
12	Khedara	3782	0	4529	8311
13	Ouled-Moumen	269	0	4402	4671
14	Mechroha	4343	8280	8973	21596
15	Hennencha	4338	1161	10 276	15775
16	Ouled-Driss	2516	1075	7 680	11271
17	Ain-Zana	1879	0	5 451	7330
<b>Total Bassin</b>		<b>243235</b>	<b>17739</b>	<b>83189</b>	<b>344163</b>

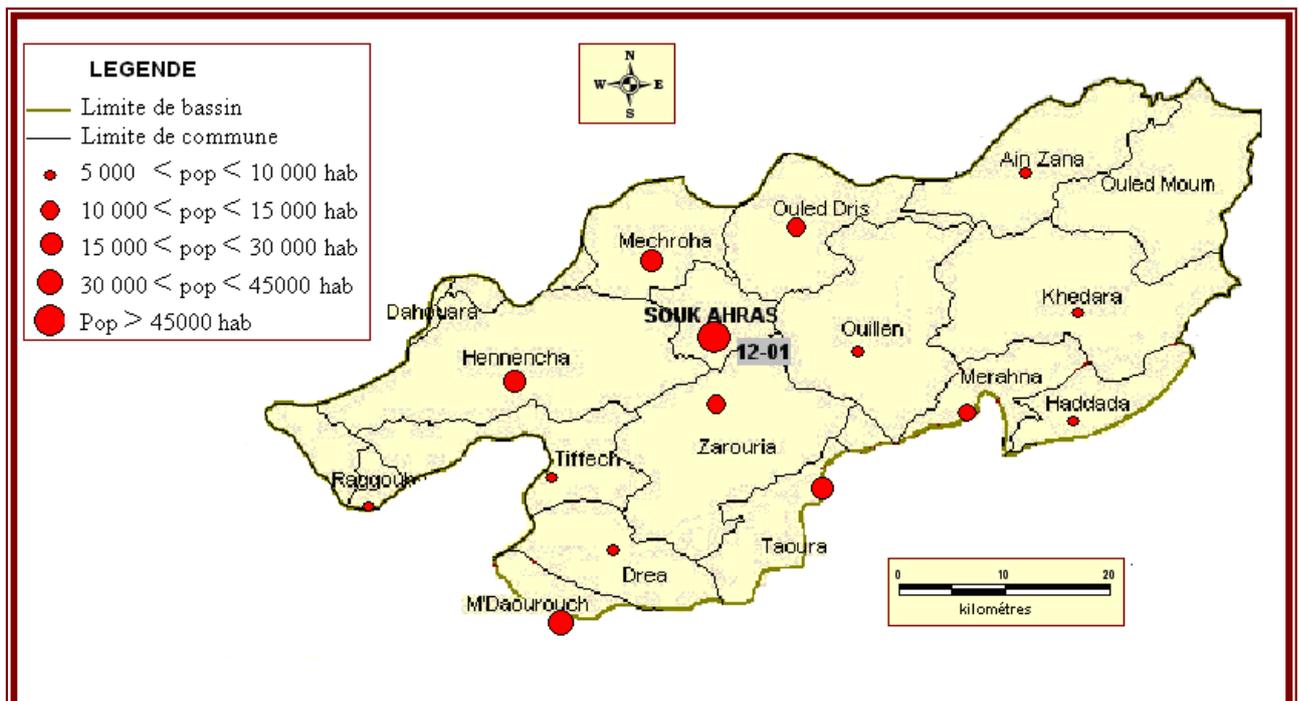
Source : D.P.A.T de Souk-Ahras



La population des agglomérations qui existe dans le bassin d'intérêt est composée comme suit :

- Agglomérations chef lieu des communes : 243235 hab, soit 71 % de la population totale.
- Agglomération secondaire : 17739 habitants soit 5 % de la population totale.
- Zone éparsée : 83189 habitants soit 24 % de la population totale.

Cette répartition indique fort bien la concentration de la population au niveau du chef lieu des communes c'est à dire en milieu urbain.



**Figure N°30 : Répartition des principales agglomérations dans le bassin de Medjerda**

### III.1.3 Evolution de la population dans la région d'étude

Pour évaluer l'évolution de la population à des horizons futurs on a appliqué la formule établie par les services des statistiques et de la population (O.N.S) soit:  $P_1 = P_n (1 + a)^n$ . Avec:

$P_1$  : Population à l'horizon voulu.

$P_n$  : Population à une année de référence.

$a$  : taux d'accroissement global moyen (1.67% calculé par une formule empirique).

$n$  : nombre d'années qui sépare l'année de référence à l'horizon voulu.

L'évolution de la population se fait à partir d'une population initiale, dans notre cas est l'année 2008, et le nombre d'habitant pour les années (1998 et 2006) est donné par le service de recensement du (D.P.A.T) ; le reste est évalué selon la formule précédente.

L'évolution de la population à travers toute la région très remarquable, nous prévoyons, ainsi l'augmentation des besoins en eau potables dans le même sens.

**Tableau: N°28 : Évolution de la population par commune dans la Medjerda**

Nb	Commune	population par horizon					
		1998	2006	2008	2010	2020	2030
01	Souk-Ahras	116746	149054	153989	159175	187847	214460
02	Khemissa	3619	3900	3546	3665	4326	4939
03	M'Daourouch	24919	31292	41201	42589	50260	57380
04	Tiffech	5713	6046	6298	6510	7683	8771
05	Ragouba	5055	5607	5115	5287	6240	7124
06	Taoura	17337	23090	18699	19329	22810	26042
07	Zaarouria	10665	12204	12769	13199	15577	17783
08	Drea	6255	6947	6394	6609	7800	8905
09	Merahna	11030	12824	13287	13734	16208	18505
10	Ouillen	7462	7180	6558	6779	8000	9133
11	Heddada	6112	7155	7353	7601	8970	10240
12	Khedara	7687	8824	8311	8591	10138	11575
13	Ouled-Moumen	5688	6493	4671	4828	5698	6505
14	Mechroha	17190	18569	21596	22323	26344	30077
15	Hennencha	16126	18279	15775	16306	19243	21970
16	Ouled-Driss	11896	13779	11271	11651	13749	15697
17	Ain-Zana	7512	8048	7330	7577	8942	10208
<b>Total</b>		<b>281012</b>	<b>339291</b>	<b>344163</b>	<b>355754</b>	<b>419834</b>	<b>479315</b>

### III.1.4 Estimations des besoins actuels en eau des agglomérations

L'estimation des besoins actuels en eau des agglomérations est basée essentiellement sur deux choses :

- Le nombre d'habitant d'une agglomération existante.
- La dotation journalière, est définie comme étant la quantité d'eau moyenne consommée par habitant et par jour, exprimée en (l/j/hab). Cette dotation varie en fonction de la situation géographique, du climat, de la profusion des ressources en eau, de la population...etc.

A l'aide du deux moyens précédents on peut estimer les besoins en eau de chaque commune par la relation suivante :

$$\text{Besoins en eau (l/j)} = \text{nombre d'habitant} \times \text{la dotation (l/j/hab)}$$

**Tableau: N°29 : Besoins actuels en eau domestique dans le bassin de la Medjerda**

NB	Commune	population	dotation l/j	besoins l/j	besoins m <sup>3</sup> /an	besoins hm <sup>3</sup> /an
01	Souk-Ahras	153989	130	26178130	7306778,05	7.31
02	Khemissa	3546	80	283680	103543,20	0,10
03	M'Daourouch	41201	104	4284904	1563989,96	1,56
04	Tiffech	6298	80	503840	183901,60	0,18
05	Ragouba	5115	80	409200	149358,00	0,15
06	Taoura	18699	104	1944696	709814,04	0,71
07	Zaarouria	12769	80	1021520	372854,80	0,37
08	Drea	6394	96	613824	224045,76	0,22
09	Merahna	13287	80	1062960	387980,40	0,39
10	Ouillen	6558	80	524640	191493,60	0,19
11	Heddada	7353	80	588240	214707,60	0,21
12	Khedara	8311	80	664880	242681,20	0,24
13	Ouled-Moumen	4671	80	373680	136393,20	0,14
14	Mechroha	21596	104	2245984	819784,16	0,82
15	Hennencha	15775	80	1262000	460630,00	0,46
16	Ouled-Driss	11271	104	1172184	427847,16	0,43
17	Ain-Zana	7330	80	586400	214036,00	0,21
<b>TOTAL</b>		<b>344163</b>		<b>43720762</b>	<b>13709838,73</b>	<b>13.71</b>

D'après les résultats du calcul des besoins en eau domestique obtenus sur le tableau (N°29), on observe que la grande quantité d'eau demandée est celui de la commune de Souk-Ahras (chef lieu), elle dépasse la moitié des besoins globaux (7.31Hm<sup>3</sup>/an de la totalité 13.71 Hm<sup>3</sup>/an ), car le nombre d'habitant le plus élevé par rapport aux autres communes de la région et en plus l'importante valeur de la dotation journalière qui peut atteindre 130 l/hab.

Donc le volume d'eau annuel demandé par la population de l'ensemble des agglomérations est de l'ordre de 13.71 hm<sup>3</sup> avec une dotation journalière qui varie entre 80 et 130 l/hab, il est assuré par les propres ressources mobilisées destinées à l'AEP dans le bassin de la Medjerda et qui sont de l'ordre de 28.76 Hm<sup>3</sup>/an ; malgré que l'A.D.E de Souk-Ahras propose actuellement une dotation unitaire de 150l/j/hab, donc les besoins globaux seront d'une valeur de 18.84 Hm<sup>3</sup>/an., ces derniers restent satisfaits.

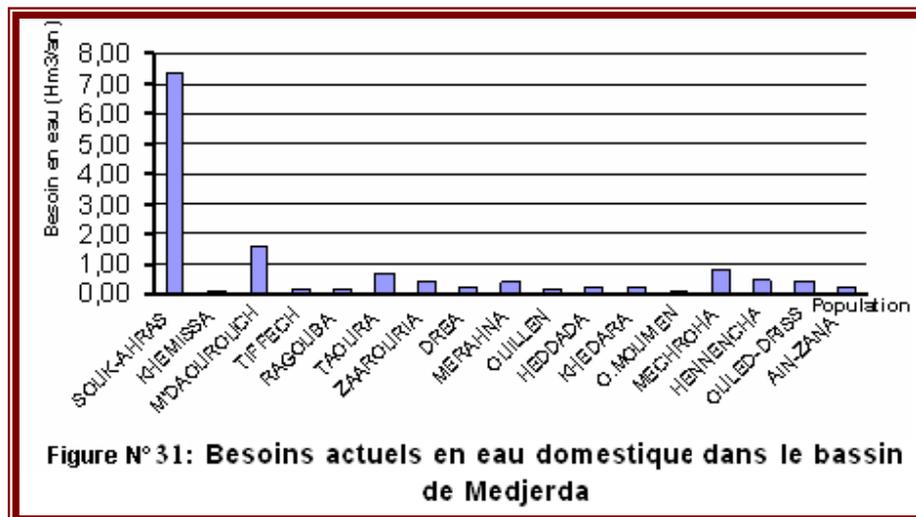
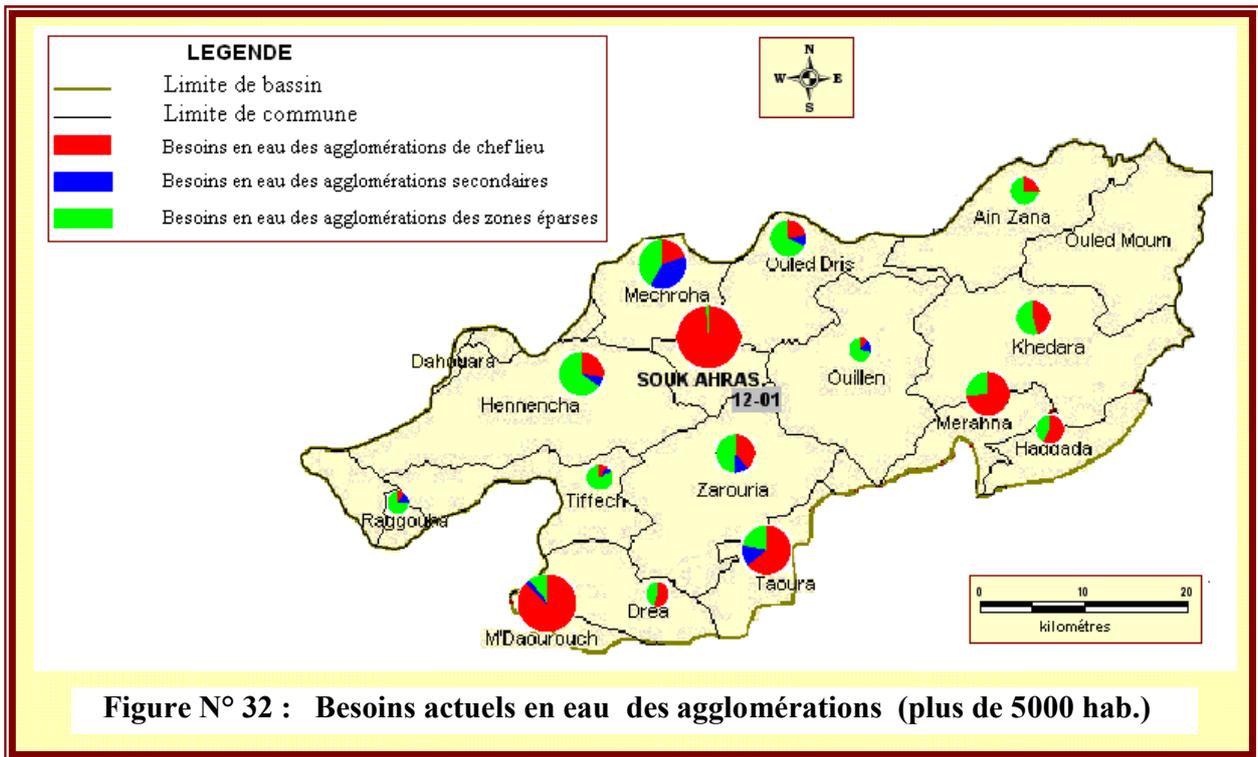


Photo N° 04 : La Ville de Souk-Ahras



### III.1.5 Évaluation des besoins futurs en eau potable

L'estimation des besoins futurs en eau pour chaque commune concernée par notre travail sont les agglomérations ayant une population plus de 1000 habitants, (voir le tableau au dessous).

Le calcul des besoins se fait sur la base d'une dotation théorique unitaire de 150 l/j/hab (selon l'ADE de Souk-Ahras). Pour suivre l'évolution des besoins futurs, nous avons pris l'année 2008 comme année de référence pour les calculs qui suivent et on a établie un graphique (figure N°33) qui montre l'évolution de ces besoins pour chaque horizon futur.

Les résultats du calcul obtenus sur le tableau ci-dessous, montrent qu'il y a une augmentation des besoins globaux en eau de l'année 2008 jusqu'à 2030, c'est presque le double par rapport à tout ce qui est demandé en 2008 d'une valeur de 26.24 hm<sup>3</sup>/an ; cette augmentation dans les besoins futurs n'est pas encore dépassé la valeur des quantités d'eau mobilisées actuellement (28.76 Hm<sup>3</sup>/an). C'est-à-dire les besoins en eau domestique sont satisfaits au court des horizons futurs proposés.

### III.1.6 Station de traitement de Ain Dalia

Cette station de traitement est située à 1200 m de l'aval du barrage, d'une capacité de 2000 éq/hab, et d'un volume traité de 76 000 m<sup>3</sup>/j, a été réalisé dans le but de couvrir les besoins en eau potable de ville de Souk-Ahras, et d'autres villes hors le bassin tel qu'El Ouenza, El Aouinet, Sedrata et Oum El Bouaghi. Elle est fonctionnelle depuis l'année 1994.

Le principe de traitement est basé sur:

- Une clarification (comprenant une phase de coagulation puis une floculation suivie par une décantation).
- Une filtration (une couche de 1m d'épaisseur de sable traité).
- Une désinfection par injection du chlore gazeux.
- L'eau traitée est refoulée sur une hauteur de 254m par des électropompes d'un débit de 400l/s chacune dans le réservoir répartiteur de Dekma (5000m<sup>3</sup>) vers la ville de Souk-Ahras et en direction du transfert sud (Ouenza, el Aouinet).

**Tableau: N°30 : Besoins futurs en eau potable dans le bassin de la Medjerda**

N <sub>b</sub>	Commune	Pop 2008	Besoins hm <sup>3</sup> /an	Pop 2010	Besoins hm <sup>3</sup> /an	Pop 2020	Besoins hm <sup>3</sup> /an	Pop 2030	Besoins hm <sup>3</sup> /an
01	SOUK-AHRAS	153989	7,31	159175	8,71	187847	10,28	214460	11,74
02	KHEMISSA	3546	0,10	3665	0,20	4326	0,24	4939	0,27
03	M'Daourouch	41201	1,56	42589	2,33	50260	2,75	57380	3,14
04	TIFFECH	6298	0,18	6510	0,36	7683	0,42	8771	0,48
05	RAGOUBA	5115	0,15	5287	0,29	6240	0,34	7124	0,39
06	TAOURA	18699	0,71	19329	1,06	22810	1,25	26042	1,43
07	ZAAROURIA	12769	0,37	13199	0,72	15577	0,85	17783	0,97
08	DREA	6394	0,22	6609	0,36	7800	0,43	8905	0,49
09	MERAHNA	13287	0,39	13734	0,75	16208	0,89	18505	1,01
10	OUILLEN	6558	0,19	6779	0,37	8000	0,44	9133	0,50
11	HEDDADA	7353	0,21	7601	0,42	8970	0,49	10240	0,56
12	KHEDARA	8311	0,24	8591	0,47	10138	0,56	11575	0,63
13	O.MOUMEN	4671	0,14	4828	0,26	5698	0,31	6505	0,36
14	MECHROHA	21596	0,82	22323	1,22	26344	1,44	30077	1,65
15	HENNENCHA	15775	0,46	16306	0,89	19243	1,05	21970	1,20
16	OULED-DRISS	11271	0,43	11651	0,64	13749	0,75	15697	0,86
17	AIN-ZANA	7330	0,21	7577	0,41	8942	0,49	10208	0,56
<b>TOTAL</b>		<b>344163</b>	<b>13.71</b>	<b>355754</b>	<b>19.48</b>	<b>419834</b>	<b>22.99</b>	<b>479315</b>	<b>26.24</b>

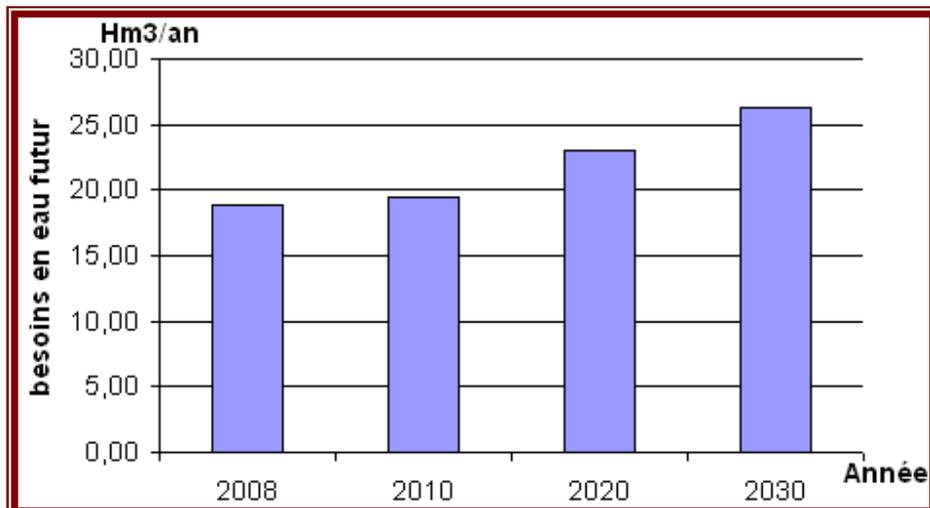


Figure N°33 Estimation des besoins futurs en eau potable dans le bassin de Medjerda



Photo N° 05 : Station de traitement de Ain Dalia

### III.2 Besoins en eau pour l'industrie

#### III.2.1 Besoins actuels en eau industrielle

Les unités industrielles implantées au niveau de notre zone d'étude, sont concentrées dans la ville de Souk-Ahras. On a cinq unités principales privées et publiques ont été recensées à travers le bassin. Elles sont alimentées soit à partir du réseau public soit par leurs propres ressources.

**Tableau N°31 : Classification des unités industrielles dans la région d'étude**

Nom de l'entreprise	Lieu	Commune	Nature de l'activité	Lieu de rejet
<b>LAZA ex : ELATEX</b>	Souk-Ahras .Z.I	Souk-Ahras.	Pro : Tissu polyester.	Oued djedra
<b>ENAP (ex SNIC)</b>	Souk-Ahras.	Souk-Ahras.	Peintures et dérivées	Oued djedra
<b>Complexe Avicole</b>	Ex : Camp d'aviation	Souk-Ahras.	Aviculture (volaille)	O. Medjerda
<b>Verrerie de L'Est</b>	Souk-Ahras.	Souk-Ahras.	Prod : verre	Oued Zerga
<b>Laiterie HAMMADA</b>	Souk-Ahras.	Souk-Ahras.	Prod : Lait et dérivées	Oued djedra

La couverture des besoins en eau industrielle durant l'année est toujours à 100%, ceci à l'aide du quota mobilisé pour l'alimentation de ce secteur ( $0.3 \text{ Hm}^3/\text{an}$ ) d'une part, et d'autre part, on ajoute automatiquement un volume annuel de  $0.15 \text{ Hm}^3$ , fourni par quelques ouvrages hydrauliques personnels (forages, puits, citernes..) qui s'installent au niveau des unités, afin de compléter et de renforcer l'(AEI) à chaque fois.

**Tableau N°32 : Besoins actuels en eau industrielle dans la région d'étude**

Nom de l'entreprise	Besoins ( $\text{m}^3/\text{j}$ )	Besoins ( $\text{Hm}^3/\text{an}$ )
<b>LAZA ex : ELATEX</b>	950	0,35
<b>ENAP (ex SNIC)</b>	200	0,07
<b>Complexe Avicole</b>	40	0,01
<b>Verrerie de L'Est</b>	30	0,01
<b>Laiterie HAMMADA</b>	20	0,01
<b>Total</b>	<b>1240</b>	<b>0,45</b>

### III.2.2 Besoins en eau futur pour l'industrie

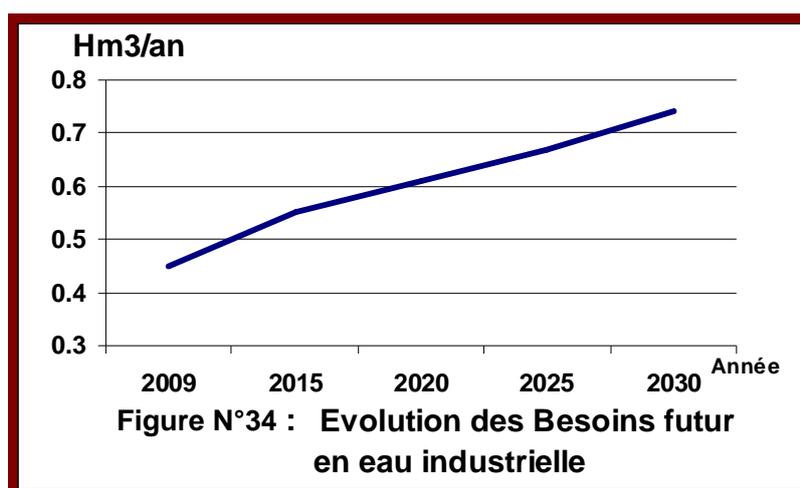
L'évaluation des besoins futurs pour ce secteur est restée un peu difficile. Elle se base sur les données et les enquêtes existantes qui montrent que beaucoup d'industries disposent de leurs propres installations, en règle générale par forage, puits, citernes etc..

Pour la projection des besoins aux horizons à venir, on a utilisé une augmentation de 10% (d'après Boucheteta Hafs 1999), des besoins actuels pour chaque cinq an.

**Tableau N°33 : Evolution des besoins futurs en eau industrielle dans le bassin de Medjerda**

Horizon	2008	2015	2020	2025	2030
Besoins (hm <sup>3</sup> /an)	0.45	0.50	1.00	1.10	1.21
Accroissement annuel	-	10%	10%	10%	10%

Le tableau ci-dessus montre que l'évolution des besoins allant de 0.45 Hm<sup>3</sup>/an en 2008 jusqu'à 1.21 Hm<sup>3</sup>/an en 2030, ce volume probable demandé reste encore faible où sa couverture est facilement assurée par les propres ressources de chaque unité industrielle et on additionne au fur et à mesure des cotas complémentaires, attachés au réseau d'AEP.



### **III.3 Besoins en eau pour l'irrigation**

#### **III.3.1 Introduction**

L'Algérie, après son indépendance a consenti d'importants investissements dans la construction de grands ouvrages hydrauliques pour irriguer davantage des cultures et répondre rapidement à un besoin alimentaire croissant., elle est arrivée à compléter la mobilisation de l'essentiel de leurs ressources renouvelables et à utiliser le maximum d'eau d'irrigation.

Aujourd'hui, la région est devant une situation de déficit hydrique sévère et le secteur irrigué subit les effets de la globalisation

Il devient alors nécessaire d'explorer de nouvelles voies de gestion des ressources pour que l'irrigation continue à générer des richesses, c'est le cas la région d'étude.

La zone d'étude est située dans une région d'activité agricole très importante, où la pratique agricole dans cette région nécessite le recours à des méthodes traditionnelles d'irrigations pour des cultures maraîchères et fourragères. Donc la satisfaction des besoins en eau des cultures est indispensable, sachons que la détermination de ces besoins est peu difficile dans le temps et dans l'espace. C'est pour cette raison on a exprimé ces besoins par l'ensemble de la demande en eau des plantes et la somme des pertes en eau dans les systèmes d'irrigation, le tout peut donner une idée approximative sur les besoins en eau d'irrigation.

#### **III.3.2 Répartition des superficies irriguées**

D'après les données recueillies des services de (D.S.A) et de (D.P.A.T) de Souk-Ahras ont peut estimer les quantités d'eau utilisées pour l'irrigation des terres agricoles qui sont réparties entre dix-sept communes autour et au milieu du notre bassin, dont la superficie agricole utile (S.A.U) est de 141871 Ha soit 85% de la superficie totale qui est de 166 288 Ha et la superficie totale irriguée actuellement ne représente que 2561 Ha parmi les 141871 Ha du (S.A.U.T).

Tableau N°34 : Répartition des superficies agricoles (en Ha) au niveau de la Medjerda

Nbr	Communes	Sup. totale	S.A.T	S.A.U	SUP. Irriguée	Taux S.A.T %	Taux S.A.U %
01	SOUK-AHRAS	4 307	1 495	1 315	65	32	81
02	KHEMISSA	5 944	4 351	4127	40	81	75
03	MDAOUROUCH	14 572	12 924	10 775	170	81	83
04	TIFFECH	14 376	11 988	9 540	300	81	80
05	RAGOUBA	10 128	8 125	5 795	190	74	71
06	TAOURA	25 096	19 338	18 469	102	64	89
07	ZAAROURIA	10 100	8 560	7 552	210	54	87
08	DREA	20 000	14 705	13 924	100	74	88
09	MERAHNA	11 623	9 872	9 168	30	55	83
10	OUILLEN	16 260	12 844	11 979	210	88	85
11	HEDDADA	15 630	10 139	9 600	110	63	86
12	KHEDARA	17 902	8 522	9 280	192	49	85
13	O-MOUMEN	13 286	3 813	3 484	126	52	84
14	MECHROHA	24 232	10 409	4 453	26	64	79
15	HENNENCHA	21 398	16 050	13 243	300	76	83
16	OULED-DRISS	15115	7 698	5 235	230	86	68
17	AIN-ZANA	17 512	5455	3 932	160	60	73
	<b>TOTAL</b>	<b>257 481</b>	<b>166 288</b>	<b>141 871</b>	<b>2561</b>	<b>65</b>	<b>85</b>

### III.3.3 Besoins en eau de la surface irriguée

La détermination des besoins des surfaces irriguées se fait à la base de la dotation théorique moyenne, donnée à partir du service concernée (DSA), dans notre cas la dotation est de 6000 m<sup>3</sup>/Ha/an. Pour une surface totale de 2561 Ha on est obligé de fournir un volume d'eau de 15.37 Hm<sup>3</sup> chaque année. Cette quantité d'eau demandée est assurée pratiquement par le cota d'eau mobilisé pour l'AEA, qui est de 17.24 Hm<sup>3</sup>/an (voir tableau N°33 )

Tableau N°35 : Besoins actuels en eau d'irrigation

NB	Commune	Sup. Irriguée	Dotation m <sup>3</sup> /Ha/an	Besoins m <sup>3</sup> /Ha/an
01	SOUK-AHRAS	65	6000	390000
02	KHEMISSA	40	6000	240000
03	M'DAOUROUCI	170	6000	1020000
04	TIFFECH	300	6000	1800000
05	RAGOUBA	190	6000	1140000
06	TAOURA	102	6000	612000
07	ZAAROURIA	210	6000	1260000
08	DREA	100	6000	600000
09	MERAHNA	30	6000	180000
10	OUILLEN	210	6000	1260000
11	HEDDADA	110	6000	660000
12	KHEDARA	192	6000	1152000
13	O.MOUMEN	126	6000	756000
14	MECHROHA	26	6000	156000
15	HENNENCHA	300	6000	1800000
16	OULED-DRISS	230	6000	1380000
17	AIN-ZANA	160	6000	960000
<b>TOTAL</b>		<b>2561</b>	<b>6000</b>	<b>15366000</b>

### III.3.4 Estimation des besoins futurs en eau d'irrigation

#### III.3.4.1 Estimation des besoins futurs des surfaces irriguées pour la PMH

La projection de la demande future en eau d'irrigation est envisagée suivant l'évolution de la surface irriguée dans le temps, en se basant sur le taux d'accroissement annuel potentiel pour la PMH, selon le PNE et la dotation théorique moyenne par Ha programmée (6000 m<sup>3</sup>/Ha). Dans notre zone d'intérêt on a remarqué (voir tableau N° au dessous) que l'accroissement de la superficie irriguée dans les horizons projetés engendre une augmentation des besoins en eau, dont 15.37 Hm<sup>3</sup> actuellement et 19.44 Hm<sup>3</sup> en 2030.

Cette grande quantité probable sera assurée dans le cas si on prend en considération les ouvrages qui sont en projet d'une part, tel que le petit barrage de l'oued Er Rnem, les trois seuils déversoirs (S.Bader et El Hemissi), et la retenue collinaire d'El Bateun et d'autre part on ajoute encore la quantité d'eau qui sera plus grande dans le future, fournie par la STEP de la ville de Souk-Ahras.

Tableau N°36 : Evolution des besoins en eau des surfaces irriguées dans la Medjerda

Horizons	2009	2015	2020	2025	2030
Superficies (Ha)	2561	2753	2913	3076	3239
Accroissement annuel moyen (PNE 2006)	-	1.25%	1.25%	1.12%	1.12%
Dotation moyenne (m <sup>3</sup> /Ha/an)	6000	6000	6000	6000	6000
Besoins globaux en eau (Hm <sup>3</sup> )	15.37	16.52	17.48	18.46	19.44

Dans notre bassin il existe trois grands périmètres irrigués (GPI) d'un total de 400 Ha actuellement, et peut être plus que ça à l'horizon 2030 jusqu'à 640 Ha, sont évalués sur la base des accroissements moyennes annuelles données à partir du PNE spécifiques pour les GPI des régions constantinois. Voir le tableau ci-dessous.

### III.3.4.2 Estimation des besoins futurs pour les GPI

Le bassin contient 08 grands périmètres d'irrigation situés dans 08 communes de la wilaya de Souk-Ahras, nous remarquons que la plupart des GPI ne sont pas encore bien équipés car le problème qui se pose généralement est le financement. (Voir Tableau N°37).

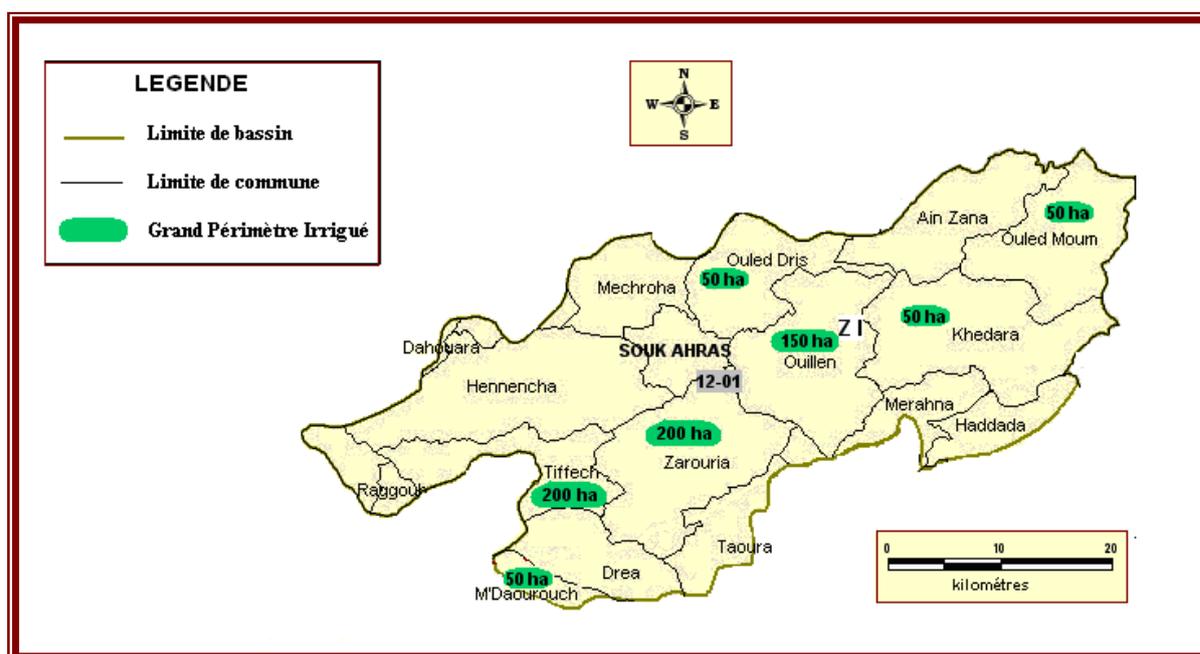
Tableau N°37 : Grands périmètres irrigués (GPI) au niveau du bassin de la Medjerda

GPI en cours	Commune	Ressources	Superficie Irrigable	Observation
Périmètre : Tiffech	Tiffech	Barrage de Tiffech	380	200 Ha équipés
Périmètre : Sidi Bader	Ouilen	Oued Medjerda	425	150 Ha équipés
Périmètre : Grid	O. Driss	Oued Hallou par un SD	50	équipé
Périmètre : El Hemissi	O.Moumen	Oued Medjerda	50	équipé
Périmètre : Daghbouch	M'Daourouch	R. Collinaire Daghbouch	100	50 Ha équipé
Périmètre : El Bateun	Merahna	R. Collinaire El Bateun	150	Moins équipé
Périmètre : Khedara	Khedara	Oued Er Rnem par un SD	50	Moins équipé
Périmètre : Derdoura	Zaarouria	STEP Souk-Ahras	361	Moins équipé

En se basant sur la même dotation 6000 (m<sup>3</sup>/Ha/an) pour l'estimation des besoins futur des GPI, on peut dire que ces besoins 7.91 Hm<sup>3</sup> qui seront demandés pour l'irrigation de 1318 Ha en 2030, est largement satisfait, on tenant compte les ressources qui sont en cours de mobilisation surtout à court terme pour l'AEA, tel que les seuils déversoirs S.Bader et de S.El'Hemissi ainsi le barrage de Tiffech, L'ensemble de ces ouvrages peut donner des apports s'élèvent à 100 Hm<sup>3</sup> chaque année.

**Tableau N°38 : Evolution des besoins en eau des GPI dans le bassin de la Medjerda**

Horizons	2010	2015	2020	2025	2030
Superficie Totale des GPI (Ha)	850	1037	1224	1271	1318
Evolution moyenne annuelle (PNE2006)	--	4.4%	4.4%	1.1%	1.1%
Dotation Moyenne (m <sup>3</sup> /Ha/an)	6000	6000	6000	6000	6000
Besoins totaux en (Hm <sup>3</sup> /an)	5,10	6,22	7,34	7,63	7,91



**Figure N°35 : Carte schématique des grands périmètres irrigués dans le bassin de Medjerda**

### **III.3.5 Réutilisation des eaux usées (REU)**

Dans la zone urbaine de la ville de Souk-Ahras la population est constituée de 153.989 habitants avec un taux de raccordement de 98,30 % et un linéaire du réseau d'assainissement (unitaire) de 265,428Km. Mais les rejets des eaux usées (EU) ne sont pas tous raccordés dans la station d'épuration (30%), tel que le réseau de Ain Seynour et de Barrel Salah qui s'écoule directement vers oued Djedra qui a un effet négatif sur la qualité des eaux. Les quantités d'eaux traitées ont atteint 4,8 Mm<sup>3</sup> en 2008 dont 10 % environ de ce volume ont été réutilisés et ce malgré tous les encouragements à cette réutilisation, ce qui est largement en deçà des espérances, ce volume est utilisé essentiellement en agriculture. L'utilisation de ces eaux demeure limitée à certaines cultures autorisées à l'irrigation, alors que la quantité traitée dans les stations d'épuration évolue sur un certain rythme annuel. A cause de la demande limitée de ces eaux en agriculture, le développement de nouveaux usages des (EUT) est à chercher dans les secteurs autres que les périmètres irrigués.

Le développement de la réutilisation des eaux usées traitées doit cependant se faire en suivant une démarche avisée assurant le meilleur équilibre possible des résultats sur les plans sanitaire, environnemental économique. Et dont ces résultats pourront être améliorés suite à la valorisation des eaux usées traités.

Les eaux usées telles que définies dans l'introduction ont trois origines possibles :

- les eaux domestiques
- les eaux industrielles
- les eaux de ruissellement

#### **III.3.5.1 Les rejets domestiques**

Les eaux usées d'origine domestique sont issues de l'utilisation de l'eau (potable dans la majorité des cas). La composition des eaux usées d'origine domestique peut être extrêmement variable, et dépend de trois facteurs.

- La composition originelle de l'eau potable, qui elle-même dépend de la composition de l'eau utilisée pour produire l'eau potable, de la qualité du traitement de cette eau, des normes sanitaires du pays concerné, de la nature des canalisations, etc.

- Les diverses utilisations par les particuliers qui peuvent apporter un nombre quasi infini de polluants : tous les produits d'entretien, lessives mais aussi, solvants peintures, mercure de thermomètre, colle, etc.
- Les utilisateurs eux-mêmes qui vont rejeter de la matière organique dans les égouts (urines et fèces), la matière organique est le polluant majoritaire des eaux domestiques. Ce type de rejets apporte également des micro-organismes et des contaminants divers.



**Photo N° 06 : Les rejets domestiques**

### **III.3.5.2 Les rejets industriels**

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejet industriel. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales: blanchisserie, restaurant, laboratoire d'analyses médicales.

Les rejets industriels peuvent donc suivre trois voies d'assainissement :

- Soit ils sont directement rejetés dans le réseau domestique ;
- Soit ils sont prétraités puis rejetés dans le réseau domestique ;
- Soit ils sont entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel. Ce dernier cas ne nous intéresse pas dans le cadre de la réutilisation des eaux usées épurées (REUE).

### III.3.5.3 Eaux de ruissellement

Les eaux de pluie qui ruissellent sur les surfaces imperméabilisées, en général en zone urbaine, sont collectées par un réseau qui peut-être le même que celui qui collecte les eaux usées, ou non.



Photo N° 07 : Eaux de ruissellement

### III.3.5.4 Station d'épuration de la ville de Souk-Ahras (STEP)

Elle est mise en service depuis janvier 2003, située à environ 5 km de la ville de Souk-Ahras, occupe une surface de 13hectares d'une capacité de 150 000 éq/hab et un débit journalier atteint les 30 000 m<sup>3</sup> /j, circulé dans un réseau de type unitaire dont le taux de raccordement à la station est 70% pour se jeter finalement dans l'Oued Medjerda. La boue résultante est activée à faible charge avec un rendement de 90 en MES et 92 en MO.



Photo N° 08 : Station d'épuration de la ville de Souk-Ahras (STEP)

L'objectifs d'épuration est se résume en deux choses principales :

- la protection de la vallée d'Oued Medjerda contre la pollution.
- la production des eaux épurées à des fins agricoles.

L'eau épurée apparaît comme l'un des principaux facteurs du développement agricole et notamment de la diversification des cultures et de leur rendement. La réutilisation des eaux épurées paraît indispensable au développement agricole et passe nécessairement par l'amélioration des techniques existantes et le développement de nouvelles méthodes d'irrigation. Cette étude a montré que les eaux usées de la ville Souk-Ahras ne sont pas considérées comme une source de pollution à traiter mais comme une ressource en eau non négligeable pour l'agriculture. Les eaux usées dans la région sont utilisées dans leur totalité en agriculture et permettent ainsi l'irrigation de 1024 hectares réparties en deux zones bien distinctes, la zone de Zaarouria (GPI de Derdoura) et la zone de Ouillen (GPI de Sidi Bader), les terrains irrigués s'étendent jusqu'à la frontière Tunisienne

### III.3.6 Périmètre de Sidi Bader

Situé dans la commune de Ouillen au niveau de la localité de sidi bader, il est situé de part et d'autre de l'Oued Medjerda, sur le chemin de fer de Souk-Ahras - Tunisie. Son étendue est définit du Sud vers le Nord et d'Est en Ouest entre les coordonnées Lambert :

X : 986.1 – 981.8

Y : 348 .4 – 354.3

Au Nord, ce périmètre est limité par le bas piémont de Kef Zebbes et le chemin de fer en partie, au Sud, à l'Est et à l'Ouest par le bas piémont de Kef Oum et Drabine et de Djebel. Le périmètre couvre une superficie de l'ordre de 524 hectares

Le périmètre Répartie en 6 lots distincts:

#### Mechtat Hdjar Merakbat :

- Aire d'irrigation Guebsi 1: surface irrigable 50 ha
- Aire d'irrigation Guebsi 2: surface irrigable 35 ha

#### Mechtat Sidi Bader :

- Aire d'irrigation Mellouk 1: surface irrigable 50 Ha
- Aire d'irrigation Mellouk 2: surface irrigable 40 Ha

#### Mechtat Nouri :

- Aire d'irrigation Nouri 1: surface irrigable 25 Ha
- Aire d'irrigation Nouri 2: surface irrigable 20 Ha

Le périmètre de sidi bader correspond à des terrasses étagées à deux niveaux qui apparaissent nettement sur terrain. Il présente un relief où l'altitude varie entre 436 et 450 m une rupture de pente observée au niveau de la courbe 450 m elle marque le passage du premier au second niveau de la terrasse.

Compte tenu de la structure et de la texture du sol, le périmètre de sidi bader présente de bonnes potentialités agro-pédologiques néanmoins et vu la morphologie du terrain, il se trouve exposé au risque d'inondation en période de crue et surtout le niveau inférieur de la terrasse et du risque de sapement de berge. (Rouibia, 2010)

### III.3.7 Périmètre de Derdoura

Situé au sud de la vallée de Medjerda, le périmètre de Zaarouria couvre une superficie de 500 ha, il est situé dans le territoire de la commune de Zaarouria aux environs de Derdoura, sur la route nationale n ° 16. Son étendue est définie du Sud vers le Nord et d'Est en Ouest par les coordonnées Lambert suivantes : X 977 - 973 et Y : 339 – 342.5 au Nord et à l'Ouest, le périmètre est limité par la vallée d'oued Medjerda à l'Est par oued el Hammam et au Nord par le bas piémont de djebel Zaarouria.

Le périmètre situé sur le bas piémont de Djebel Zaarouria présente une surface ondulée dont l'altitude diminue progressivement de l'Ouest vers l'Est, elle varie entre 588 m et 623 m avec un point culminant au centre du périmètre 657 m. Géo-morphologiquement il correspond à un replat où la dénivellation est de l'ordre d'un mètre à des dizaines de mètres, ce replat est disséqué par un cheveu de Chaabets légèrement encaissés. (Rouinia, 2010)

### III.3.8. Les Différentes cultures dans les deux périmètres

- Les Céréales: La céréaliculture est observée à travers les aires d'irrigation. Le blé dur, le blé tendre et l'orge sont pratiqués sur 60 % de la superficie irrigable.
- Les Maraichages: Les cultures maraichères sont pratiquées en plein champs sur 4,5 % de la surface irrigable. Généralement le piment, le poivron, la tomate, la pomme de terre et l'oignon.
- L'Arboriculture: L'arboriculture est de moindre importance dans les aires d'irrigation. Elle ne représente que 1,8 % de la surface irrigable. Les espèces rencontrées sont le figuier, l'abricotier, le pommier, le prunier et le noyer.
- Les Légumes secs: La seule culture pratiquée est le pois chiche avec une superficie de 17 Ha.

### **III.4. Conclusion**

Le bassin de la Medjerda est caractérisé par des ressources en eau, superficielles et souterraines très importantes, cette richesse naturelle doit permettre une activité humaine très remarquable, particulièrement dans le domaine d'agriculture et aussi industrielle, ce qui fait la mobilisation de ces ressources est obligatoire pour satisfaire les différents secteurs d'utilisation (AEP.AEA et AEI).

La forte concentration de la population dans la zone d'intérêt (344163 hab) répartie sur 17 communes parmi 26 de la Wilaya de Souk-Ahras., s'impose une forte demande en eau potable. Avec un volume mobilisé annuellement de 28.7 Hm<sup>3</sup>, ces besoins sont couverts actuellement et aussi possible en l'an 2030. Soit une dotation moyenne de 150 l/hab/j.

Avec une S.A.U de 141 871Ha, qui représente plus de **80 %** de la superficie totale, la zone d'étude est à vocation agricole. Donc l'utilisation de l'eau dans ce secteur est devenue importante où la quantité d'eau mobilisée actuellement est près de 17.24 Hm<sup>3</sup>, soit 38 % de la totalité mobilisée. La satisfaction des besoins en irrigation est possible jusqu'à la fin de la prochaine décennie, mais à partir de l'année 2020 nous serons obligés de mobiliser un volume de 2.2 Hm<sup>3</sup> pour couvrir ces besoins probables, en tenant compte des ouvrages qui sont en cours de réalisation sachant que la dose moyenne proposée est 6000 m<sup>3</sup>/Ha/an.

Les besoins en eau industrielle sont très faibles par rapport aux besoins des autres secteurs précédents, ne représentent que 1% des besoins globaux. Le volume mobilisé couvre totalement les besoins actuels. Aux horizons futurs les besoins probables seront aussi satisfaits si on considère que l'utilisation des ouvrages hydrauliques personnels (forages, puits..) de chaque unité industrielle se fait d'une façon rationnelle et continue, en plus l'accroissement progressif du cota d'eau mobilisée pour l'alimentation de ce secteur.

# *Chapitre VI*

## *Qualité des eaux*

## **I. Introduction**

Dans le cadre de la gestion intégrée des ressources en eau, il est très important dans notre travail d'étudier le côté de la qualité de cette noble ressource, sur la base des explications des études hydrochimiques effectuées dans la région d'étude.

L'étude de chimisme des eaux souterraines et superficielles a pour but de :

- déterminer les principaux faciès chimiques des eaux, leur relation avec la nature lithologique de la roche et de suivre leur évolution dans l'espace et dans le temps.
- Définir la qualité et la potabilité des eaux de la région.
- Donner une appréciation sur les différents paramètres ayant une influence directe ou indirecte sur l'évolution de la qualité chimique des eaux à savoir: la salinité, l'agressivité et la pollution d'origine anthropiques (domestique, industrielle et agricole).

## **II. Qualité des eaux souterraines**

Les analyses chimiques des échantillons ont été prélevées au niveau des différents forages et sources dans le synclinal de Taoura, qui représente la principale ressource en eau souterraine dans la région.

### **II.1 Classification des eaux**

La classification des eaux naturelles est basée sur leur composition chimique, qui doit permettre la détermination du faciès chimique et de mettre en évidence les différents éléments chimiques, leur répartition, leur genèse et leur origine.

Dans notre étude on a basé sur deux principales méthodes de classification des eaux, de « Stabler » et de « Piper ».

#### **II.1.1 Classification de Stabler**

Dans cette méthode le classement des éléments chimiques est fait suivant les valeurs des différentes concentrations en  $\text{mg/l}$ , et elles sont réduites en quantités en réaction (r %) par rapport à la concentration totale. Ces concentrations sont donc exprimées par la formule caractéristique ou formule ionique où sont classées de gauche à droite, par ordre décroissant les quantités en réactions du groupe des anions puis celles des cations. Alors le faciès est défini par le cation et l'anion prédominant.

A partir de cette classification nous distinguons deux faciès chimiques dominants sont :

### II.1.1.1 Le faciès Sulfaté-calcique

Les résultats des analyses chimiques montrent qu'il y a une teneur élevée en sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et en calcium par rapport aux normes de l'OMS d'une valeur proche de 1200 mg/l constatée dans le forage T<sub>10</sub>. Les autres éléments ont des valeurs acceptables. (FRIANE, 2000)

### II.1.1.2 Le faciès Bicarbonaté-calcique

La teneur en Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^{-2}$ ) est acceptable dans le forage T<sub>1</sub> (172.11 mg/l) et elle est relativement élevée dans le forage T<sub>7</sub> (284 mg/l), avec un résidu sec de 431 mg/l et un PH de 7.04.

### II.1.2 Classification de Piper

La représentation des concentrations des éléments chimiques sur le diagramme de Piper est la méthode la plus utilisée, ce diagramme est composé de deux triangles et d'un losange. Sur le triangle gauche sont réparties les cations, sur celui de droit les anions et sur le losange sont réparties les ions majeurs.

La représentation des différents échantillons montre deux faciès chimique sulfaté-calcique\_et\_bicarbonaté-calcique, caractérisent toutes les eaux de la nappe de Taoura, parfois il apparaisse un faciès chloruré-sodique dans les forages T<sub>1</sub> et T<sub>7</sub> provient des influences chimiques du Mio-Pliocène et du Trias.

#### Remarque :

- d'autres études hydrochimiques ont été effectuées au niveau de la plaine de la KHedara montrent qu'on a les mêmes faciès chimiques existent dans la région de Taoura.
- les points de prélèvement dans le synclinal de Taoura sont effectués au niveau des forages T<sub>1</sub>, T<sub>7</sub> et T<sub>10</sub>.



### II.1.3 Origine des éléments chimiques

De nombreux éléments chimiques, présents dans l'eau ont une origine naturelle, interaction eau/roche, des sols et de l'air, s'y ajoute les apports des activités humaines (agglomération, industrie, agriculture).

#### II.1.3.1 Les Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^{-2}$ )

La concentration des Bicarbonates est importante, surtout au niveau du forage (T<sub>7</sub> 284mg/l) et T<sub>1</sub> (172 mg/l), elle est due essentiellement à la dissolution des calcaires fissurés par l'effet du contact eau-roche réservoir.

#### II.1.3.2 Les Sulfates ( $\text{SO}_4^{-2}$ )

La teneur en sulfates est très élevée, elle est d'une valeur qui varie entre 116 et 1200 mg/l, dont la valeur la plus élevée est observée dans le forage T<sub>10</sub>, elle est due soit à la présence des modules pyriteux occupant les fissures de calcaire soit à l'existence des intercalations marneuses et argileuses. (TOUBAL, 1993)

#### II.1.3.3 Les Chlorures ( $\text{Cl}^-$ )

Les eaux des trois forages présentent une teneur plus ou moins faible en chlorures qui varient entre 63 et 157 mg/l, proviennent des formations argileuses, argilo-gréseuses et marneuses formant l'éponte de la nappe.

#### II.1.3.4 Les Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

En comparant la concentration des nitrates limitées par l'OMS (< 50 mg/l) et celle de l'eau du forage T<sub>1</sub>, on remarque une teneur notable en  $\text{NO}_3^-$ , de l'ordre de 75mg/l elle est due sans doute à l'influence des engrais utilisés en agriculture dans le synclinal de Taoura et précisément tout au tour du forage T<sub>1</sub>.

#### II.1.3.5 Le Calcium ( $\text{Ca}^{++}$ )

Les teneurs en calcium sont plus ou moins importantes varient entre 64 et 264 mg/l, où la plus grande valeur est observée dans les eaux du forage T<sub>10</sub>, proviennent essentiellement de la cristallisation des calcaires (formation des calcites).

#### II.1.3.6 Le Magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ )

Les valeurs de magnésium varient entre 10 et 27 mg/l, proviennent des formations marneuses, argilo-gypseuses et calcaires.

## II.2 Potabilité des eaux

La détermination des classes de qualité des eaux, dépend des normes adoptées par l'OMS et par certains organismes nationaux. (Voir les tableaux N° 40 et 41)

Le réseau de surveillance de la qualité des eaux souterraines dans le bassin de la Medjerda est constitué d'un ensemble de sept points de prélèvement (trois forages et quatre sources) qui sont :

- Forage D<sub>4</sub> (Drea)
- Forage T<sub>9</sub> (Taoura)
- Forage TF<sub>4</sub> (Tiffech)
- Source Ain Seynour (Mechrouha)
- Source Ain Soudeur (O. Driss)
- Source Baoulou (commune de Souk-Ahras)
- Source Benouir (Hennancha)

Tous ces points de mesure sont reportés dans la figure (N°37), indiquant la qualité de l'eau évaluée.

### II.2.1 Caractéristiques physico-chimique des eaux

Pour la détermination de la qualité des eaux souterraines il est indispensable d'étudier l'évolution des principaux paramètres d'altération de l'eau et qui sont classés généralement en cinq groupes de même nature ou de même effet. (Voir tableau ci-dessous)

**Tableau N°39 : Classification des paramètres d'altération des eaux souterraines**

Nbr	Altérations	Paramètres
<b>Groupe 1</b>	Matières en suspension	Turbidité
<b>Groupe 2</b>	Minéralisation	Conductivité, SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , Cl <sup>-</sup> .
<b>Groupe 3</b>	Nitrates	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
<b>Groupe 4</b>	Matières azotées (hors Nitrates)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub>
<b>Groupe 5</b>	Phosphates	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>

#### II.2.1.1 Conductivité électrique (CE)

Caractérise la salinité due aux résidus secs dissous (TDS = Total Dissolved Solids), elle permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau, et avec un certain excès, peut provoquer des inconvénients (altération gustative, laxative) et des maladies (maladies rénales..).

Dans notre bassin la valeur de la conductivité est toujours acceptable et qui est variée toujours dans la classe bonne, c'est-à-dire entre 400 et 2000 µS/cm

### II.2.1.2 Matières en suspension (MS) et Turbidité

Les suspensions colloïdales s'expriment par une turbidité que l'on mesure par diffraction optique de la lumière. Leur élimination se fait par des procédés de coagulation permettant la neutralisation des charges surfaciques moyennant un floculant organique ou un réactif minéral : sulfate d'alumine ou chlorure ferrique. Prévoir une pré-décantation pour des teneurs en MS dépassant les 2 à 3 g/l (SOFRICO, 2009). La turbidité peut donner des goûts et des couleurs désagréables.

La turbidité donc c'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute. La turbidité se mesure en unités de turbidité néphélométrique (NTU).

On peut dire que les eaux souterraines de notre région ne sont pas turbides selon la norme de l'OMS où la valeur de la turbidité est généralement inférieure de 2 NTU.

### II.2.1.3 Les Phosphates $PO_4^-$

Le phosphate n'est pas considéré comme problématique par le traiteur d'eau même si des normes ont été établies pour la consommation d'eau potable.

### II.2.1.4 L'Ammoniaque $NH_4^+$ : (nécessite quelques traitements)

Afin d'éviter la formation de chloramines dans le résidu de désinfection au chlore, la présence d'ammonium doit être préalablement éliminée par une pré-chloration, sachant qu'1 mg/l d'ammoniaque consomme 7.6 mg/l de chlore. Cependant l'injection de chlore dans des eaux contenant des matières organiques provoque la formation de composés cancérigènes, tel que le chloroforme  $CHCl_3$  et d'autres composés Trihalométhanes (THM). La désinfection finale au chlore doit se faire après élimination des matières organiques.

L'autre procédé d'élimination de l'ammoniaque est basé sur une nitrification biologique oxydant l'ammoniaque en nitrate, en l'absence de toxines au chlore pour les bactéries. Il nécessite un milieu alcalin, des ions phosphates sous un pH élevé, sur un lit de sable filtrant. Pour une vitesse de filtration modérée, le temps de contact est estimé à 10 minutes. (SOFRICO, 2009)

La présence de  $NH_4^+$  dans les eaux souterraines provient ;

- Des rejets d'effluents domestiques et industriels.
- De la réduction naturelle des  $NO_2$ .
- De la réduction des  $NO_3$  par les bactéries ou par les ions ferreux.
- De la dégradation incomplète de la matière organique.

L'ammoniaque peut modifier le goût de l'eau, provoquer la prolifération des bactéries nitrifiants.

**II.2.1. 5 Les nitrites NO<sub>2</sub>**

Proviennent d'une transformation de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> par les bactéries et peuvent provoquer le cancer par la formation des nitrosamines.

**NB** : - Les valeurs du potentiel hydrogène (pH) des eaux des forages et des sources dans notre région varient entre 6.3 et 8.4. Donc ils sont acceptables selon les limites fixées par l'OMS (6.25 < pH < 8.5).

- « toutes ces altérations, à l'exception du phosphate, ont une influence sur la production de l'eau potable »
- « la qualité par altération est déterminée par le paramètre déclassant c'est-à-dire celui qui définit la classe d'aptitude ou la classe de qualité la moins bonne.
- « la concentration annuelle représente la moyenne des valeurs enregistrées durant une année (quatre prélèvements par année) »
- « la qualité de l'eau est estimée pour chaque altération, sans tenir compte des autres altérations ». (ABH.CSM, 2003)

Un suivi de contrôle de la qualité des eaux au niveau de 03 forages et 04 sources durant une année, nous donne les résultats suivants :

**Tableau N°40 : principaux paramètres d'altération des eaux souterraines**

Points de prélèvement	Paramètres (mg/l)				
	Cl <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
<b>Forage T<sub>9</sub></b>	40	0.01	41	0.01	0.07
<b>Forage D<sub>4</sub></b>	05	0.01	28.3	0.01	0.07
<b>Forage TF<sub>4</sub></b>	18.33	0.01	28.67	0.01	0.17
<b>Source Seymour</b>	22.7	0.06	26.75	0.01	0.02
<b>Source Ain Baoulou</b>	66	0.06	27.1	0.03	0.02
<b>Source Ain Soudour</b>	61.7	0.06	4.15	0.03	0.02
<b>Source Benouir</b>	36.16	0.05	5.61	0.03	0.02

A travers le tableau N° 40 on peut retirer les remarques suivantes :

- l'instabilité des teneurs en nitrates dans l'ensemble des points de mesures où la forte concentration est observée au niveau du forage T<sub>9</sub> qui dépasse la valeur limite de potabilité (41 mg/l).
- les concentrations des  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2$  et  $\text{Cl}^-$  en générale sont stables et acceptable en matière de qualité.
- les teneurs en phosphates généralement sont stables et dans les normes de potabilité, sauf la teneur du  $\text{TF}_4$  qui reste un peu élevée (0.17 mg/l)

Après ces résultats obtenus dans le tableau au-dessus on peut donc définir la qualité de l'eau suivant les normes de l'OMS (voir tableau N°39).

**Tab N°41 : Grille de qualité des eaux souterraines selon les paramètres d'altération**

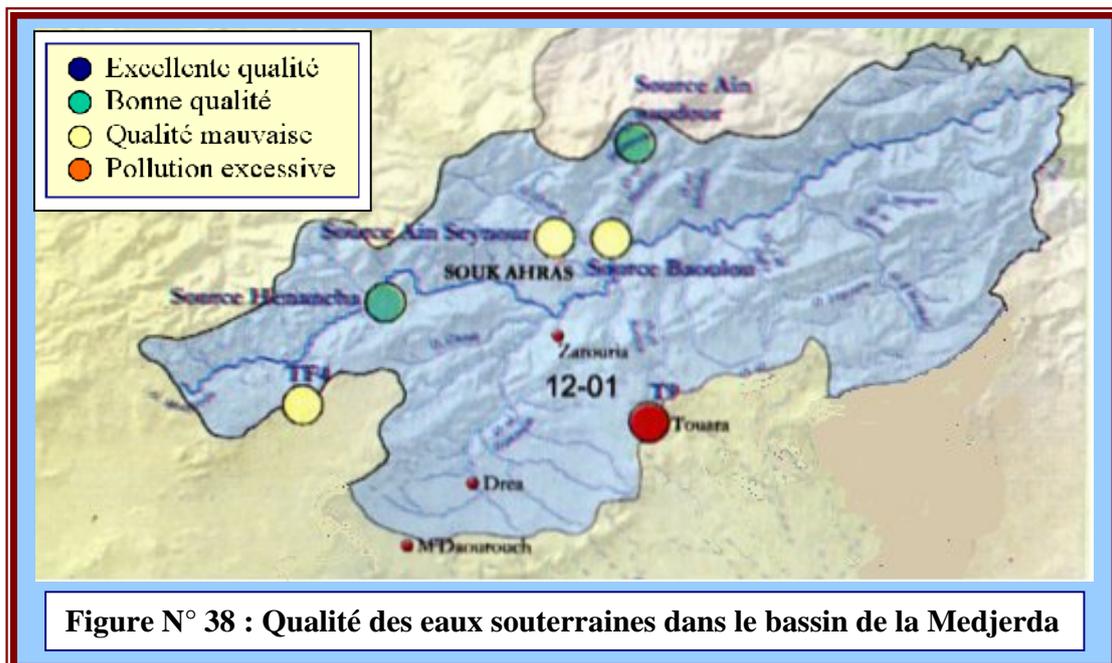
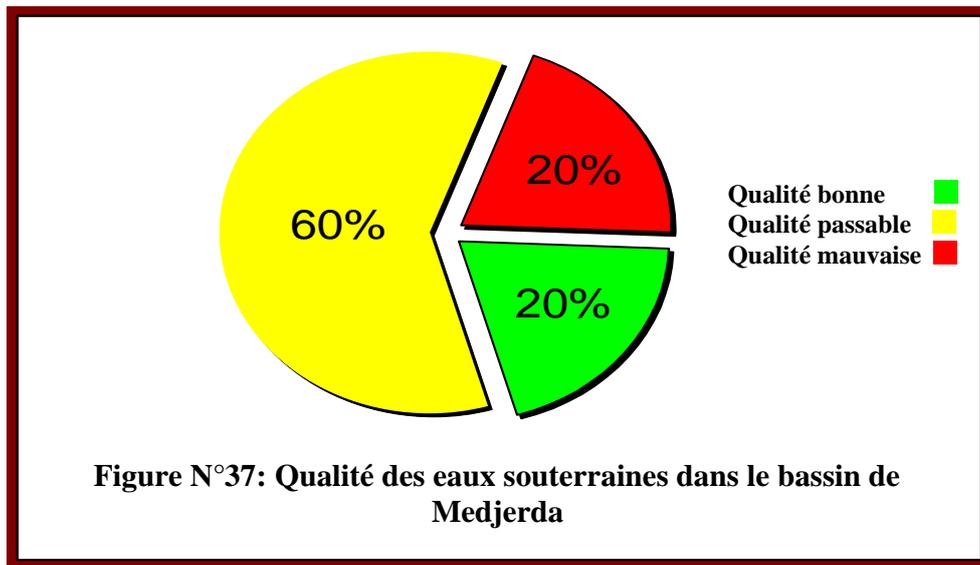
Paramètres	Unité	Classe de qualité			
		Excellente	Bonne	Passable	Mauvaise
Turbidité	NTU	0.4	2	3750	>3750
Conductivité	$\mu\text{S/cm}$	>180 et 400	400 et 2500	180 ou >2500 et 4000	> 4000
$\text{Cl}^-$	Mg/l	25	250		> 250
$\text{SO}_4^{-2}$	Mg/l	25	250		> 250
$\text{NO}_3^-$	Mg/l	10	20	40	> 40
$\text{NH}_4^+$	Mg/l	0.05	0.6	4	>4
$\text{NO}_2$	Mg/l	0.01	0.1	3	>3
$\text{PO}_4^-$	Mg/l	0.01	0.1	3	>3

Selon l'OMS(1994)

**Tableau N°42 Signification des classes de qualité**

Qualité	Signification
Excellente	Eau de qualité optimisée pour être consommée
Bonne	Eau de qualité acceptable pour être consommée mais pouvant le cas échéant, faire l'objet d'un traitement de désinfection.
Passable	Eau non potable, nécessitant un traitement de potabilisation
Mauvaise	Eau inapte à la production d'eau potable en regard de la réglementation

La qualité globale des eaux souterraines aux points de prélèvement en pourcentage est représentée sur la figure N°. nous distinguons que les 60% des eaux sont de qualité passable et le reste est divisé entre bonne et mauvaise.



### II.3 Aptitude des eaux à l'Irrigation

L'abondance des sels et des minéraux dans l'eau, peut traduire des effets sur le sol et les plantes tel que le phénomène d'alcalinisation. Pour remédier à ce problème d'alcalinisation, nous allons traiter l'aptitude de l'eau à l'irrigation, en faisant appel à la méthode de Richard.:

#### II.3.1 Sodium Absorptions Ration (SAR)

La présence du sodium peut causer des effets sur la structure de la roche, et sur la végétation dues aux floculations des argiles, ce qui rend les sols compacts pour les plantes. Afin d'éviter ce risque, RICHARD (1954) à élaboré une classification se basant sur le sodium absorbé par le sol, ou bien c'est la concentration en sodium.

Le **S.A.R** est donné par la formule suivante en méq/l.

$$S.A.R = \frac{rNa^+}{\sqrt{\frac{rCa^{++} + rMg^{++}}{2}}}$$

Les valeurs de **S.A.R** sont reportées en combinaison avec la conductivité électrique de l'eau, sur le diagramme de RICHARD (Fig ) ,qui doit permettre la classification de l'eau d'irrigation suivant les cinq classes de qualité délimitées dans le tableau (42).

**Tableau N°43 : Classification des eaux par degrés d'aptitude à l'Irrigation par la méthode du S.A.R**

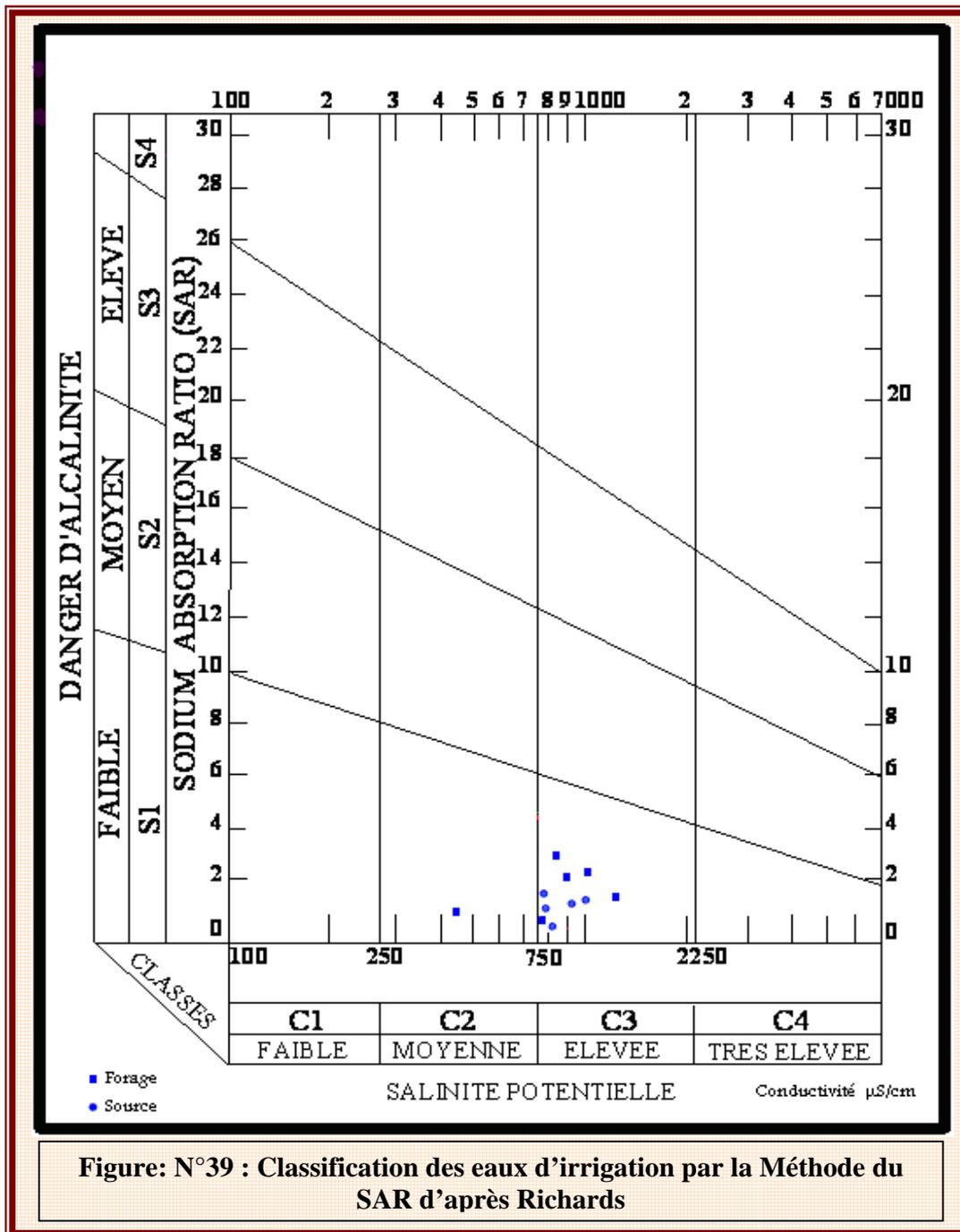
(IN. M.LOUVIER. 1976 B.RG.M)

Degré	Qualité	Classes	Etat d'utilisation
1 <sup>er</sup>	Excellente	C1 – S1	Eau, utilisation sans danger pour l'irrigation de la plupart des cultures, sur la plupart des sols.
2 <sup>ème</sup>	Bonne	C2 – S1 C2 – S2	En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation de plantes moyennement tolérantes au sel, sur sol
3 <sup>ème</sup>	Admissible	C3 – S1 C2 – S3 C3 – S2	En général, eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes au sel, sur des sols bien drainés l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée
4 <sup>ème</sup>	Médiocre	C4 – S1 C4 – S2 C3 – S3	En général, eau fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel et sur les sols bien drainés et lessivés
5 <sup>ème</sup>	Mauvaise	C3 – S4 C4 – S3 C4 – S4	Eau ne convenant généralement pas à l'irrigation, mais pouvant être utilisée sous certaines conditions, sols très perméables, bon lessivage, plantes tolérant bien le sel.

Six forages et cinq sources en tout représentent l'ensemble des points de mesure à pour but de classer les eaux d'irrigation dans le bassin d'étude.

Les eaux de notre région se répartissent sur le diagramme de Richard comme suit :

- 10 échantillons se regroupent dans la classe C3 - S1 (eau de qualité admissible).
- un seul échantillon se trouve dans la classe C2 - S1 (eau de qualité bonne). (WAHID, 1996)



#### II.4 Conclusion

L'analyse hydrochimique effectuée sur des échantillons d'eau, prélevés au niveau des forages et des sources, montrent que le faciès chimique le plus répandu est « bicarbonaté-calcique »

Pour la potabilité des eaux; elle représente une qualité bonne à passable, montrant une forte concentration en nitrates dans quelques forages et sources

### III. Qualité des eaux superficielles

#### III.1 Introduction

Les ressources en eau dans la région sont limitées en raison du climat. Cette problématique ne se limite pas à la quantité des ressources en eau, mais porte également sur la qualité de ces ressources qu'il faut aujourd'hui plus que jamais bien gérer. Les activités industrielles, agricoles ou urbaines peuvent modifier la qualité des eaux et les rendre impropres à l'utilisation. C'est le cas de la région de Souk-Ahras où la diversification et l'augmentation de la quantité de polluants rejetés sans traitement détériorent grandement la qualité des eaux d'oued Medjerda.

Dans le but de déterminer la qualité des eaux superficielles, on a basé particulièrement sur l'étude d'évolution d'un groupe de 09 paramètres principaux caractérisant la potabilité de ces eaux, qui représentent les premiers facteurs de la dégradation de la qualité, on dit aussi l'altération des eaux souterraines, ces paramètres on peut les assembler en 06 groupes de même nature ou de même effet permettant de décrire le type de dégradation de la qualité ( voir le tableau N° 45).

#### III.2 Evaluation de la qualité des eaux superficielles

Dans notre cas on a mis en évidence les études qui ont été effectuées durant une période assez longue, de 1998 jusqu'à 2003, élaborées par l'ABH.:

Le contrôle de la qualité des eaux est effectué sur Oued Medjerda au niveau du barrage Ain Dalla et en aval dans 03 points de prélèvement. *Voir le tableau ci-dessous*

**Tableau N°44 : Points de mesure dans l'Oued Medjerda**

Dénomination	Commune	Coordonnées Lambert		Code de station	Observation
		X (m)	Y (m)		
Barrage Ain Dalia	Hennancha	963600	341900	120115	- Aucun
Aval barrage Ain Dalia	Souk-Ahras	976750	345800	120114	- Agglomération - Unités Industrielles
Sidi El Hemissi	Ouled Moumen	1006400	446350	120113	- Agglomération

### III.2.1 Caractéristiques physico-chimique des eaux

Les principaux paramètres caractérisant les eaux de surface et qui sont capables de décrire le type de dégradation de ces eaux à savoir la potabilité, se sont généralement les groupes d'altération suivants :

**Tableau N°45 : principaux paramètres d'altération des eaux superficielles**

Nbr	Altérations	paramètres
<b>Groupe 1</b>	Matières organiques et oxydables	O <sub>2</sub> dis, DCO et MO
<b>Groupe 2</b>	Matières azotées (hors Nitrates)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub>
<b>Groupe 3</b>	Matières Phosphorées	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
<b>Groupe 4</b>	Nitrates	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
<b>Groupe 5</b>	Matières en suspension	Turbidité
<b>Groupe 6</b>	Minéralisation	Conductivité

#### III.2.1.1 Les Matières organiques et oxydables

Cette famille regroupe:

- l'oxygène dissous indispensable à la vie aquatique
- l'ensemble de substances organiques susceptibles de consommer cet oxygène lors de leur dégradation. Ces substances sont contenues dans tous les rejets d'origine urbaine et agricole et dans de nombreux rejets industriels.

Les teneurs en oxygène dissous dans les eaux naturelles sont déterminées principalement par:

- Les échanges avec l'atmosphère
- La respiration des organismes aquatiques
- L'oxydation et la dégradation des polluants
- L'activité photosynthétique de la flore.

Les rejets d'effluents organiques ou réducteurs dans le milieu naturel ont pour effet principal de diminuer la quantité d'oxygène, c'est pourquoi cette pollution organique est évaluée par la demande en oxygène:

- la matière organique MO ou KMnO<sub>4</sub>
- la demande chimique en oxygène DCO.

### **III.2.1.2 Les Matières azotées**

Les différentes formes de l'azote mesurées dans les eaux superficielles sont essentiellement l'ammonium, les nitrites, et les nitrates.

Certaines formes de l'azote servent d'éléments nutritifs majeurs des végétaux des oueds. Dans certaines conditions, leur développement excessif peut se manifester par des Phénomènes d'eutrophisation.

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont rapidement oxydés en nitrates.

La présence d'azote ammoniacal dans les cours d'eau peut être reliée à un grand nombre de sources.

- La décomposition des matières organiques azotées contenues dans les débris végétaux des algues, plantes ou herbes du lit ou des berges des rivières,
- Les rejets d'origine humaine ou industrielle peuvent amener des quantités relativement importantes d'azote ammoniacal dans les eaux; les déjections humaines et animales contiennent de grandes quantités d'urée, source d'azote ammoniacal.

Certaines industries (chimiques, industries textiles) peuvent également entraîner des augmentations des concentrations dans les eaux d'azote ammoniacal.

### **III.2.1.3 Les Nitrates**

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote. Les nitrates se trouvent naturellement dans les eaux provenant surtout de l'action de l'écoulement des eaux sur le bassin versant dont la nature joue un rôle prépondérant. L'activité humaine est une source incontestable dès que l'on dépasse le mg/l.

Les apports proviennent:

- Du lessivage des engrais
- De l'azote reminéralisé sur les zones de culture
- Des eaux usées domestiques
- Des eaux industrielles.

### III.2.1.4 Les Matières Phosphorées

Les phosphates peuvent être d'origine:

- Naturelle
- Décomposition de la matière vivante
- Lessivage de minéraux
- Anthropique (due à l'activité humaine).

Un excès en phosphore peut nuire gravement à la santé des écosystèmes en générant des proliférations végétales qui déséquilibrent les populations de plantes aquatiques et peuvent provoquer des phénomènes d'eutrophisation.

### III.2.2 Résultats des analyses physico-chimiques

Les données obtenues dans le tableau ci-dessous, représentent la synthèse des résultats de surveillance de la qualité des eaux de l'oued Medjerda durant cinq ans de suivi.

**Tableau N°46 : Résultats des analyses physico-chimiques des eaux de l'Oued Medjerda**

Paramètres	Unité	Intervalle de variation					
		Barrage Ain Dalia		Aval B. Ain Dalia		Oued El Hemissi	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max
<b>Turbidité</b>	NTU	2.53	40.63	4.75	80	5.66	25.71
<b>Conductivité</b>	µS/cm	809	885	2000	2000	1750	2057
<b>O<sub>2</sub>dis</b>	%	90.00	96.17	85	250	94.86	97.38
<b>MO</b>	Mg/l	7.12	8.65	0.88	16.20	12.57	17.72
<b>DCO</b>	Mg/l	42.55	61.70	60	80	88	92.29
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	Mg/l	0.01	0.31	0.05	5.34	0.38	1.3
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Mg/l	7.51	9.42	9.34	16.20	28.00	30.57
<b>NO<sub>2</sub></b>	Mg/l	0.01	0.06	0.05	0.53	0.15	5.14
<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	Mg/l	0.23	0.58	0.26	0.75	0.81	0.69

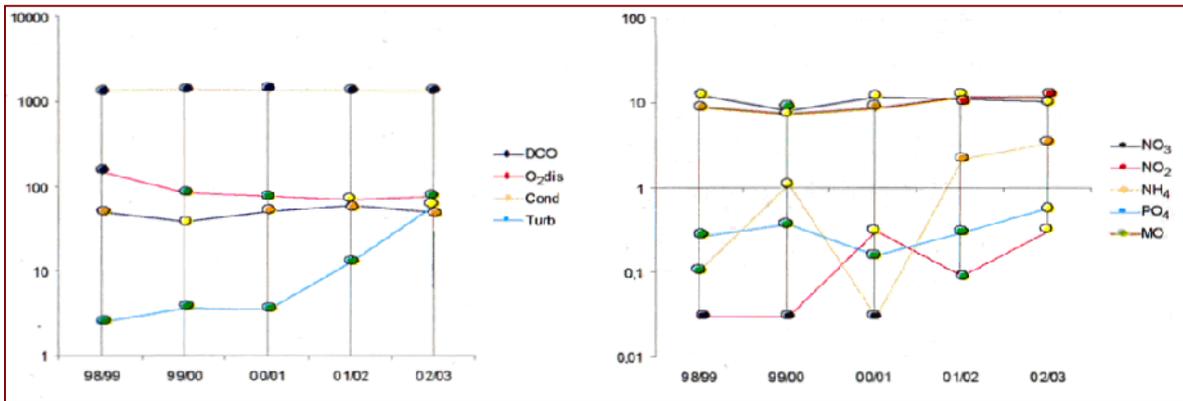


Figure N°40: Variation interannuelle moyenne de la qualité des eaux du barrage Ain Dalia (St. 120115)

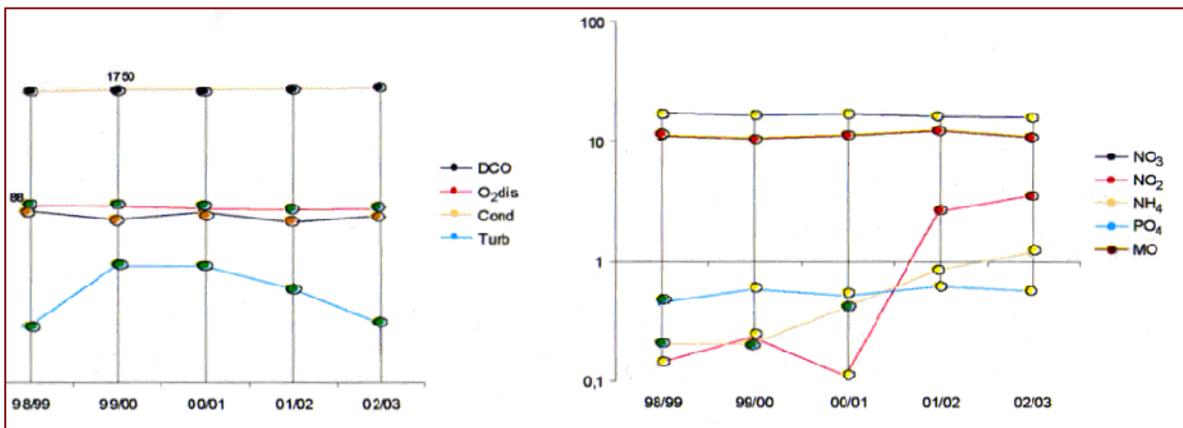


Figure N°41 : Variation interannuelle moyenne de la qualité des eaux en aval barrage de Ain Dalia (St. 120114)

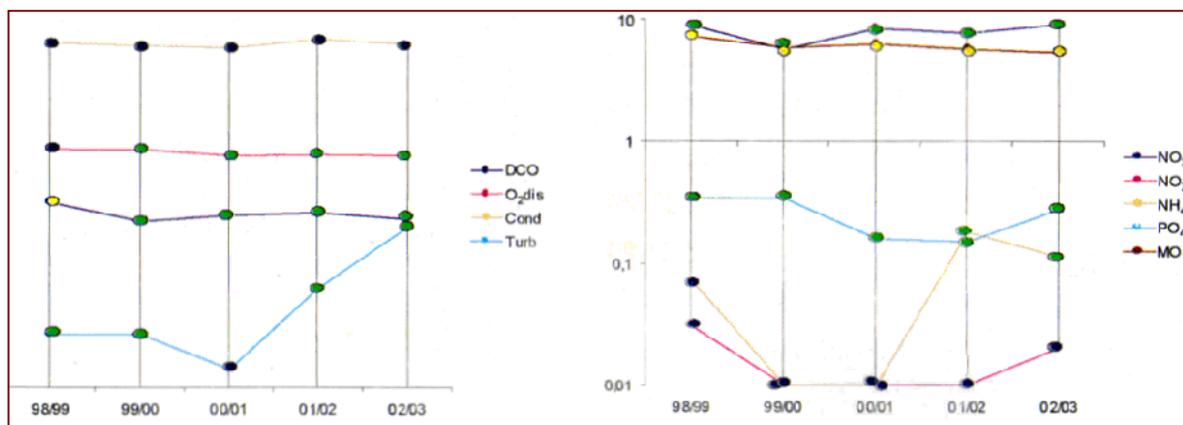


Figure N°42 : Variation interannuelle moyenne de la qualité des eaux du oued El Hemissi (St. 120113)

### III.2.3 Interprétation des résultats

Pour juger ces résultats obtenus en matière de qualité et potabilité, il est donc très nécessaire d'avoir une idée sur les limites des normes de potabilité de l'OMS pour chaque paramètre étudié et ensuite nous asseyons de donner les cause el les sources de pollution vraisemblables dans chaque point de mesure. (Voir les détails dans le Tableau N°48 )

**Tab N° 47 : Grille de qualité des eaux superficielles selon les paramètres d'altération**

paramètres	Unité	Classe de qualité				
		Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution excessive
<b>Turbidité</b>	NTU	2	35	70	105	>105
<b>Conductivité</b>	μS/cm	2500	3000	3500	4000	> 4000
<b>DCO</b>	Mg/l	20	30	40	80	> 80
<b>MO</b>	Mg/l	3	5	8	10	> 10
<b>O<sub>2</sub>dissous</b>	%	90	70	50	30	< 30
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Mg/l	2	10	25	50	>50
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	Mg/l	0.1	0.5	2	5	>8
<b>NO<sub>2</sub></b>	Mg/l	0.01	0.1	0.5	1	>1
<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	Mg/l	0.1	0.5	1	2	>2

Selon l'OMS (1994)

La qualité des eaux superficielles entre les années hydrologiques s'est nettement détériorée aux ponts de prélèvement considérés, dont plus de 2/3 des eaux sont de qualité inacceptable.

Les facteurs ayants pu favorisé cette situation sont les suivants :

- phénomène de brassage pendant la période de crue (2001/2002),
- déversements des eaux polluées (rejets urbains, domestiques et industrielles)

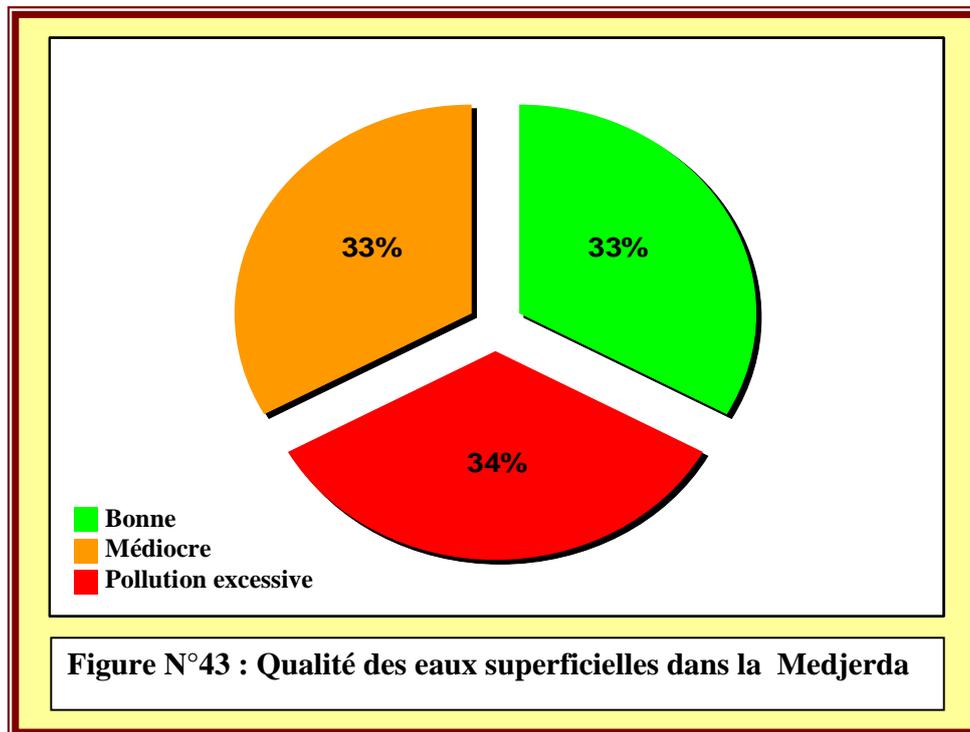


Figure N°43 : Qualité des eaux superficielles dans la Medjerda

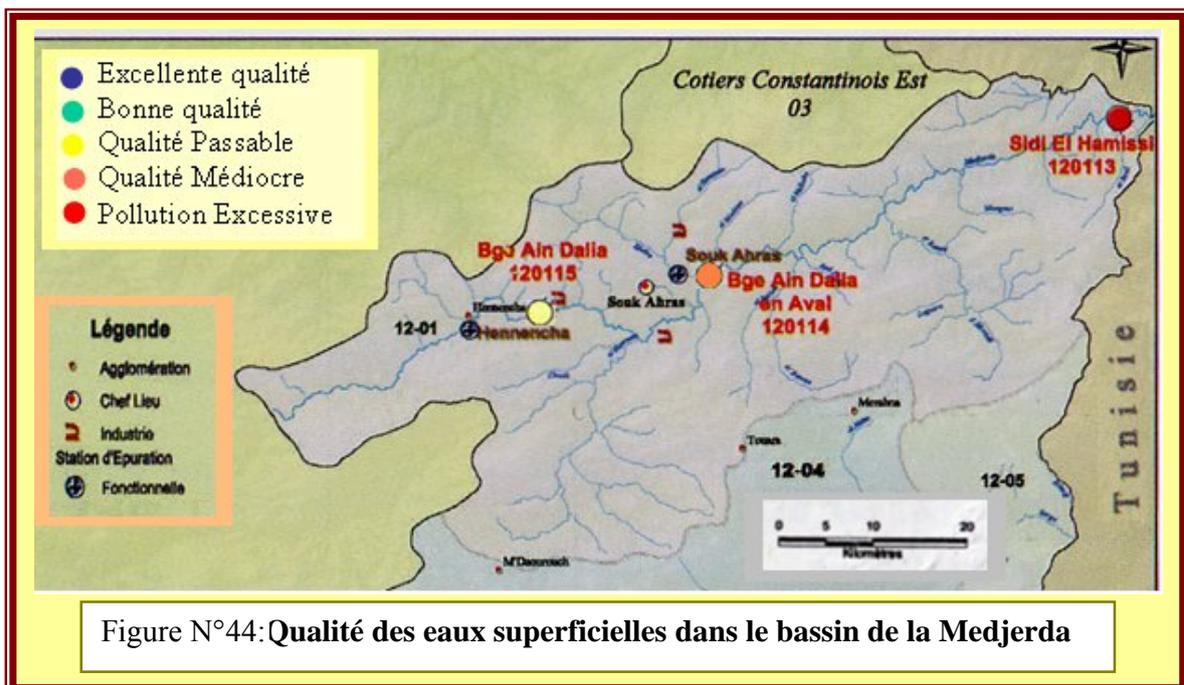


Figure N°44: Qualité des eaux superficielles dans le bassin de la Medjerda

Tableau N°48 : Interprétation des résultats des analyses physico-chimiques aux points de prélèvement

Matières		Pollution	Qualité globale	Observations	
				Commentaire	Sources de pollution
<b>Station (1) : Barrage Ain Dalia</b>					
Polluants	- Organiques et oxydables	Faible	Passable	Capacité épuratoire limitée du milieu car oxygénation variable	- <b>Naturelle</b> (Organismes aquatiques)
	- Azotés				
	- Phosphorées	-	Bonne		
	Phosphates	-	Bonne		
	Nitrates	-	Bonne		
Oxygénation	-	Bonne			
<b>Station (2) : Aval Barrage Ain Dalia</b>					
Polluants	- Organiques et oxydables	Faible	Médiocre	Capacité épuratoire limitée du milieu car oxygénation variable	- <b>Urbaine</b> (agglomérations de la ville de Souk-Ahras, Zaarouria et Ouled-Driss)  - <b>Industrielle</b> (toutes les unités industrielles de la ville de Souk-Ahras).
	- Azotés				
	- Phosphorées	-	Bonne		
	Phosphates	Faible	Passable		
	Nitrates	-	Bonne		
Oxygénation	-	Bonne			
<b>Station (3) : Oued El Hemissi</b>					
Polluants	- Organiques et oxydables	Excellente	Très Mauvaise	Capacité épuratoire limitée du milieu car oxygénation variable	- <b>Urbaine</b> (agglomérations de Ouled-Moumen).
	- Azotés				
	- Phosphorées	Faible	Passable		
	Phosphates	Faible	Passable		
	Nitrates	Faible	Passable		
Oxygénation		Bonne			

**Remarque :** Après épuration par la STEP, les eaux de l'agglomération de Hennancha sont déversées directement dans le barrage de Ain Dalia.

L'existence de la STEP de Souk-Ahras n'améliore pas la qualité des eaux, car elle fonctionne par intermittence.

Il est difficile d'expliquer la dégradation de la qualité des eaux de oued Medjerda entre les deux points de mesure, aval Ain Dalia et Sidi El Hemissi, car on n'y a enregistré aucune source de pollution clair. De plus, ce dernier est un point frontalier, ce qui justifie le manque d'informations.



**Photo N° 09 : L'influence des métaux lourds dans l'eau de l'Oued Medjerda**



**Photo N° 10 : Rejets des eaux usées dans l'Oued Medjerda**

Pour lever cette ambiguïté nous allons proposer une étude plus ou moins détaillée, sert à expliquer l'évolution des éléments nutritifs sur le long de l'Oued Medjerda.

**III.2.4 Evolution des éléments nutritifs dans la Medjerda ( Dép.S.Univ.Souk-Ahras)****III.2.4.1 Matière et méthode****A) Echantillonnage**

Avant de mettre en place notre programme d'échantillonnage, nous avons définis les objectifs qui constituent les principaux facteurs à prendre en considération pour déterminer :

- La position des sites de prélèvement : Hannencha, Moulin Deyron, pont de Zaarouria et Sidi Badr
- le mode de prélèvement et la durée : manuel et nécessitant un peu de temps.
- le traitement des échantillons et les besoins analytiques : fait au niveau du laboratoire de l'Algérienne des eaux "ADE".

Nos objectifs visés dans ce travail sont :

Les prélèvements ont été réalisés en amont du barrage de « Ain Dalia » à l'endroit dit « Hennanacha » c'est-à-dire dans les lieux mêmes ou l'Oued Medjerda prend sa source.

De même que nous avons établis trois autres prélèvements en aval du barrage du « pont de Zaarouria » et l'autre moulin Deyron. Le dernier site de prélèvement s'est effectué à Sidi Bader là ou se localisent tous les déversements

L'échantillonnage a été ainsi étendu sur une distance de plus de 65 Km, sur une amplitude totale de 106 kms ; cette distance étant susceptible de refléter une évolution globale de l'état de la rivière.

**B) Mode et matériel de Prélèvement**

Nous avons utilisé des flacons en polyéthylène à fin d'éviter l'adsorption des certaines substances chimiques en particulier les métaux sur les parois de ces récipients

Les récipients en polyéthylène ont été nettoyés par remplissage en acide nitrique 1N, après une journée d'attente, ils ont été par la suite rincés soigneusement à l'eau distillée. Tout cela afin de minimiser une éventuelle contamination de l'échantillon.

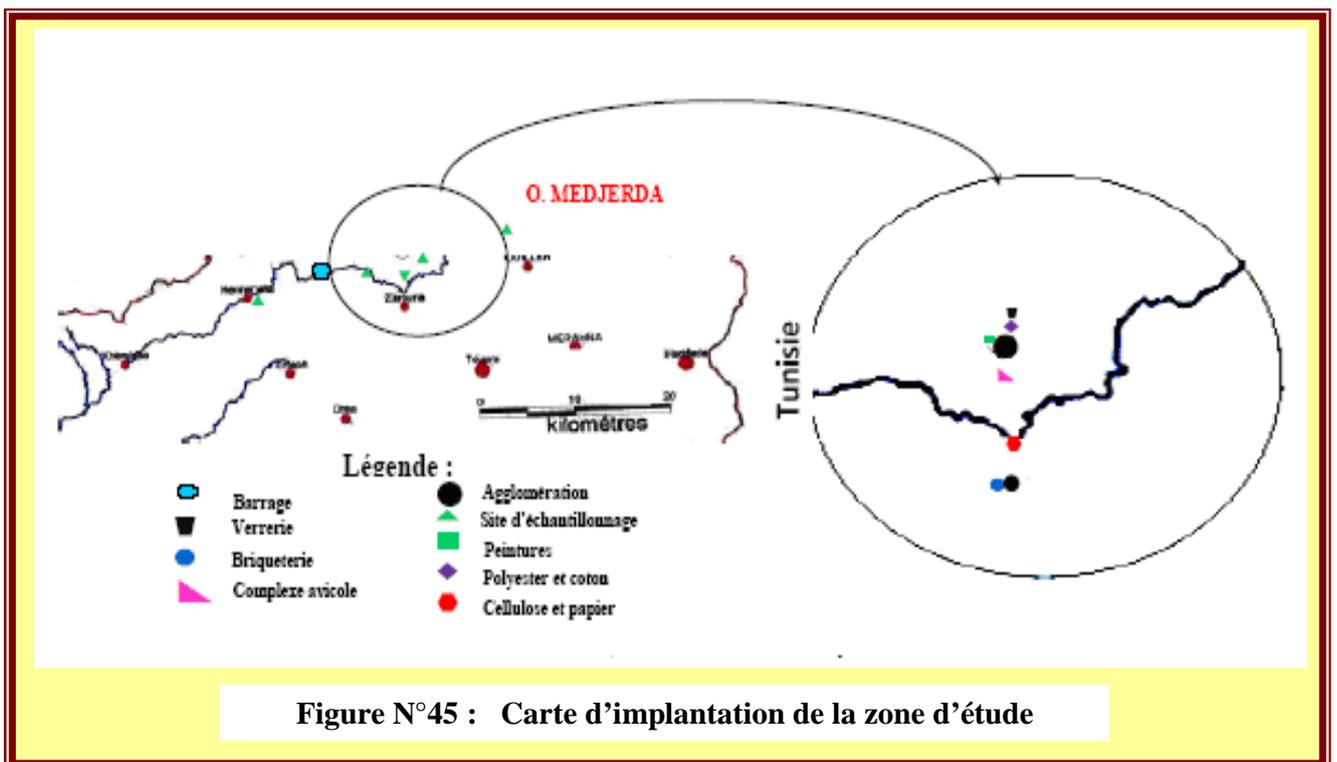
Avant le remplissage du flacon, nous avons procédé à son rinçage (bouchon y compris) trois fois de suite avec l'eau prélevée de manière énergétique. Puis le flacon a été secoué le col vers le bas.

Enfin le flacon sera plongée à des distances minimales de fond (50 cm) et de surface (50 cm également) assez loin des rives et des bords, ainsi que des obstacles naturels ou artificiels en évitant soigneusement, les zones de remous et de remise en suspension des dépôts.

En dernier lieu le flacon a été rempli lentement pour éliminer le barbotage et l'emprisonnement d'air à la fermeture, en faisant face aux eaux d'amont annulant ainsi tout phénomène de contamination.

### C) Dosage des formes azotées

Pour doser nos paramètres nous avons utilisé le spectrophotomètre d'absorption moléculaire : "HACH ODYSSEY DR/ 2500 " Gamme de longueurs d'onde 365-880 nm. Gamme d'absorbance  $\pm 0,001$  Abs à 3,2 Abs. Résolution Abs=1 nm. Support de cuve : rectangulaire ou rondes de diamètres variables. pH intégré : pH -2.0 à 19.9 – redox +2000mv. Mode de lecture: extinction, transmission, concentration. Alimentation électrique : 270v, 50/60 HZ, réglage automatique.



Les résultats du dosage des trois formes azotées pendant les quatre prélèvements et l'évolution de la concentration dans les différents sites S1, S2, S3 et S4 sont représentés dans les tableaux :(51.52.53).

Tableau N°49 : Variation de la concentration des  $\text{NO}_3^-$  mg/l

Sites de prélèvement	1 <sup>er</sup> prélèvement	2 <sup>ème</sup> prélèvement	3 <sup>ème</sup> prélèvement	4 <sup>ème</sup> prélèvement
S1 (B.Ain Dalia)	0.147	0.294	0.198	0.17
S2 (Pont.Zaarouria)	0.063	0.063	0.187	0.031
S3 (Pont M.Dyron)	0.116	0.073	0.211	0.105
S3 (Sidi Bader)	0.137	0.147	0.031	0.048

Tableau N°50 : Variation de la concentration des  $\text{NO}_2^-$  mg/l

Sites de prélèvement	1 <sup>er</sup> prélèvement	2 <sup>ème</sup> prélèvement	3 <sup>ème</sup> prélèvement	4 <sup>ème</sup> prélèvement
S1 (B.Ain Dalia)	0.175	0.065	1.74	0
S2 (Pont.Zaarouria)	0.015	0.043	0.24	0
S3 (Pont.M.Dyron)	0.145	0.383	0.85	0.72
S3 (Sidi Bader)	0.59	0.439	6.31	0.09

Tableau N°51 : Variation de la concentration des  $\text{NH}_4^+$  mg/l

Sites de prélèvement	1 <sup>er</sup> prélèvement	2 <sup>ème</sup> prélèvement	3 <sup>ème</sup> prélèvement	4 <sup>ème</sup> prélèvement
S1 (B.Ain Dalia)	1.143	0.206	0.692	0.97
S2 (Pont.Zaarouria)	2.150	0.0268	0.044	0.05
S3 (Pont M.Dyron)	2.335	0.0034	0.313	0.17
S3 (Sidi Bader)	3.21	0.10	1.636	0.017

Du point de vue météorologique, l'histogramme des nitrates met des petites quantités de nitrates dans des périodes chaudes et ensoleillées. Par temps pluvieux (15 avril), les quantités de nitrates sont nettement augmentées surtout en amont du cours d'eau. Cela souligne le fait que cet élément transite par le sol et est transporté de manière importante principalement par le parcours d'eau et les sols sont suffisamment gorgés d'eau pour permettre une diffusion des nitrates.

D'un point de vue spatial, il y a une augmentation des teneurs des nitrates à l'amont du barrage Ain Dalia puis on observe une diminution, nous pouvons dire qu'un effet de dilution est possible entre l'amont et l'aval, cette diminution est due à l'assimilation par les plantes le long du cours d'eau.

La teneur un peu élevée en nitrates à l'amont (S1: Hannencha) par rapport aux autres sites peut éventuellement être expliquée par une très faible quantité d'eau en ce point durant toutes les campagnes d'échantillonnage (10 cm d'hauteur au maximum).

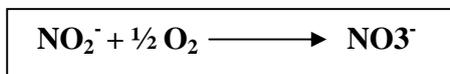
Les concentrations moyennes au niveau de l'oued Medjerda ne dépassent pas les valeurs recommandées par la norme algérienne (NA 1656) des eaux destinées à la consommation humaine qui impose une valeur limite de 50 mg/L. Ces eaux n'apportent pas de grande quantité comme macronutriment pour l'irrigation.

Suivant la classe de qualité des eaux de surface établie en mai 2004 par l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH), les eaux du bassin versant Medjerda sont de bonne qualité (<10 mg/L).

Pour les nitrites et du point de vue des conditions météorologiques, on constate à nouveau que la plupart des teneurs observées en  $\text{NO}_2^-$  à une période de fortes précipitations (15 avril) sont beaucoup plus importantes que celles observées par temps sec (08 juillet). Des points particuliers comme le troisième prélèvement est beaucoup plus important en concentration des nitrites que les autres prélèvements.

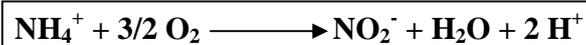
De point de vue spatial, les valeurs élevées sont en corrélation logique avec les teneurs importantes observées en nitrates, à savoir particulièrement moins élevées au site 02 : Moulin Deyron qui se situe à l'aval du barrage Ain Dalia.

La seule explication de cette diminution dans les teneurs des nitrites au site 02 est due à une oxydation en nitrates par la réaction de nitratisation suivante :



Cette oxydation ne pourra être que du chlore gazeux Cl<sub>2</sub> utilisé au niveau du barrage en fin de traitement, dans le but de désinfecter (détruire les virus et les bactéries) des eaux de Medjerda destinées à la consommation humaine.

Les nitrites représentent une forme moins oxygénée et moins stable, elle représente la forme de passage entre les nitrates et l'ammonium, c'est une forme toxique, les deux sites en aval du bassin versant montrent des teneurs élevées en nitrites et les valeurs moyennes observées sont (0,52mg/l, 0,35mg/l). Elles sont dues à l'effet de l'oxydation de la forme ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (nitrification) qui a les valeurs moyennes (0,70mg/l, 1,24mg/l) selon la réaction suivante :



Dans l'ensemble de la plaine, les valeurs sont supérieures à la norme de potabilité. Le nitrite est à surveiller pour sa toxicité quant aux eaux destinées à la consommation humaine et ne devrait pas dépasser 0,1mg/L comme objectif de qualité selon la norme algérienne NA 1657 mais il ne présente pas des nombreuses perturbations des fonctions physiologiques sur les animaux aquatiques (pas d'oxydation de l'hémoglobine en méthémoglobine et incapacité à fixer l'O<sub>2</sub>) (RESJEK, 2002).

Suivant la classe de qualité des eaux de surface établie en mai 2004 par l'agence nationale des ressources hydrauliques (A.N.R.H), les eaux du bassin versant Medjerda sont généralement polluées (0,1 à 3 mg/l) sauf au site 02 (durant la plupart des prélèvements) puisqu'il se situe en aval du barrage Ain Dalia.

Concernant les ions ammonium et de point de vue des saisons, nous observons qu'il y a plus d'ammonium en période sèche et ensoleillée (14 mai et 08 juillet) qu'après de fortes précipitations (14 avril). La période intermédiaire où il n'y a pas de précipitation (22 janvier) est de concentration très faible en ammonium

La plus grande partie de l'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> et NH<sub>3</sub>) dans les eaux de l'oued Medjerda se trouve sous forme d'ions ammonium et non sous forme non ionisée NH<sub>3</sub> tant que le pH est compris entre 6.5 et 8.5.

La forme non ionisée est peu toxique. Par contre, la même quantité d'azote ammoniacal à des pH élevés peut avoir des conséquences graves pour la rivière car la forme non ionisée est très toxique pour la faune et la flore. (RODIER. J 2005)

Les ions ammonium des eaux de l'oued Medjerda ont des origines naturelles telle que la décomposition des déchets végétaux et animaux ou plus particulièrement d'origine humaine à cause de la présence d'urée (Hennancha), et ou d'origine industrielle: ELATEX de Souk-Ahras (ce qui est observée à Sidi Badr).

Au site S2, les ions ammonium ont été éliminés au niveau du barrage par un procédé physico-chimique : en utilisant le chlore qui va former des chloramines, puis avec des doses plus fortes va détruire ces chloramines (RAYMOND. D 1997) et le taux d'ammonium ne représente aucun signe de pollution à Moulin Deyron selon la réglementation algérienne NA 1848 ou NA 1852 qui impose une valeur CMA de 0,5 mg/l de  $\text{NH}_4^+$  avec un niveau guide de 0.05mg/l



**Photo N°11 : La détérioration de la qualité des eaux d'Oued Medjerda**

### **III.4.3 Conclusion**

Le taux des nitrates demeure très faible et variable suivant la saison et l'origine des eaux. Les eaux de l'oued Medjerda sont de bonne qualité. Les eaux lors du 2<sup>ème</sup> prélèvement contiennent des nitrates en provenance de l'ammoniaque et des oxydes d'azote présents dans l'atmosphère, dont une partie est liée à la combustion des produits fossiles (charbon, fuel) et à l'utilisation des hydrocarbures.

Les eaux de la Medjerda sont polluées en nitrite suivant le classement établis par L'ANRH en mai 2004. Nous observons aussi que la teneur est variable dans le temps et dans l'espace et il y a toujours une nitrification ou une dénitrification.

Selon L'ANRH, la dernière forme azotée qui est l'ammonium à une teneur élevée à l'aval de l'oued et les eaux de l'oued Medjerda sont dans l'ensemble moyennement polluées. Comme les nitrates, les eaux lors du 2<sup>ème</sup> prélèvement contiennent aussi de l'ammonium en plus. La présence de l'azote ammoniacal dans les eaux de la Medjerda peut avoir plusieurs origines.

### **IV. Conclusion**

L'analyse hydrochimique effectuée sur des échantillons d'eau prélevés au niveau de l'Oued Medjerda et de quelques forages et sources, montre que le faciès chimique des eaux souterraines le plus répandu est Bicarbonaté-calcique et pour les eaux souterraines et chloruré-sodique avec des teneurs en chlorure dépassant souvent les normes de potabilité. Ce faciès est attribué aux évaporites de Mio-Pliocène.

Les eaux souterraines dans notre bassin sont d'excellente qualité par rapport aux matières azotées  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{NO}_2^-$ . Par conséquent il n'y a pas de pollution de surface proche et ces eaux ne sont pas contaminées par des pollutions organiques ou microbiologiques.

Toutes ces eaux sont de qualité passable par rapport aux  $\text{PO}_4^-$ . Ces derniers proviendraient d'épandage d'engrais phosphatés. L'insatiabilité des concentrations en nitrates provoque une dégradation de la qualité qui fluctue entre passable et mauvaise. L'origine de cet anion provient sûrement des engrais.

La qualité des eaux superficielles s'est nettement dégradée à cause de plusieurs facteurs ayant pu favoriser cette mauvaise situation, tel que les suivants :

- phénomène de lessivage pendant la période de crue, comme en (2001/2002).
- déversements des eaux polluées (rejets urbains, domestiques et industrielles).
- l'inexistence ou l'inefficacité de la station d'épuration, (le choix du site, la discontinuité..)

En ce qui concerne l'irrigation, l'eau de notre région d'étude est généralement de qualité bonne à admissible.

# **CONCLUSION GENERALE**

## **CONCLUSION GENERALE**

La synthèse des données acquises et l'interprétation des résultats obtenus lors de l'élaboration de ce travail, ont permis de constituer une première contribution vers une gestion intégrée des ressources en eau du bassin versant de Medjerda. Elle a été réalisée en vue d'améliorer la gestion des ressources hydriques et satisfaire les besoins en eau pour les différents usagers (AEP, AEI et AEA).

Toutefois ce travail nous a permis de tirer la conclusion suivante :

L'étude de la géomorphologie a montré que le sous bassin de l'oued Medjerda appartient au grand bassin du Medjerda - Mellegue, il occupe dans sa partie Algérienne une superficie de 1411Km<sup>2</sup> et s'étend sur une longueur du talweg principal de 106.16Km caractérisé par un chevelu hydrographique très dense et un écoulement temporaire.

La géologie de la région est très hétérogène, caractérisée par des formations sédimentaires dont l'âge le plus ancien est le Trias jusqu'au Quaternaire; constituée généralement par des calcaires, des grés, des marnes, des cailloutis et des alluvions. Elle représente une zone charnière entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud.

L'étude hydroclimatologique montre que la région d'étude est soumise à un climat semi aride et reste relativement bien arrosée, caractérisé par deux saisons, l'une humide et froide et l'autre sèche et chaude. La pluviométrie moyenne annuelle dépasse 600 mm, la température moyenne annuelle est de l'ordre de 16.01 °C. L'estimation du déficit d'écoulement moyen selon les différentes méthodes est représentée 73,37 % de P.

Selon la méthode de Tixeront Berkalooff le ruissellement est d'un taux de 20.43 % de P, et l'infiltration de 12,70 % de P. cependant, le bilan moyen annuel de l'écoulement montre un écoulement égal à 53,02 mm. Le déficit agricole commence à partir du mois de mai et se prolonge jusqu'au mois d'Octobre ce qui nécessite un arrosage (irrigation).

Les conditions hydrogéologiques sont caractérisées par la présence de la nappe aquifère dans les dépôts alluviaux et de plusieurs nappes aquifères dans les roches.

Les horizons aquifères dans le calcaire des étages Campanien et Maestrichtien, du Miocène et du Pliocène ont la teneur en eau la plus élevée, ils se déchargent dans la zone des fractures ou dans les surfaces de contact avec les roches Crétaciques sous forme des sources ayant le débit de 0.1 à 0.3 l/s.

L'estimation des ressources souterraines potentielles est possible uniquement pour la nappe du Taoura (11.5 Hm<sup>3</sup>/an). Cependant, le volume exploité des nappes atteint des chiffres beaucoup plus supérieures,

La qualité des eaux de surface et souterraines dans la zone d'intérêt est influencée par la nature du sol, le climat et l'activité humaine. Le chimisme des eaux de surface reflète bien l'activité humaine dans la région (rejets urbains, domestiques et industrielles). L'origine des sels constatés dans les eaux souterraines pourrait être en relation avec le lessivage des formations superficielles (argiles et gypses). L'utilisation irrationnelle des engrais chimiques se manifeste par des taux très élevés en nitrates dans les eaux souterraines.

Le volume actuel de 28.76 Hm<sup>3</sup> peut couvrir tous les besoins en AEPI (14.16 Hm<sup>3</sup>), jusqu'à l'année 2030. A partir de 2020 nous sentirons un déficit en eau d'irrigation d'où la réalisation des projets pour l'avenir pourra augmenter l'affectation des eaux vers ce secteur.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### **I. Mémoires et livres :**

1. **Bouchlaghem. B et Hmoudi S.,** (2009), Application de la prospection électrique par Sondage électrique dans le cadre d'une étude synthétique hydrogéologique dans la région de Boukebch (Souk Ahras). Mémoire d'ingénieur, Université de Annaba. 68p.
2. **CASTANY G.,** (1982) - Hydrogéologie. Principes et méthodes, Paris, Dunod, 236 p.
3. **Dahdouch. N.,** (1987) Estimation approximative des ressources en eau du synclinal de Taoura. Mémoire d'ingénieur d'état, Université de Annaba. 104p.
4. **David. L.,** (1956), Etude géologique des monts de la haute Medjerda. Paris
5. **Guesmi. I.,** (2004), Dégradation de la qualité de l'eau dans l'oued de Medjerda (Souk Ahras). Mémoire de magister, Université de Batna 89p.
6. **Friane. F.,** (2000), Ressources et approvisionnement en eau dans la région de Souk-Ahras. Mémoire d'ingénieur d'état, Université de Annaba, 82p.
7. **Lannani. K et Abdouni. L.,** (2008) Etude géo-électrique par sondage électrique dans la région de Taoura. Mémoire d'ingénieur d'état, Université de Annaba, 81p.
8. **Mrad. D.,** (2009), Détection et prise en compte d'éventuels Impacts du changement climatique sur les extrêmes hydrologiques, Cas de la région de Souk-Ahras. Mémoire de magister, Université de Souk-Ahras, 114p.
9. **Toubal W.,** (1993), Etude du forage T<sub>1</sub> dans le synclinal de Toura. Mémoire d'ingénieur d'état, Université de Annaba, 40p.
10. **Wahid. K, Boughrara. Z.,** (1998), Etude hydrogéologique de la fermeture Nord-est du synclinal de Taoura Bordj.M'Raoua. Mémoire d'ingénieur d'état, Université de Annaba, 91p.

**II. Bureaux et Organismes :**

1. **A.B.H-C.S.M** (de 1998 à 2003) - Les Cahiers de l'Agence, Agence de Bassin Hydrographique Constantinois-Seybouse-Mellegue, Annaba.
2. **A.D.E** (2009), Bilan annuel de l'AEP, Souk-Ahras.
3. **A.N.R.H** (2007), Données climatiques, Annaba.
4. **A.N.R.H.** (2006), Données climatiques, Constantine.
5. **D.H.W** (2009), Services de mobilisation des RE, l'AEA, AEP..., Souk-Ahras.
6. **D.P.A.T** (2008), Annuaire statistique, Souk-Ahras.
7. **D.S.A** (2009), Service l'hydro-agricole, Souk-Ahras.
8. **SOFRICO** (Groupement, 2009), Projet d'étude d'actualisation du PNE, bassins hydrographiques de l'Algérie, bureau d'étude Alger, 953p.

**III. Cartes utilisées :**

1. **Carte** géologique de Souk-Ahras (1/50 000)
2. **Carte** topographique de Souk-Ahras (1/200 000)
3. **Carte** géologique du Taoura (1/50 000)

# Annexes

Tableau N° 01 : Projection de la population de la Wilaya de Souk Ahras à l'horizon 2030 à titre illustratif

Commune	nombre A.S (1998)	Population totale					Population agglomérée										Population			
		1998	2003	2010	2020	2030	Urbain					Rural					1998	2003	2010	
Code	Nom	1998	2003	2010	2020	2030	1998	2003	2010	2020	2030	1998	2003	2010	2020	2030	1998	2003	2010	
<b>41 wilaya de Souk Ahras</b>																				
4101	SOUK AHRAS	-	116 746	127 946	154 549	191 449	222 940	114 512	125 859	152 705	189 878	221 657	-	-	-	-	2 234	2 087	1 810	
4102	SEDRATA	4	47 297	51 238	61 291	76 883	92 167	39 146	43 389	53 894	70 018	86 059	4 077	4 043	4 032	4 000	3 769	4 074	3 806	3 301
4103	HANNACHA	2	16 126	16 105	16 184	16 081	15 468	-	-	-	-	-	4 823	5 546	6 851	8 131	8 976	11 303	10 558	9 301
4104	MECHROHA	2	17 190	17 477	18 218	19 169	19 779	-	-	-	-	-	9 269	10 078	11 677	13 598	15 230	7 921	7 399	6 500
4105	OULED DRISS	2	11 896	11 821	11 764	11 497	10 809	-	-	-	-	-	2 939	3 454	4 368	5 197	5 664	8 957	8 367	7 301
4106	TIFFECH	1	5 713	5 699	5 765	5 721	5 367	-	-	-	-	-	981	1 279	1 858	2 393	2 650	4 732	4 420	3 901
4107	ZAAROURIA	1	10 665	11 103	11 959	12 752	13 060	-	-	-	-	-	5 417	6 200	7 625	9 061	10 046	5 248	4 902	4 301
4108	TAOURA	1	17 337	18 330	20 493	23 275	25 625	10 010	11 394	14 679	19 523	22 561	1 991	1 952	1 408	-	-	5 336	4 984	4 401
4109	DREA	-	6 255	6 308	6 403	6 403	6 220	-	-	-	-	-	3 019	3 285	3 731	4 127	4 362	3 236	3 023	2 601
4110	HADDADA	-	6 112	6 155	6 232	6 210	6 005	-	-	-	-	-	2 820	3 080	3 514	3 895	4 115	3 292	3 075	2 710
4111	KHEDARA	-	7 687	7 665	7 643	7 476	7 061	-	-	-	-	-	2 497	2 816	3 358	3 826	4 080	5 190	4 848	4 280
4112	MERAHNA	-	11 030	11 779	13 246	14 812	15 856	7 210	8 211	10 092	12 125	13 662	-	-	-	-	-	3 820	3 568	3 150
4113	OULED MOUMEN	-	5 688	5 445	5 074	4 607	4 005	-	-	-	-	-	375	482	687	870	954	5 313	4 963	4 368
4114	BIR BOUHOUCHE	1	5 552	5 897	6 510	7 026	7 223	-	-	-	-	-	3 546	4 023	4 853	5 615	6 071	2 006	1 874	1 650
4115	M'DAOUROUCHE	1	24 919	27 048	31 976	39 048	45 824	20 645	23 444	28 790	36 335	43 608	416	-	-	-	-	3 858	3 604	3 180
4116	OUM EL ADHAIM	-	7 696	7 991	8 536	8 972	9 050	-	-	-	-	-	4 016	4 553	5 497	6 384	6 937	3 680	3 438	3 003
4117	AIN ZANA	-	7 512	7 325	7 035	6 597	5 948	-	-	-	-	-	1 291	1 514	1 898	2 221	2 375	6 221	5 811	5 103
4118	AIN SOLTANE	-	3 266	3 285	3 335	3 303	3 118	-	-	-	-	-	903	1 078	1 384	1 642	1 761	2 363	2 207	1 950
4119	OUILLEN	1	7 462	7 341	7 175	6 854	6 279	-	-	-	-	-	1 438	1 714	2 201	2 617	2 820	6 024	5 627	4 900
4120	SIDI FREDJ	-	7 949	7 854	7 822	7 656	7 102	-	-	-	-	-	1 082	1 439	2 152	2 827	3 158	6 867	6 415	5 600
4121	SAF EL OUIDEN	-	3 004	2 938	2 826	2 661	2 437	-	-	-	-	-	922	993	1 107	1 197	1 241	2 082	1 945	1 710
4122	RAGOUBA	-	5 055	4 994	4 966	4 844	4 477	-	-	-	-	-	707	932	1 375	1 786	1 980	4 348	4 062	3 500
4123	KHEMISSA	-	3 619	3 487	3 274	3 030	2 762	-	-	-	-	-	1 336	1 355	1 389	1 425	1 451	2 283	2 133	1 880
4124	OUED KEBRIT	1	4 770	4 929	5 204	5 431	5 509	-	-	-	-	-	3 473	3 718	4 133	4 519	4 764	1 297	1 212	1 000
4125	TERREGUET	-	4 621	4 594	4 597	4 501	4 186	-	-	-	-	-	856	1 077	1 489	1 853	2 023	3 765	3 517	3 100
4126	ZOUABRI	-	3 332	3 236	3 074	2 863	2 603	-	-	-	-	-	1 023	1 079	1 167	1 239	1 276	2 309	2 157	1 900

Tableau N° 02 : Bilan de la production (Situation Générale d'AEP des Communes Gérées par l'unité)

N°	Commune	Population (Hab.)			Volume Produit (m <sup>3</sup> /j)			Volume distribué (m <sup>3</sup> /j)	Fréquence et plage horaire de distribution								Dotation Moyenne (l/h/hab.)	
		Total	Desservie	Taux	Surface	Souterrain	Total		H24	Quot.		1j/2		1j/3		1j/4		
									T%	Plage	T%	Plage	T%	Plage	T%	Plage		T%
1.	Souk-Ahras	153969	150858	97.98	28970	12230	11200	25870	-	60	20	06	80	-	-	-	-	170
2.	Sedrata	61300	45922	74.91	2970	311	3281	2625	-	-	-	-	-	03	100	-	-	57
3.	Mechroha	21052	11908	56.56	-	1780	1780	1068	-	-	-	-	-	03	100	-	-	90
4.	Hennancha	19560	6012	30.73	640	516	1156	993	20	06	50	04	30	-	-	-	-	165
5.	Taoura	21250	18824	88.58	-	1566	1566	1497	-	-	-	03	60	04	40	-	-	80
6.	Dréa	7230	4303	59.51	-	280	280	270	-	-	-	04	100	-	-	-	-	63
7.	Zaarouria	12215	4771	39.06	-	595	595	506	-	-	-	-	-	03	100	-	-	106
8.	M'Daourouch	30105	29607	98.83	1703	80	1783	1650	-	-	-	-	-	03	100	-	-	56
9.	Merahna	9980	9639	96.58	-	1050	1050	840	-	-	-	03	30	03	70	-	-	87
10.	Sidi Fredj	3592	1378	38.36	-	98	98	70	-	-	-	-	-	02	100	-	-	50
11.	Ouillen	7900	1657	20.97	-	240	240	218	-	-	-	-	-	02	100	-	-	130
12.	Heddada	7190	6617	92.03	-	914	914	798	-	04	20	06	80	-	-	-	-	120
13.	Khedara	9480	3614	38.12	-	640	640	474	-	-	-	-	-	04	100	-	-	131
14.	Ouled Driss	14050	4199	29.88	-	526	526	440	-	-	-	-	-	03	100	-	-	104
15.	Oum-Ladaïm	5346	5096	95.32	-	291	291	290	-	-	-	03	100	-	-	-	-	57
16.	Oued Kebrit	5762	4660	80.88	-	516	516	516	-	-	-	-	-	04	100	-	-	110
17.	Zouabi	-	-	-	393	-	393	393	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Vente en gros
<b>Total</b>		<b>389981</b>	<b>309065</b>	<b>78.51</b>	<b>34676</b>	<b>21633</b>	<b>56309</b>	<b>38518</b>										

Tableau N° 03 : Classification du relief selon l'Orstom

Classe de relief	Type de relief	$I_g$ (m/km)	$D_s$ (m)
$R_1$	Très faible	<2	<10
$R_2$	Faible	2 - 5	10 - 25
$R_3$	Assez faible	5 - 10	25 - 50
$R_4$	Modeste	10 - 20	50 - 100
$R_5$	Assez fort	20 - 50	100 - 250
$R_6$	Fort	50 - 100	250 - 500
$R_7$	Très fort	>100	>500

Tableau N° 04 : Classification des pentes  
(Comité de l'union internationale des géographes)

Classe de pente (m/Km)	Caractéristique du relief
0 - 35	Pente légèrement inclinée
35 - 90	Pente moyennement inclinée
90 - 270	Pente fortement inclinée
270 - 360	Pente raide à très raide

Tableau N° 05 : Indice de forme d'un bassin versant

Auteur	Indice	Cercle	Carré	Rectangle				
				L=2B	L=5b	L=10B	L=20B	L=40b
Horton(1032)	$R_f = A/(L_p)^2$	0.79	1.000	0.501	0.200	0.100	.0.050	0.024
Luchischeva (1950)	$C=0.028P \sqrt{A}$	1.000	1.128	1.198	1.514	1.971	2.649	3.700
Miller (1953)	$RC = \pi A/P^2$	1.000	0.7	0.696	0.436	0.257	0.142	0.073
Zavoiani (1978)	$FF = 16A/P^2$	1.277	1.000	0.877	0.555	0.328	0.181	0.093

Tableau N° 06 : Les déferents rejets industriels dans la région d'étude

nom de l'entreprise	lieu de l'implantation	source d'alimentation	besoin (m <sup>3</sup> /j)	volume consommé (m <sup>3</sup> /j)	volume rejeté (m <sup>3</sup> /j)	point de rejet
LAZA (ELATEX)	S/A	Forage+réseau d'AEP	500	450	200	Oued Djedera
ENAP(SNIC)	S/A	Forage+réseau d'AEP	200	150	150	réseau d'assainissement
Verrière de l'Est	S/A	réseau d'AEP	2	2	0,5	réseau d'assainissement
Laiterie Taghaste	S/A	Forage+réseau d'AEP	125	125	/	réseau d'assainissement
Laiterie Hammada	S/A	Puit+réseau d'AEP	10	8	2	Oued Zerga
Papier Rose	S/A	prise sue oued Medjerda	2000	2000	2000	Oued Medjerda
Complexe Avicole	S/A	réseau d'AEP	20	20	/	réseau d'assainissement
SARL Kalem	S/A	citernes	2	2	/	réseau d'assainissement
EL Amel Nadjer	S/A	réseau d'AEP	2	2	/	fosse
SARL Somaco	Khedera	réseau d'AEP	8	6	/	bassin décantation
Briqueterie	Zaarouria	puits+réseau d'AEP	34	32	2	Oued Chouk

Tableau N° 07 : Besoins en eau de quelques cultures (adapté de FAO, 1992)

Culture	Besoins en eau (mm/période de croissance)
Luzerne	800-1600
Banane	1200-2200
Haricot	300-500
Choux	380-500
Citrus	900-1200
Coton	700-1300
Arachide	500-800
Mais	500-800
Pomme de terre	300-700
Riz	350-700
Tournesol	800-1200
Sorgho	450-650
Blé	450-850