

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR-ANNABA UNIVERSITY

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR-ANNABA



جامعة باجي مختار - عنابة

Année 2008

Faculté des Sciences de la Terre  
Département de Géologie

## MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de **MAGISTER** en hydrogéologie

Option : La Ressource en Eau, sa Gestion Intégrée, son Environnement  
et Développement Durable

## THEME

Ressources en Eau et Gestion Intégrée  
dans le Bassin Versant  
de l'Oued Kebir Ouest (Nord Est algérien)

Présenté par Mr: DAIFALLAH Tarek

Directeur de mémoire : Mr ZOUINI D. M.C. Univ.Badji Mokhtar-Annaba

Co-encadreur : Mr Sayad M M.C. Univ badji Mokhtar Annaba

## DEVANT LE JURY:

Président: Khérici .N.....Professeur Univ Badji Mokhtar Annaba

Examineurs: Derradji F.....M.C

Univ Badji Mokhtar Annaba

BenHamza M M.C

Univ Badji Mokhtar Annaba

# Ressources en Eau et Gestion Intégrée dans le Bassin Versant de l'Oued Kebir Ouest (Nord Est algérien)

## RESUME

Le bassin versant de l'oued kebir-ouest (Fig.01), situé en constantinois centre au Nord Est algérien, d'une superficie de 1130,26 km<sup>2</sup>, et potentialité d'eau de l'ordre de 90 Hm<sup>3</sup>, est une région d'importance économique primordiale. En effet, on y trouve 45 % de terre agricole, un principal réservoir d'eau superficielle, le barrage de Zit Emba. On y trouve également la nappe aquifère de la vallée de l'oued El Kebir ouest.

Par ailleurs, au cours de ces dernières années, du fait de l'explosion démographique et d'un développement économique généralisé, ce bassin a connu un processus rapide et global de mobilisation de l'ensemble de ses ressources en eau. Dans le contexte de pénurie en eau caractérisant le bassin, l'agriculture, qui s'est construite au cours de cette période pour devenir essentiellement une agriculture irriguée, orientée vers le marché, dont l'objectif principal est la rentabilité économique et non plus l'alimentation des populations, consomme aujourd'hui plus de 80% des ressources totales du bassin ce qui pose diverses questions quant à son évolution future. Il semble en effet nécessaire de réorienter l'agriculture irriguée et les techniques d'irrigation vers les productions et les méthodes les plus adaptées, en plus, de lutter contre toute sorte de gaspillage et de perte dans tous les réseaux et pour tous les usagers d'eau.

La confrontation entre les demandes croissantes en eau et les ressources mobilisées et mobilisables (offre) plus au moins stables, a montrée que cette ressource ne sera plus capable de répondre aux demandes à moyen et long terme et rendu inévitable le recours à la nouvelle stratégie de la gestion de l'eau, en fait lancer en Algérie depuis plus de dix ans, avec la mise en œuvre d'une politique de gestion de la demandes.

### **Mots clés :**

Bassin versant ; ressources en eau ; demandes en eau ; gaspillage et perte ; nouvelle stratégie de la gestion de l'eau ; politique de gestion de la demande.

## ملخص:

الحوض المائي لواد الكبير الغربي ، يقع شمال شرق الجزائر، يتربع على مساحة 1130.26 م<sup>2</sup> ، يزخر بكمون مائي يقدر بحوالي 90 مليون م<sup>3</sup> سنويا من المياه، هو عبارة عن منطقة ذات أهمية كبيرة من الناحية الاقتصادية. حيث أن 45% من مساحته هي في الواقع أراضي صالحة للزراعة، مع تواجد مصدر أساسي للمياه السطحية ألا و هو سد العنبة بالإضافة إلى المياه الجوفية.

إلا أنه خلال السنوات الأخيرة، و نظرا إلى النمو الديمغرافي و الاقتصادي عموما، هذا الحوض عرف حركية سريعة من أجل تعبئة جميع الموارد المائية المتواجدة به، أصبح واضحا أن هناك شح في المياه يهدد المنطقة. إن الفلاحة و التي وجهت في الآونة الأخيرة لتتحول إلى المزروعات المسقية حيث الهدف الأساسي منها هو الربح السريع وليس تحقيق الاكتفاء للسكان، تستهلك وحدها حاليا 80 % من الموارد المائية ما يجعلنا نتساءل حول مستقبلها و مستقبل هذه الموارد.

في الواقع أصبح من الضروري من الآن توجيه الفلاحة المسقية إلى منتجات زراعية و طرق ري حديثة أقل استهلاكاً للماء. بالإضافة إلى محاربة جميع أشكال التبذير في جميع شبكات توزيع المياه و في كل الاستعمالات.

إن إنشاء منحنى الطلب على مادة الماء الذي هو في تصاعد مستمر و الموارد المستغلة و الممكنة الاستغلال و الحشد و التي هي نوعا ما ثابتة ، على نفس المعلم ، يظهر عدم قدرة هذه الموارد على الاستجابة للطلبات على المدى المتوسط و البعيد، مما يجعل اللجوء إلى الإستراتيجية الجديدة لتسيير مورد الماء أمر لا مناص منه، ألا وهي سياسة تسيير الطلب.

## الكلمات المفتاحية:

الحوض المائي لواد الكبير الغربي، موارد المياه، الطلب على الماء، التبذير، تسيير الطلب على الماء.

## ***Remerciement***

Je remercie Monsieur Zouini Derradji, Directeur de mémoire et chef de PG (Ressources en Eau, sa Gestion Intégrée, son Environnement et Développement Durable) du Département de Géologie, d'avoir accepté de diriger ce travail en qualité d'encadreur.

Je suis vivement reconnaissant à Monsieur Sayad Mouloud, M C au Département de l'Aménagement de l'Université de Badji Mokhtar (Annaba), de l'attention qu'il a bien voulu porter à ce travail de mémoire en acceptant d'être co-encadreur. Ses remarques m'ont été indispensables et je le remercie de sa disponibilité à mon égard, Il a su me faire bénéficier de ses connaissances et de son expérience tout en m'accordant une certaine liberté d'évolution.

J'adresse tous mes remerciements à Monsieur Khérici N, Professeur à l'université Badji Mokhtar Annaba, pour avoir accepté d'être président de jury. A Monsieur Derradji F et BenHamza M, Maîtres de conférence à l'université Badji Mokhtar Annaba, pour avoir acceptés d'être examinateurs de ce travail.

Je tiens à témoigner de ma profonde reconnaissance à Monsieur Abbassi de l'ANRH de Annaba, à mes amis de la DHW de Skikda.

Je remercie également, Mr Heouaine H et Mr Tatat N, ingénieurs hydrogéologues de l'université de Annaba pour leur aide précieux.

*Remerciement spécial à tous ceux qui ont contribués de loin ou de près à l'élaboration de ce travail.*

## Abréviations et Sigles

ABH	Agence(s) de Bassins Hydrographiques
ADE	Algérienne des Eaux
AEP	Alimentation en Eau Potable
AEI	Alimentation en Eau Industrielle
ANB	Agence Nationale des Barrages
ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
APC	Assemblée Populaire Communale
BD	Banque de Données
DA	Dinar Algérien
DHW	Direction de l'Hydraulique de Wilaya
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH
GPI	Grand Périmètre Irrigué
Hm <sup>3</sup>	Hekto Mètre Cube (= million m <sup>3</sup> )
m <sup>3</sup>	Mètre Cube
MI	Mètre Linéaire
MRE	Ministère Algérien des Ressources en Eau
OMS	Organisation Mondiale de Santé
ONA	Office National de l'Assainissement
PDARE	Plan Directeur de l'Aménagement des Ressources en Eau
PMH	Petite et Moyenne Hydraulique
PNE	Plan National de l'Eau
RC	Retenue Collinaire
SIG	Système d'Information Géographique

## LISTE DES FIGURES

Fig.1. Carte de la situation géographique du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest ..	03
Fig.2. Carte géologique de la zone d'étude d'après Villa (1974).....	07
Fig.3. Carte lithologique du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.....	11
Fig.4. Représentation de Dj. Debegh.....	14
Fig.5. Représentation de Djebel Garar.....	14
Fig.6. Position de quelques failles majeures, d'après Raoult (1971) ; Villa (1974) ; Durand Delga (1978) ; Bouaroudj (1986).....	16
Fig. 7. Coupe hydrogéologique dans l'aquifère de Azzaba. (D'après les coupes stratigraphiques des forages).....	17
Fig. 8. Carte piézométrique de la nappe alluviale du bassin versant de l'Oued Kebir	19
Fig.9. Carte du couvert végétal du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.....	25
Fig 10. Répartition du couvert végétal dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest et les deux sous bassin. ....	27
Fig.11. Courbe hypsométrique du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.....	34
Fig.12. Carte du réseau hydrographique dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest .....	43
Fig. 13. Ajustement à la loi de Gauss des données pluviométriques des quatre stations retenues dans l'étude. ....	49
Fig. 14. Précipitation moyenne mensuelle (1976-2006).....	50
Fig. 15. Régime pluvial mensuel dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.....	52
Fig. 16. Variation des précipitations moyennes annuelles (mm).....	53
Fig. 17. Variation spatiale des précipitations annuelles dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.....	55
Fig. 18. Polygones de THIESSEN.....	58
Fig.19. Histogramme de variations des températures mensuelles à la station de Skikda (1976/77 – 2005/06).....	59
Fig. 20. Courbe Ombro-thermique de la station de Azzaba (1976/77-2005/06).....	60
Fig. 21. Courbe Ombro-thermique de la station de Ain Charchar (1976/77-2005/06).....	61
Fig. 22. Courbe Ombro-thermique de la station de Bouati Mahmoud. (1976/77-2005/06).....	61
Fig. 23. Représentation graphique du bilan de C.W.Thornthwaite St. Azzaba (1976-2006).....	66
Fig. 24. Variations des débits moyens annuelles de l'oued kébir Ouest Station de Ain Charchar (1985-86 /1998-99).....	74
Fig.25 Ajustement à une loi de Gauss des débits moyens annuels à la station de Ain Charchar.....	78
Fig.26. Débits moyen mensuels (m <sup>3</sup> /s)- Station de Ain Charchar (1985-86 / 1998-99).....	80
Fig.27. Courbe de coefficient mensuel de débit (CMD) de l'oued Kebir Ouest à Ain Charchar (1985-86 / 1998-99).....	81
Fig.28. Ajustement à une loi de GUMBEL des débits maximums journaliers à la station de Ain Charchar.....	83
Fig.29. Hydrogramme de crue de 25-12-1986 au bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.....	84
Fig.30. Corrélation pluie- débit à la station de Ain Charchar (1985-86 / 1998-99)...	86
Fig31. Carte d'inventaire des puits de prélèvement.....	90

Fig.32.Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Piper...	92
Fig.33 .Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Schoeller-Berkaloff.....	93
Fig.34. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Wilcox.....	100
Fig.35. Carte de points de prélèvements des eaux de surface.....	103
Fig.36. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Stiff....	105
Fig .37. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Wilcox.....	108
Fig. 38. Répartition des ressources en eau en Hm <sup>3</sup> dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.....	113
Fig 39. Bilan des apports en eau en Hm <sup>3</sup> dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest .....	114
Fig. 40. Schéma du bilan d'eau naturelle du bassin versant de l'Oued El- Kebir Ouest.....	116
Fig. 41. Courbe de variation mensuelle des réserves en eau (hm <sup>3</sup> ) (Année2004/2005.....	119
Fig.42. Apport mensuel en eau (hm <sup>3</sup> ) en 2004 /2005.....	119
Fig.43. La capacité des retenues collinaires (m <sup>3</sup> ).....	121
Fig. 44. Répartition des prélèvements par type d'eau et par usager.....	126
Fig.45. Découpage administratif du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest à Ain Charchar (ABH csm, 1999).....	130
Fig. 46. Evolution de la population du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.....	133
Fig 47. Evolution des besoins en eau à usage domestique au bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.....	136
Fig. 48. Evolution dans le temps de la demande en eau pour l'agriculture (2006-2030) .....	138
Fig. 49. Evolution des besoins en eau totaux (2006-2030).....	139
Fig.50. Evolution des demandes et besoins en eau (2006-2030).....	140
Fig.51. Répartition des demandes en eau dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest en (%)......	141
Fig.52. Représentation graphique de la confrontation offre/demande en eau.....	151
Fig.53. Evolution des Réductions des pertes selon les mesures proposées .....	154

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Répartition du couvert végétal dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest .....	26
Tableau 2. Répartition des superficies en fonction des tranches d'altitude dans le bassin versant du Kébir Ouest.....	32
Tableau 3. Indice de pente de ROCHE. ....	35
Tableau 4. Répartition des pentes dans le bassin versant de l'Oued Kébir Ouest.	38
Tableau 5. Classification du chevelu hydrographique du bassin versant de l'Oued kébir Ouest.....	40
Tableau 6. Tableau recapitaliser des paramètres morphométriques du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.....	44
Tableau 7. Les stations pluviométriques.....	47
Tableau 8. Précipitations moyennes mensuelles (1976 – 2006).....	50
Tableau 9. Coefficients pluviométriques relatifs mensuels. D'après la méthode d'ANGOT (1895). ....	51
Tableau 10. Précipitations annuelles et leurs variabilités .....	54
Tableau 11. Ecart à la normale des précipitations annuelles (1976-2006).....	56
Tableau 12. Les résultats de calcul de la lame d'eau.....	57
Tableau 13. Variations de températures mensuelles de la station de Skikda (1976/77 – 2005/06).....	59
Tableau 14. Humidité relative mensuelle (H) en % .....	62
Tableau 15. Moyennes mensuelles de la vitesse du vent (m/s) (1968-2003) .....	63
Tableau 16. Calcul du bilan hydrologique selon la méthode de C.W.Thornthwaite .Station de Azzaba (1976/77-2005/06) .....	65
Tableau 17. Résultats de l'ETR des quatre stations.....	67
Tableau 18. Résultats du ruissellement calculé par la méthode de TIXERON.BERKALOFF et ROMANTCHOUK.....	68
Tableau 19. Résultats du bilan hydrologique.....	69
Tableau 20. Variation annuelle de l'écoulement et du débit spécifique dans le bassin versant de l'oued Kebir Ouest à Ain Charchar (1985-86 /1998-99).....	73
Tableau 21 .Abondance moyenne annuelle de l'écoulement et coefficient d'irrégularité interannuel.....	74
Tableau 22. Coefficient de l'hydraulicité.....	75
Tableau 23 .Ajustement à une loi de GAUSS des débits moyens annuels à la station de Ain Charchar.....	77
Tableau 24. Débits moyens mensuels (m <sup>3</sup> /s)- Station de Ain Charchar (1985-86 / 1998-99).....	80
Tableau 25. Débits maximums journaliers de la station de Ain Charchar (1985-86 /1998-99).....	82
Tableau 26. Crues maximums probables dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest .....	83
Tableau 27.Régression linéaire simple de Q en P.....	85
Tableau 28.Formules ioniques et faciès chimique en (még/l).....	91
Tableau 29.Zonalité et normes pour les chlorures.....	94
Tableau 30. Zonalité et normes pour le magnésium.....	95
Tableau 31. Zonalités et normes pour la dureté globale.....	95
Tableau 32 .Zonalité et normes pour la conductivité électrique.....	96
Tableau 33. Zonalité et normes du résidu sec.....	96
Tableau 34. Classement des eaux des puits de la plaine de AZZABA.....	97
Tableau 35. Classification des eaux par degré d'aptitude à l'irrigation par la	

Méthode du S.A.R.....	99
Tableau 36. Classification des puits d'après WILCOX.....	100
Tableau.37. Formule ionique et faciès chimiques des eaux de surface.....	104
Tableau 38. Classification des eaux par leur degré d'aptitude a l'irrigation par la méthode du S.A.R.....	106
Tableau 39. Classification des eaux de surface destinées à l'irrigation d'après Donen 1961. ....	109
Tableau 40 : Répartition des apports pluviométriques annuels moyens.....	112
Tableau 41. Bilan d'eau naturelle du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.....	115
Tableau 42 .Répartition par communes des ressources en eau souterraine .....	115
Tableau 43 .Situation mensuelle du barrage Zit Emba (Du 01/09/2004 au 31/08/2005).....	118
Tableau 44. Inventaire des retenus collinaire dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.....	120
Tableau 45. Inventaire des sites potentiels pour des retenues collinaires.....	121
Tableau 46. Récapitulatif de mobilisation des ressources en eau dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest (2006).....	123
Tableau 47. Prélèvements mensuels en eau du barrage de Zit Emba. ....	124
Tableau 48. Usagers de l'eau et type de prélèvement dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.....	125
Tableau 49. Evolution de la population par commune dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.....	132
Tableau 50. Évolution de la population totale du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.....	133
Tableau 51. Superficie irriguée au bassin versant de l'Oued Kebir Ouest (Compagne 2006).....	134
Tableau 52. Evolution des besoins en eau à usage domestique en Hm <sup>3</sup> dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest selon type de population.....	135
Tableau 53. Les résultats du déficit agricole par station.....	137
Tableau 54. Evolution des besoins en eau pour l'agriculture (2006-2030).....	137
Tableau 55. Evolution des besoins en eau de l'industrie.....	138
Tableau 56. Evolution des besoins en eau dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.....	139
Tableau 57. Evolution de la demande en eau dans le bassin versant (2006-2030)..	140
Tableau.58. Seuils de l'indice de pénurie. (Falkenmark et Widstrand, 1995).....	149
Tableau 59. Indice de pénurie d'eau au bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.....	149
Tableau.60. Tarification de l'eau par catégorie d'usage.....	156

## TABLE DE MATIERE

RESUME	
REMERCIEMENT	
DEDICACE	
INTRODUCTION GENERALE.....	01
SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	02
<b>CHAPITRE I</b>	
<b>CADRE PHYSIQUE DU BASSIN VERSANT</b>	
I- GEOLOGIE.....	04
I.1- GEOLOGIE REGIONALE.....	04
1.1- Domaine interne.....	04
1.1.1- Le socle kabyle (paléozoïque).....	04
1.1.2- La dorsale kabyle (chaîne calcaire).....	04
1.2- Domaine externe.....	05
1.2.1- Les flyschs.....	05
a. Flysch Maurétanien.....	06
b. Flysch Massylien.....	06
1.2.2- Le Nummulitique.....	08
II.....	08
1.2.3- L'Oligo-miocène.....	08
kabyke.....	09
1.2.4- Le.....	09
Numidien.....	10
1.2.5- Le Miocène continental.....	10
1.2.6- Le Quaternaire.....	10
I.2- ENSEMBLES MORPHOSTRUCTURAUX.....	10
1- Formations superficielles.....	12
2- Ensemble tendre.....	12
3- Ensemble des marno-calcaires.....	12
4- Complexe conglomératique.....	12
5- Ensemble de flyschs.....	13
6- Roches anciennes.....	15
7- Ensembles des grés quartzeux et numidiens.....	15
8- Ensemble des calcaires.....	15
I.3- TECTONIQUE.....	17
1. La phase fini-lutétienne (Lutétienne supérieur – Priabonien supérieur).....	17
2. La phase fini Oligocène et Miocène (Oligocène Terminal Aquitanien).....	17
II- HYDROGEOLOGIE.....	17
1. Identification des différents ensembles hydrogéologiques.....	18
Le sous bassin versant de l'oued Emchekel.....	18
a) La nappe alluviale.....	18
b) La nappe captive.....	18
Le sous bassin de l'oued El Hammam.....	19
a) La nappe temporaire.....	21
b) La nappe phréatique.....	21
2- La piézométrie.....	21
III- L'OROGRAPHIE.....	21
1. Les montagnes.....	21
2. Les collines.....	22
3. Les versants.....	22

4. Les plaines.....	22
IV- LE COUVERT VEGETAL.....	22
IV.1- Domaines forestiers.....	23
a. Les forêts.....	23
b. Les maquis.....	23
c. Les terrains de parcours.....	23
d. les terres improductives.....	24
IV.2- Domaines agricole.....	24
a. Les terrains agricoles.....	29
b. Les terrains arboricoles.....	
c. Les vignes.....	
CONCLUSION.....	
<b>CHAPITRE II</b>	
<b>CADRE MORPHOMETRIQUE</b>	
<b>ET HYDROGRAPHIQUE DU BASSIN VERSANT</b>	
INTRODUCTION.....	31
I. LE RELIEF.....	31
1- Superficie.....	31
2- Périmètre (P) du bassin versant.....	32
3- Longueur (L) du rectangle équivalent.....	33
4- La forme du bassin.....	33
5- Répartition altimétrique du bassin.....	34
5.1- L'altitude moyenne du bassin du Kébir Ouest.....	34
5.2- L'altitude médiane.....	35
6- Les pentes.....	36
6.1- L'indice de pente global 'Ig'.....	36
6.2- Indice de pente de Roche Ip.....	38
6.3- Dénivelée spécifique $D_s$ .....	38
6.4- Classes de pentes.....	39
II. CARACTERISTIQUES DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE.....	40
II.1. Constitution du réseau hydrographique.....	41
II.2. Densité de drainage (Dd).....	41
II.3 - Hiérarchisation du réseau.....	42
II.4- La fréquence des thalwegs d'ordre 1 (F1).....	45
II.5. Le temps de concentration (Tc).....	
II.6. Morphométrie du réseau hydrographique.....	
CONCLUSION.....	
<b>CHAPITRE III</b>	
<b>CADRE HYDROCLIMATOLOGIQUE</b>	
<b>DU BASSIN VERSANT</b>	
INTRODUCTION.....	48
I. PRECIPITATIONS METEORIQUES.....	50
I.1- Analyse statistique des données pluviométriques.....	51
<i>Examen de la normalité des précipitations</i> .....	52
I.2- Précipitations moyennes mensuelles.....	56
I.3- Régime mensuel.....	57
I.4- Précipitation annuelle et leur variabilité.....	57
I.5- Calcul de la lame d'eau moyenne précipité.....	59
I.5.1- La méthode ARITHMETIQUE (1976/77-2005/06).....	62
I. 5.2- La méthode de THEISEN.....	62

II. TEMPERATURE.....	62
III. AUTRES FACTEURS INFLUENÇANT LE CLIMAT.....	63
III.1- l'humidité.....	63
III.2- Le vent.....	67
IV- EVAPOTRANSPIRATION.....	67
IV.1-Bilan hydrologique selon la méthode de THORNTHWAITE.....	68
IV.2- Calcul de l'ETR par la formule de TURC.....	68
IV.3- Calcul de l'ETR par la formule de COUTAGNE I.....	68
V- BILAN HYDROLOGIQUE.....	70
V.1- Détermination du ruissellement.....	
V.2- Calcul de l'infiltration.....	
CONCLUSION.....	71
<b>CHAPITRE IV</b>	
<b>L'ÉCOULEMENT DANS LE BASSIN VERSANT</b>	
INTRODUCTION.....	72
1- L'écoulement moyen annuel .....	72
<b>1.1-</b> Le débit moyen annuel brut ( $Q$ (m <sup>3</sup> /s)).....	73
<b>1.2-</b> Le débit moyen spécifique ( $q$ (l/s/km <sup>2</sup> )).....	75
2- Variations interannuelles de l'écoulement.....	
2.1- Le rapport des débits extrêmes (R).....	76
2.2- Le coefficient d'hydraulicité (CH).....	79
3- Répartition fréquentielle des modules de l'oued Kebir Ouest à Ain Charchar	79
Ajustement des débits moyens annuels à une loi de GAUSS.....	79
4- Variation saisonnière.....	81
4.1- Variation mensuelle des débits.....	81
4.2- Coefficient mensuel de débit.....	85
5- Forme extrême de l'écoulement.....	87
5.1- Prédétermination des crues.....	
6- Corrélation entre pluie – débit.....	
CONCLUSION.....	
<b>CHAPITRE V</b>	
<b>QUALITE DES EAUX DANS</b>	
<b>LE BASSIN VERSANT</b>	
INTRODUCTION.....	91
I. ETUDE DE LA CHIMIE DES EAUX SOUTERRAINES.....	91
I.1. Points de prélèvement et échantillonnage .....	91
I.2. Formules ioniques et faciès chimiques.....	92
I.3. Représentation graphique des analyses chimiques.....	94
3.1. Diagramme de PIPER.....	94
3.2. Diagramme de SCHOLLER-BERKALOFF.....	94
I.4. Répartition des éléments.....	94
1. Conductivité électrique ( $\mu$ s/cm).....	94
2. Dureté globale (TH).....	94
3. Chlorure.....	94
4. Résidu sec.....	95
I.5. Normes et qualité des eaux.....	95
5.1. Chlorures.....	96
5.2. Magnésium.....	96
5.3. Dureté globale (TH).....	97
5.4. Conductivité Electrique.....	98

5.5. Résidu sec.....	98
I.6. Résultats sur la qualité des eaux souterraine.....	101
I.7. Aptitude des eaux à l'irrigation.....	102
- Diagramme de Wilcox.....	104
I.8. Conclusion.....	104
II- CHIMIE DES EAUX DE SURFACE.....	104
II.2- Formules ionique et faciès chimiques.....	106
II.3- Représentation graphique.....	107
3.1. Diagramme de STIFF.....	109
II.4- Diagramme de WILCOX : (Aptitude des eaux à l'irrigation).....	109
II.5- Le risque de la salinité.....	110
II.6-Indice de perméabilité (Ip).....	
II.7- Conclusion.....	
CONCLUSION.....	

## **CHAPITRE VI**

### **EVALUATION DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN VERSANT**

INTRODUCTION.....	111
I. Situation des ressources en eau.....	112
I.1-Les apports pluviométriques.....	112
I.2-Les ressources naturelles renouvelables.....	113
I.3- Le bilan des apports.....	117
II. Mobilisation des ressources en eau.....	117
II.1- Eau superficiel.....	120
1.1-Le barrage de ZITEMBA.....	121
1.2-Les retenues collinaires.....	121
1.3- les prise d'eau des Oueds.....	122
1.4 -Les sources.....	122
II.2-Ressources souterraines.....	123
1- les forages.....	123
III-Les prélèvements.....	124
1- Les prélèvements en eaux souterraines.....	127
2- Les prélèvements en eaux de surfaces.....	128
L'indice d'exploitation des ressources renouvelables.....	
CONCLUSION.....	

## **CHAPITRE VII**

### **BESOINS ET DEMANDES EN EAU DANS LE BASSIN VERSANT**

INTRODUCTION.....	129
I - ORGANISATION ADMINISTRATIVE.....	130
II-USAGERS DE L'EAU DANS LE BASSIN.....	131
II.1- Population.....	131
II.2-Agriculture.....	134
II.3- L'industrie.....	135
III-PROJECTION DES BESOINS.....	135
III.1-Evolution des besoins en eau à usage domestique (AEP).....	136
III.2-Evaluation des besoins en eau d'irrigation (AEA).....	137
- Besoins futurs en eau d'irrigation :.....	138
III.3- Evolution des besoins en eau de l'industrie (AEI).....	139
IV- EVOLUTION DES BESOINS TOTAUX EN EAU.....	140
	142

V- ESTIMATION DES DEMANDES EN EAU POUR LES DIFFERENTS HORIZONS.....	
CONCLUSION.....	

<b>CHAPITRE VII</b>	143
<b>PERSPECTIVE D'UNE GESTION INTEGREE DES EAUX DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OUED KEBIR OUEST</b>	144
INTRODUCTION.....	144
I- Nouvelle stratégie de la gestion des eau en Algérie.....	144
♦ L'eau est un bien économique.....	
♦ L'eau est rare et vulnérable.....	145
♦ L'eau est l'affaire de tous.....	
	148
II- Description des institutions de gestion de l'eau en Algérie.....	149
III- Confrontation offre/demande dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.....	150
1- L'indice de pénurie.....	
2- L'indice d'exploitation.....	152
3-Courbe de confrontation offre/demande :.....	
IV. Passer de la gestion de l'offre à la gestion par la demande : de quoi parle-t on?.....	153
IV.1- Principaux axes d'intervention et principes d'une approche de gestion des demandes en eau : le principe CROIRRE ?.....	153
IV.2- Quelles économies peut-on attendre de la mise en oeuvre d'une politique de gestion de la demande en eau ?.....	154
1/ Perspective d'une politique de lute contre les fuites.....	155
1/ L'alimentation en eau potable.....	155
2/ L'irrigation.....	156
2/ Perspective d'une politique de lute contre le gaspillage.....	157
♦ Tarification de l'eau.....	158
♦ Sensibilisation à l'économie de l'eau.....	163
CONCLUSION.....	
CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS.....	
ANNEXES.....	
<i>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</i>	
<i>LES CARTES</i>	

## INTRODUCTION GENERALE

« Quelle boisson veux tu ? La plus précieuse lorsqu'on la perdue, et la plus accessible lorsqu'elle existe » (Eloge à l'eau, Ibn El Faquih).

Il n'est rien de plus significatif que cette citation sur la « source de vie » qu'est l'eau, qui a de tout temps conditionnée le devenir, le présent et voir l'histoire des peuples.

De nos jours, l'eau est devenu rare donc précieuse, car mis à part son utilité domestique, elle reste d'une grande importance pour l'agriculture et l'industrie, d'où la nécessité de son utilisation rationnelle.

Pour cet raison, que le concept de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant a fait l'objet de très grand nombre de documents aux objectifs variés, des sites Internet entiers lui sont consacrés.

La nécessité de la gestion intégrée des ressources en eau par bassin versant pour assurer une bonne gouvernance de l'eau fait maintenant l'unanimité dans le monde.

L'adoption de la gestion intégrée de l'eau par bassin versant ne concerne pas seulement les organismes des bassins versant.

La présente étude donc, prend comme terrain le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest, dans le Nord est algérien, vise à donner une introduction à ce mode de gestion, en proposant tout d'abord, dans un premier volet, l'analyse du bassin à travers les quatre premiers chapitres, (Cadre physique, Cadre morphométrique Cadre climatique et hydrographique et L'écoulement).

Un deuxième et dernier volet, représenté par les quatre derniers chapitres (Qualité des eaux, Ressources en eau, Besoins et demande en eau et Perspective d'une gestion intégrée de l'eau), consacré à l'évaluation qualitative et quantitative des ressources en eau, l'estimation des besoins et demandes en eau aux différents usagers et selon les différents horizons (2006, 2010, 2020 et 2030), ainsi qu'une confrontation entre offre et demande en eau et proposition de la solution adéquate dans notre cas, qui est la gestion de la demande en eau.

## I. SITUATION GEOGRAPHIQUE :

La région d'étude se situe dans le Nord-Est de l'Algérie, entre le massif du Filfila au Nord, et les monts de Constantine au Sud.

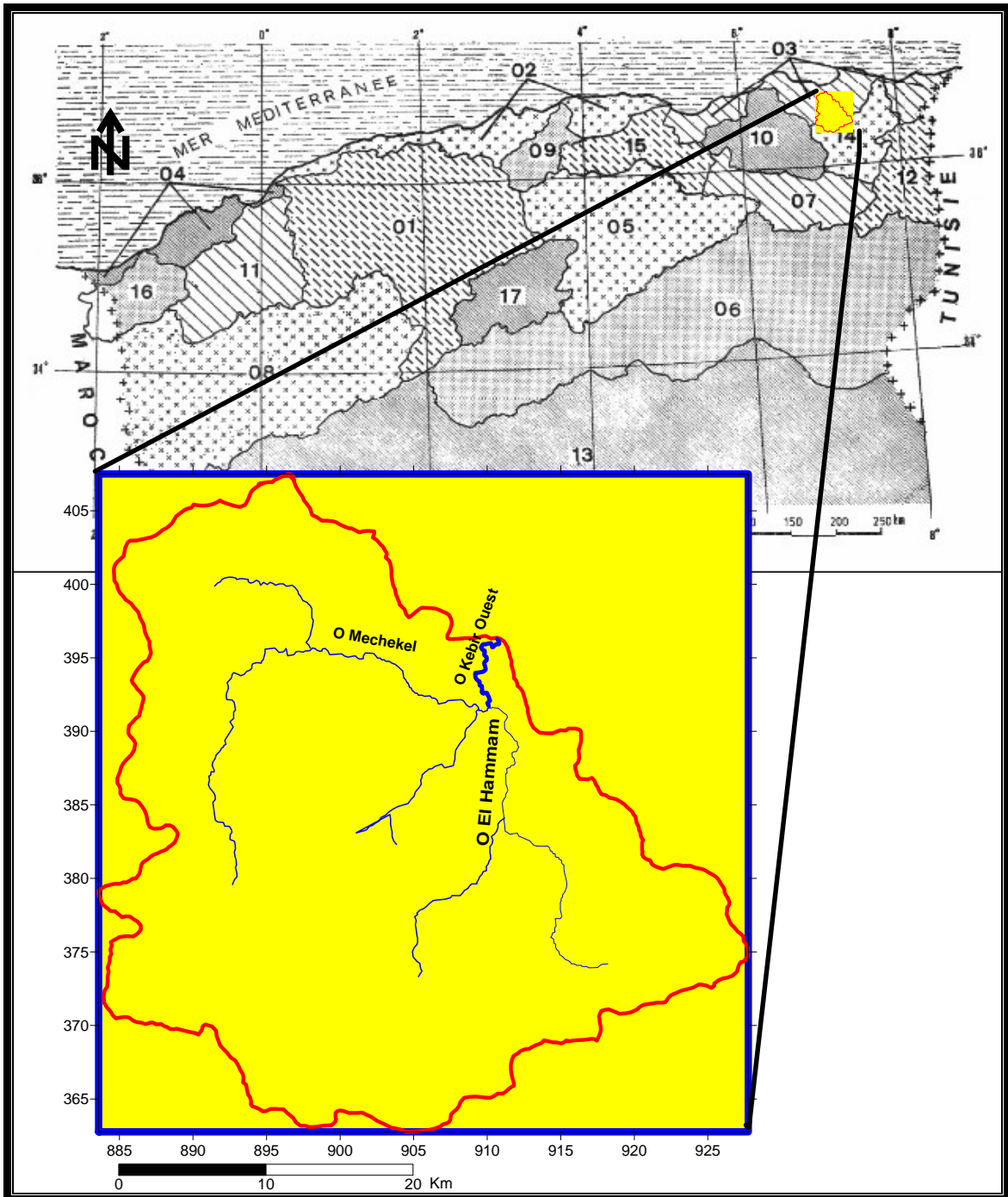
Le bassin versant de l'Oued Kébir Ouest à Ain Charchar, fait partie du grand bassin du Constantinois Centre, s'étend sur une superficie totale de l'ordre de 1130 Km<sup>2</sup>. Limitée entre les latitudes 36°30' et 37°00 Nord et les longitudes 7° et 7°30 Est.

L'Oued Kébir Ouest est formé de la confluence des deux oueds El Hammam et Mechekel (Fig.1).

L'Oued Mechekel traverse avec son réseau hydrographique une superficie de 605,80 km<sup>2</sup>. Ainsi la limite Nord du bassin est contrôlée par les ramifications de cet Oued et est constituée par les monts de Djebel Laharta (561m) et Djebel Seddak (467 m), la limite Ouest Nord-Ouest formée par les monts de Djebel El Alia (659 m), Kef Serrak (530m), Djebel Makdoua (474 m), Djebel Tengout (649 m), Djebel Bou Tellis (882 m) et Djebel Fedj Seris (915 m).

L'Oued El Hammam est le talweg principal du Barrage de Zit Emba, franchi avec ses affluents une superficie de 523,46 Km<sup>2</sup>. A la limite Sud du réseau hydrographique de l'Oued El Hammam, on distingue les sommets les plus élevés du bassin considéré, dont les altitudes dépassent les 600 m, tel que : Djebel Ouchani (1082 m), Djebel Taya (1208 m), Djebel Mermera (993 m), Djebel Debagh (1060 m) et Djebel Sbaa (623 m).

Les deux réseaux hydrographiques des Oueds Mechekel et El Hammam sont délimités par un relief morcelé ; parmi ceux-ci, il y a Djebel Chbebik (306 m), Djebel Moulmdefa (572 m), Djebel Regouba (502 m), Djebel Ben Chik (490 m) et Koudiat Belouhahème.



- 01 CHELIFF 07 H. PLAINES CONSTANTINOISES 13 SAHARA  
 02 COTIERS ALGEROIS 08 H. PLAINES ORANAISES 14 SEYBOUSE  
 03 COTIERS CONSTANTINOIS 09 ISSER 15 SOUMMAM  
 04 COTIERS ORANAIS 10 KEBIR RHUMEL 16 TAFNA  
 05 CHOTT HODNA 11 MACTA 17 ZAHREZ  
 06 CHOTT MELGHIR  
 12 MEDJERDAH

**Fig. 1. Carte de la situation géographique du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest .**

# CHAPITRE I

## CADRE PHYSIQUE DU BASSIN VERSANT

### I- GEOLOGIE :

L'analyse de l'environnement géologique est fondamentale à l'étude hydrogéologique. *La géologie, moyen d'étude de l'eau souterraine, est la base fondamentale de l'hydrogéologie* (Castany, 1998). Cette analyse permet d'identifier les matériaux et les structures des formations susceptibles de conduire et d'emmagasiner l'eau des précipitations en profondeur, tout en permettant la détermination du type d'aquifère.

#### I.1- GEOLOGIE REGIONALE :

Le terrain d'étude se trouve dans la petite Kabylie qui fait partie de la chaîne alpine des Maghrebides.

D'après J.M. Vila (1980) on distingue du Nord vers le Sud les grandes unités structurales suivantes :

- ✓ **Le socle kabyle (paléozoïque) :**
- ✓ **La dorsale kabyle (chaîne calcaire) :**
- ✓ **Le Néritique (Jurassique, crétacé supérieur) :**
- ✓ **Les séries de flyschs (Barrémien, Lutétien supérieur) :**
- ✓ **Les séries telliennes (Néocomien Lutétien) :**
- ✓ **L'Oligo-Miocène Kabyle :**
- ✓ **La Nappe Numidienne (Oligo- Moyen- Burdigalien inférieur) :**
- ✓ **Les terrains Post-Miocènes :**

#### 1.1- Domaine interne :

##### 1.1.1- Le socle kabyle (paléozoïque) :

Le socle kabyle, (Raoult, 1974), est caractérisé par les vastes affleurements de terrains métamorphiques anciens (gneiss, micaschistes, phyllades) localement surmontés par du paléozoïque non métamorphique, ensuite, en transgression et discordance, par les formations grézo-micacées et débris de socle de l'Oligo-Miocène kabyle.

##### 1.1.2- La dorsale kabyle (chaîne calcaire) :

La dorsale kabyle se situe au Sud du socle kabyle, est caractérisée par une série mésozoïque métamorphique ou non.

Raoult, 1974, distingue divers types de séries du Permo-trias au Lutétien qui compte tenu des relations structurales permettent de définir les sous zones interne, médiane et externe, montrant toutes des séries assez variées, lacuneuses et condensées.

En bas en haut, nous avons :

- ✓ Le Permo-trias, détritique et rouge, est bien développé dans la dorsale médiane et externe, absent ou très réduit dans la dorsale interne.
- ✓ Le Muschelkalk n'est connu que dans la dorsale médiane.
- ✓ Le Lias débute par des dolomies et des calcaires dolomitiques, surmontant les niveaux précédents. Au dessus, viennent des calcaires blancs massifs, graveleux, de faciès constant.
- ✓ Le Sunémurien à Rhynchonellines et Arnioceras n'est présent que dans la série de Rhédir.
- ✓ Du Carixien au Bajecien, les séries sont très lacuneuses. La dorsale externe de Rhédir montre des calcaires et des marnes du Domérien que l'on retrouve avec la même faciès dans la dorsale médiane et interne.
- ✓ Du Malm au Néocène-barrémien, on a des calcaires de faciès pélagiques assez uniformes, mais seule la dorsale externe possède des radiolarites.
- ✓ Après le Barrémien, les différents ensembles apparaissent. Dans la dorsale externe, une phase tectonique de crétacé (moyen) provoque une érosion importante suivie de dépôts détritiques. La dorsale médiane montre, au contraire, une série lacuneuse de marno-calcaires pélagique de l'Albien supérieur, au Maestrichtien. La dorsale interne ne présente aucun dépôt de cet âge.
- ✓ Du Paléocène au Lutétien, la dorsale externe est marquée par une sédimentation détritique avec des conglomérats peuvent être discordants jusque sur le Lias. La dorsale médiane voit se poursuivre la sédimentation marno-calcaire qui est, cependant, assez proche des zones néritiques (apport de Nummulites et Orthophragmines) et se termine par un horizon peu profond juste avant la phase Fini-Lutétienne. Dans la dorsale interne, on a transgression du Paléocène-yprésien (niveaux de base sableux, conglomératiques, dolomitiques) et dépôts de calcaires néritiques, localement puissants, couronnés par une brèche monogénique, ferrugineuse et encroûtée, annonçant la phase fini-Lutétienne.

## **1.2- Domaine externe :**

### **1.2.1- Les flyschs :**

Les flyschs sont regroupés en deux séries distinctes avec au Nord le flysch de type Maurétanien et au Sud, le flysch Massylien.

**a. Flysch Maurétanien :**

La série Maurétanienne (Raoult, 1974), allant du Malm au Préabonien comporte de bas en haut :

- I) des calcaires fins, Tithonique à Barrémien surmontant les radiolarites.
- II) Des grés en bancs métriques, Aptien-Albien.
- III) Calcaires à silicifications blanches du Cénomaniens.
- IV) Calcaires microbréchiques, Turonien- Mæstrichtien.
- V) Calcaires microbréchiques et marnes Paléocène- Lutétien supérieur.

**b. Flysch Massylien :**

D'après Raoult, 1974, le flysch Massylien est composé de bancs minces argélo-gréseux dont la base est d'âge imprécis probablement Aptien, ou plus ancien et le sommet Albien moyen-supérieur et d'un ensemble Vracono-Cénomaniens mince et varié, à phtanites ou à brèches colorées, et enfin des microbrèches Sénoniens.

Du point de vue tectono-structurale, le Flysch Massylien est partout superposé aux unités ultra-telliennes et est surmonté par d'autres nappes (Nummulitique II et Flysch Maurétanien ou Dorsale) ou encore par la série Numidienne.

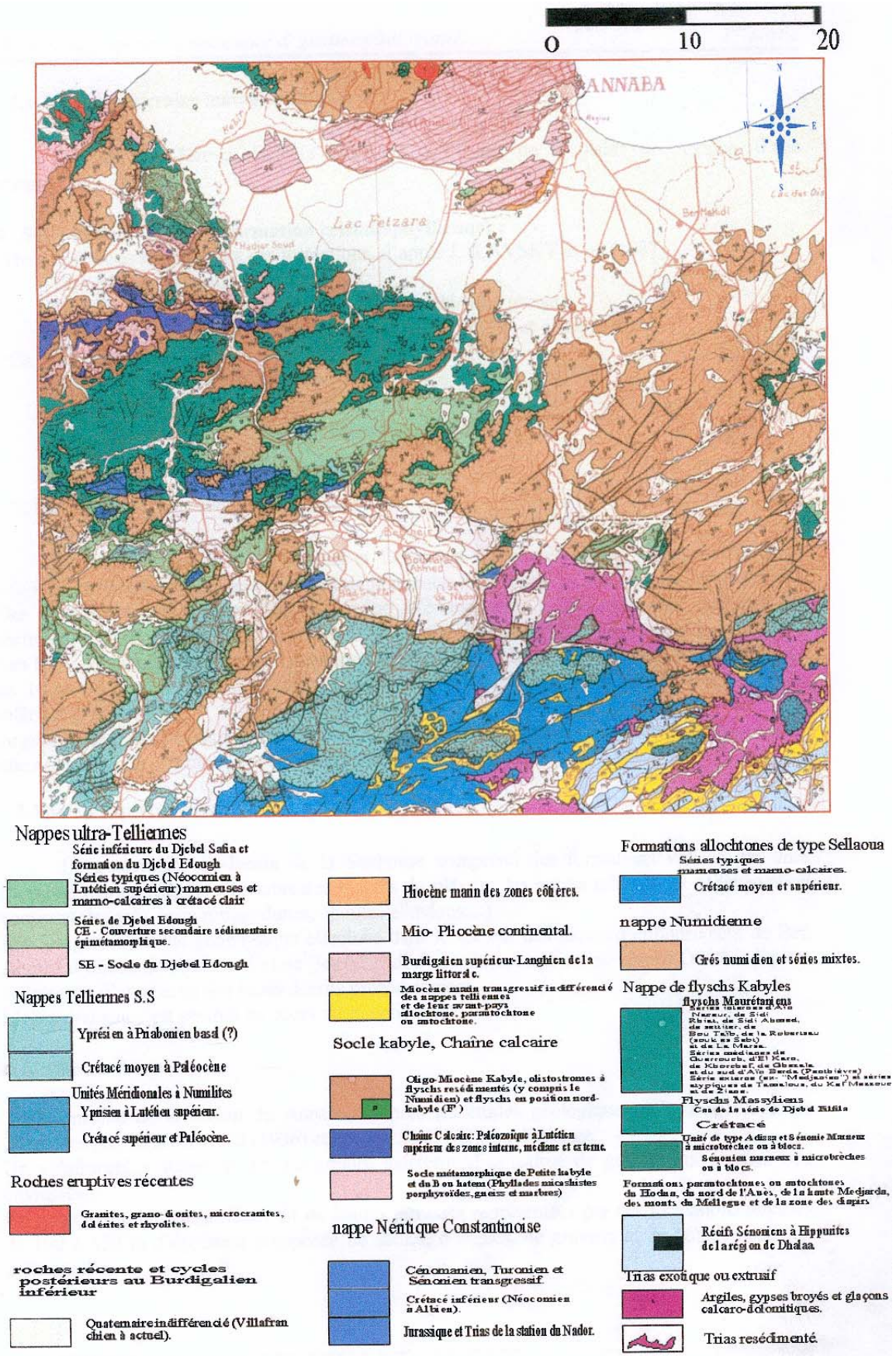


Fig. 2. Carte géologique de la zone d'étude

**1.2.2- Le Nummulitique II :**

Le Nummulitique II, (Raoult, 1974), débute dans le Lutétien supérieur ou à la limite Lutétien-Priabonien et atteint l'Oligocène supérieur. Les formations de Nummulitique II sont sableuses et riches en micas détritiques et en débris de socle.

De bas en haut nous avons :

- I) Des marno-calcaires rouges.
- II) Des grés micacés rouges. (N<sup>tiq.</sup> II a).
- III) Des grés micacés brun tabac. (N<sup>tiq.</sup> II a).
- IV) Faciès intermédiaire
- V) Flysch grés-micacé (N<sup>tiq.</sup> II b).
- VI) Molasses conglomératiques et grés micacés.

**1.2.3- L'Oligo-miocène kabyke :**

Cette série est constituée de bas en haut par des conglomérats, des grés micacés et par une série pélitique à silexites blanches. (J.M. Villa, 1980).

**1.2.4- Le Numidien :**

La série numidienne est d'âge récent, composée de :

- II) Des argiles dites sous-numidiennes, varicolores et fréquemment à Tubotomaculum ;
- III) Des grés numidiens grossiers et parfois à dragées de quartz ;
- IV) Des argiles supra-numidiennes à hrizons siliceux (Raoult, 1974).

- la série numidienne est d'âge Oligocène-Miocène inférieur.

- Dans les région ou il n'y a pas de tectonique tangentielle d'âge Miocène moyen ou supérieur, la série numidienne surmonte toujours les autres nappes et n'est impliquée dans aucune des contacts anormaux les séparant ; elle se différencie ainsi clairement d'une part des grés micacés du Nummulitique II qui sont téctonisés et d'autre part de l'Oligo-miocène kabyle grés-micacé qui se trouve sous des unités charriées.

Raoult, 1974, a interprété les deux faits précédents, concernant la série numidienne, de la manière suivante :

- 1) Le Numidien est charrié avec tout ou partie des autres nappes et sans indépendance tectonique est due à des propriétés mécaniques particulières ;
- 2) La série numidienne est charriée, mais constitue une nappe indépendante de toute les autres tant pour sa partie que pour sa mise en place ;
- 3) La série numidienne s'est déposée après la formation des nappes en position infra et supra-kabyle.

**1.2.5- Le Miocène continental**

Cette série comporte de bas en haut :

- I) Un ensemble conglomératique de base ;
- II) Un terme médian composé par des alternances d'argiles sableuses, de grés, des calcaires lacustres ;
- III) Un terme supérieur composé d'argile.

**1.2.6- Le Quaternaire :**

Le quaternaire est composé d'alluvions de toute sorte : limons, sables, argiles sableuses, cailloutis, arènes et en moindre importance des travertins et des tufs calcaires. (Younsi et Lamari, 1988).

## **I.2- ENSEMBLES MORPHOSTRUCTURAUX**

### **1- Formations superficielles :**

Elles sont bien représentées dans le bassin de Azzaba (Fig. 3). Et les petits bassins ; Es Sebt, Roknia et Bouati Mahmoud. Les alluvions actuelles et celles de la basse terrasse se composent respectivement d'un matériel de dépôts caillouteux roulés et limoneux, et sablo-argileux -graveleux. Les alluvions de la moyenne terrasse se trouvent à l'Oued El Hammam et Mougier. Les alluvions de la haute terrasse (pléistocène ancien) sont limoneuses et bien développées à l'Oued El Hammam, au Nord-ouest de Bouati Mahmoud.

Dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest, les colluvions les plus représentatives se répartissent sous forme de glacis et de dépôts de pente. Au pied du Djebel Ferfour, des glacis dominés par des dépôts sablo-argileux et des blocs de grés numidiens. Au piement du Djebel Maksen, des grés numidiens. Sur l'Oued Fendek, après le passage des gorges entre Djebel Tengout et Saiafa, les restes d'un grand glacis-cône s'étalent dans le bassin de Azzaba (Marre, 1992) et au pied de Djebel Makdoua. Au pied des Kefs Toumiet, de grandes coulées à blocs descendent jusqu'à Oued El Hammam où elles viennent dominer la basse terrasse de l'Oued.

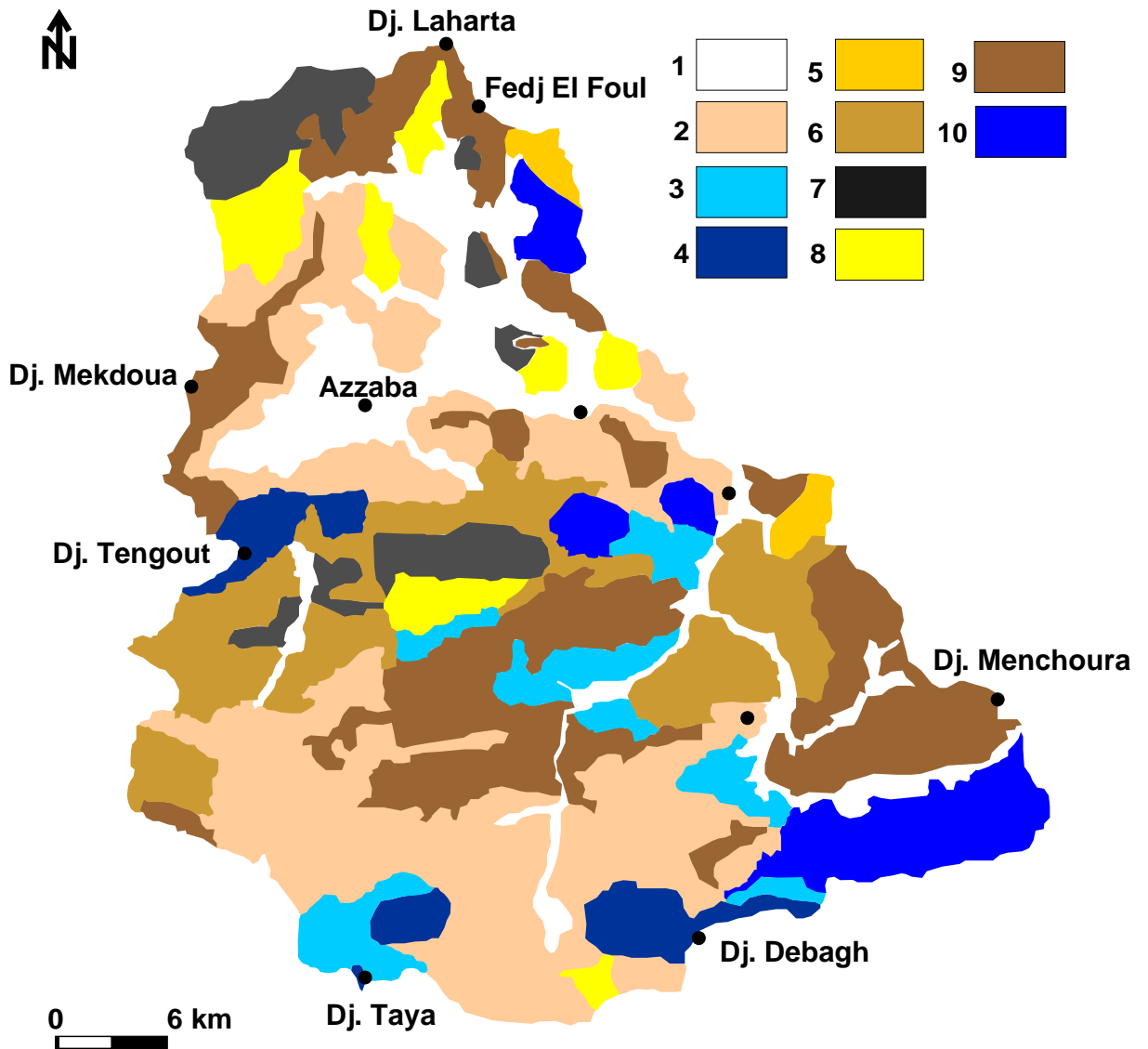
### **2- Ensemble tendre :**

Les marnes schisteuses et marnes du Sénonien-Piabonien occupent le sous bassin de l'Oued El Hammam, on les trouve au pied des massifs de Grar, Debegh et douar de Ouled Ghrara. Au Djebel Grar, les marnes et marnes schisteuses reposent en concordances sur les calcaires. Les marnes de l'Eocène très peu répondues, se répartissent dans la partie médiane du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest, en contact avec les formations du Nummulitique.

Les argiles sous-numidiennes sont des surfaces qui comportent des blocs de grés issus du massif gréseux. Elles couvrent une grande partie du sous bassin de l'Oued El Hammam, au Djebel Debegh.

### **3- Ensemble des marno-calcaires :**

On distingue ces formations, d'âge Sénonien, dans le Sud-ouest du bassin, constituant la ligne de crête du bassin tels que Djebel Bou Sba (625 m) et Djebel Ragouba (577 m).



- 1- Formations superficielles;    2- Argiles sous-numidiennes (Oligocène);
- 3- Marnes et marnes schisteuses (Crétacé supérieur et Eocène)
- 4- Marno-calcaires (sénonien);    5- Grés argilo-schisteux;
- 6- Grés micacés (Nummulique-Eocène);    7- Schistes et phylades (Paléozoïque);
- 8- Grés quartzeux et numidiens (Oligocène); 9- Calcaires (Crétacé et Sénonien).

Fig.3. Carte lithologique du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.

#### **4- Complexe conglomératique :**

Cette formation est constituée essentiellement de conglomérats, brèches, grès et argilites, peu répandue dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest, on observe cette série dans les parties septentrionale et médiane du bassin. Dans la vallée de Oued Oum Nehal.

On peut citer que les conglomérats sont affectés par de nombreux plis et failles, tel que Djebel El Kantour qui est apparaît en forme de dôme, il est dissymétrique et présente un versant Nord en pente plus raide que le versant Sud, ce massif est porté à forte altitude grâce à une faille au sud et un système de gradins au nord. Cette accident d'El Kantour rejoint l'accident méridional du kef Hahouner et se poursuit jusqu'au Djebel Debagh ( Khanchoul, 2007).

#### **5- Ensemble de flyschs :**

L'ensemble des flyschs regroupe les grès argilo-calcaireux de l'Albien-Aptien et les grès micacés du Nummulitique-Eocène.

Les grès argilo-calcaireux affleurent à l'Est et au Nord-est du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest, à Koudiat Aziza et Koudiat Mazzouz en petit val perché. Elles dominent au Djebel Bou Tellis (882 m) et Fedj Seris (912 m) en corniches gypseuses.

Les grès micacés du Nummulitique atteignent leur extension maximale au Sud du Djebel Tengout, à l'Est du Djebel Guettara et au Sud de Koudiat Mzara.

#### **6- Roches anciennes :**

Les roches métamorphiques affleurent dans le sous bassin de l'Oued Emchekel sous forme de phyllades et schistes. Elles appartiennent aux formations paléozoïques du socle kabyles.

#### **7- Ensembles des grès quartzeux et numidiens :**

Les grès quartzeux d'âge Oligocène affleurent dans la région de Azzaba et Roknia, au Nord à Djebel Laharta (561 m) et Fedj El Foul (472 m).

Les grès numidiens dominent à l'Ouest, Djebel Makdoua (363 m) et Kef Serrak (530 m). la partie médiane, où se trouve Djebel Ragouba et Grabs, est formée par un petit ensemble de monticules en pentes fortes qui sont profondément et agressivement encaissés par les affluents de l'Oued Mouger. Au Sud-est, un ensemble grézeux surmonte les grès argilo-grézeux au Nord et les marnes et marno-calcaires au Sud dont l'Oued El Hammam coule le long du contact tectonique caché par les alluvions.

**8- Ensemble des calcaires :**

Les calcaires à faciès Aptien néritique, surmontent en concordance les calcaires compactes Barrémiens, dans la chaîne des dômes de Taya, Grar et Debagh. Ce dernier est le plus important des massifs de calcaires néritiques du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest. Le Djebel Grar est constitué par une série de monoclinaux inclinée vers le Nord de 30° à 40°.

Les calcaires du Sénonien supérieur sont principalement représentés par les monts Saiafa Tengout, qui sont séparés par le bassin de l'Oued Fendek. Ils affleurent à Djebel Abiod (473 m) et Djebel Chbebik (447 m) à l'Est, les calcaires qui affleurent au Nord-est âgés du Jurassique.

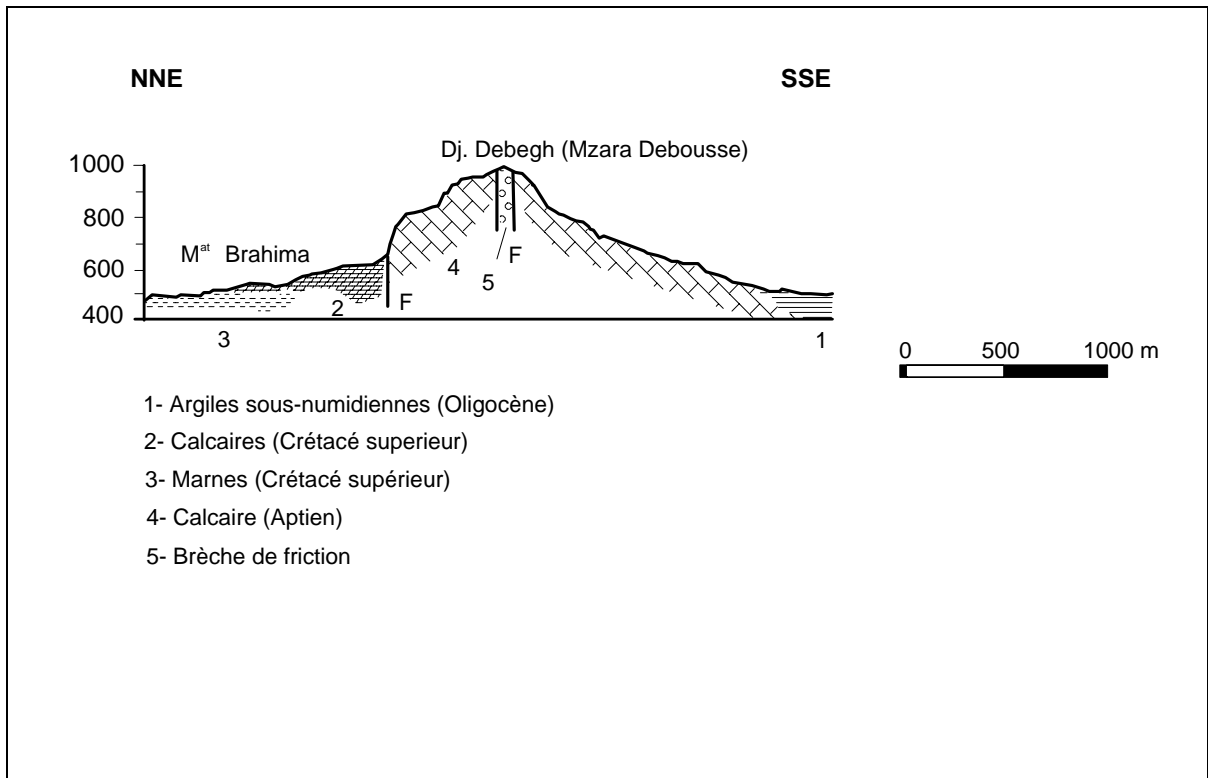


Fig.4. Représentation de Dj. Debegh.

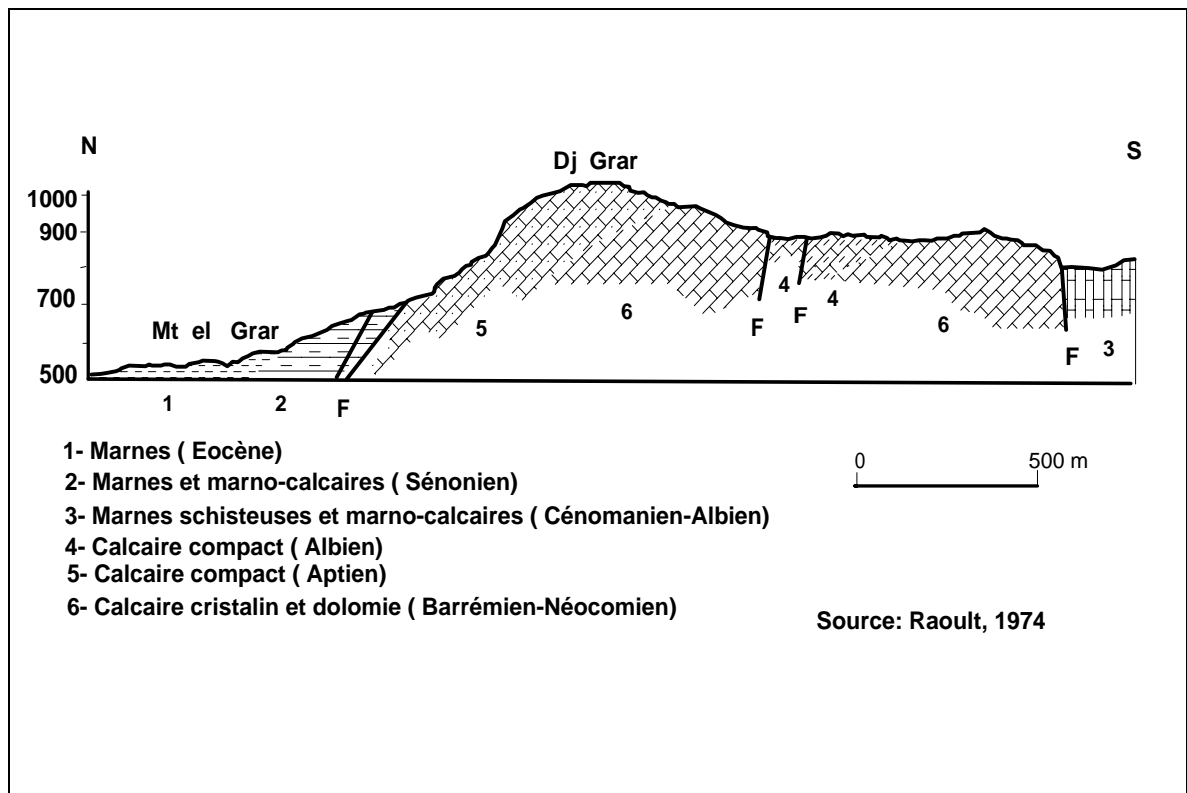


Fig. 5. Représentation de Djebel Gar.

### **I.3- TECTONIQUE :**

Le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest est affecté par une néotectonique, responsable de la structure actuelle (Fig.7).

D'après J. F Raoult (1974) et J. M Vila (1980), on distingue les phases tectoniques les plus importantes suivantes :

1- Les mouvements tectoniques précoces (Crétacé- paléocène) ou y remarque que la dorsale kabyle est affectée par de nombreuses petites failles durant le Jurassique et le Néocomien-Barrémien (Djebel chbèbik).

Au Néocomien-Barrémien, de minces niveaux Conglamératiques et Grésomiacées sensiblement concordants sur les termes sous-jacents, terminant la série Mésozoïque et précèdent l'émersion qui durera jusqu'au début de Paléocène.

2. La phase fini-lutétienne (Lutétienne supérieur – Priabonien supérieur), cette phase est caractérisée par une tectonique tangentielle qui est Post-paléogène, elle a affectée la partie Nord du sous bassin de l'Oud El Hammam (Djebel Moulmdéfa et Chbèbik), est également par d'importantes chevauchements dans le domaine de la dorsale Kabyle.

3. La phase fini Oligocène et Miocène (Oligocène Terminal Aquitanien).

Elle est caractérisée par de nombreux plis et failles qui ont affectés la région après la phase fini-Lutétienne et la sédimentation des séries Grésomiacées d'importantes déformations finies- oligocènes ont affectées la zone.

Le socle kabyle et le bord interne de la dorsale sont recouverts en discordance par des dépôts conglomératiques et Grésomiacés définissant l'Oligo-Miocène kabyle ; ce dernier est charrié par des flyschs, ces flyschs correspondent à des séries mauritaniennes également de séries telliennes (Bouillin et Glacon, 1973). Le Djebel Chbèbik est affecté par une importante faille Est-Ouest. Les séries de Grar, Taya et Debar sont en fenêtre sous des unités ultra-telliennes qui sont charriés sur le domaine néritique, on constate également que l'axe Kef-Hahonner Debar est limité par des failles poste-nappes continentales. Après les dépôts Poste-nappes, des plis et des failles reprennent l'ensemble et lui donnèrent l'aspect actuel.

De cette importante tectonique résultent de nombreuses failles donnant naissance à plusieurs sources (sources hydrothermales comme celles de Azzaba) et cours d'eau qui drainent le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.

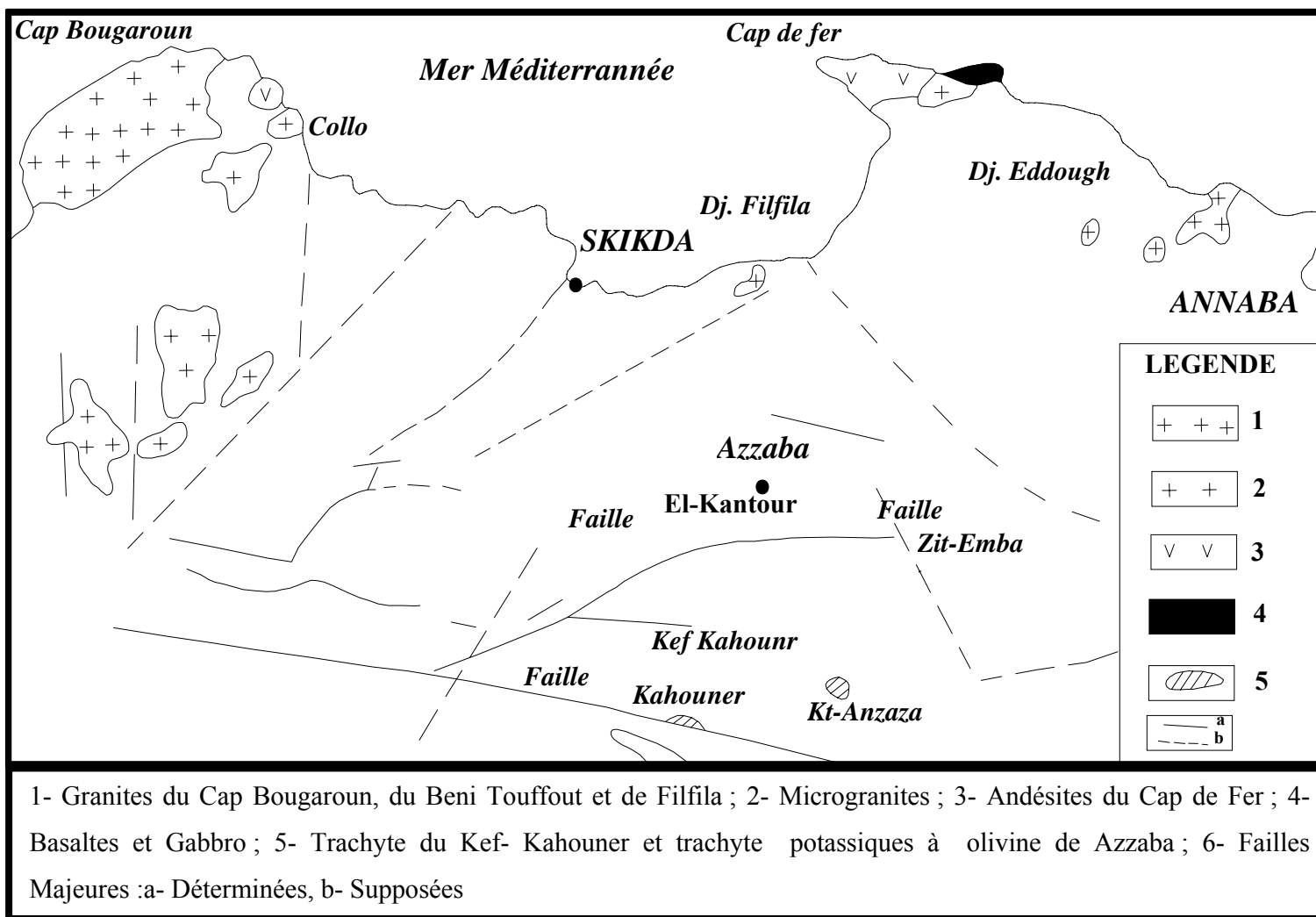


Fig.6. Position de quelques failles majeures, d'après Raoult (1971) ; Villa (1974) ; Durand Delga (1978) ; Bouaroudj (1986).

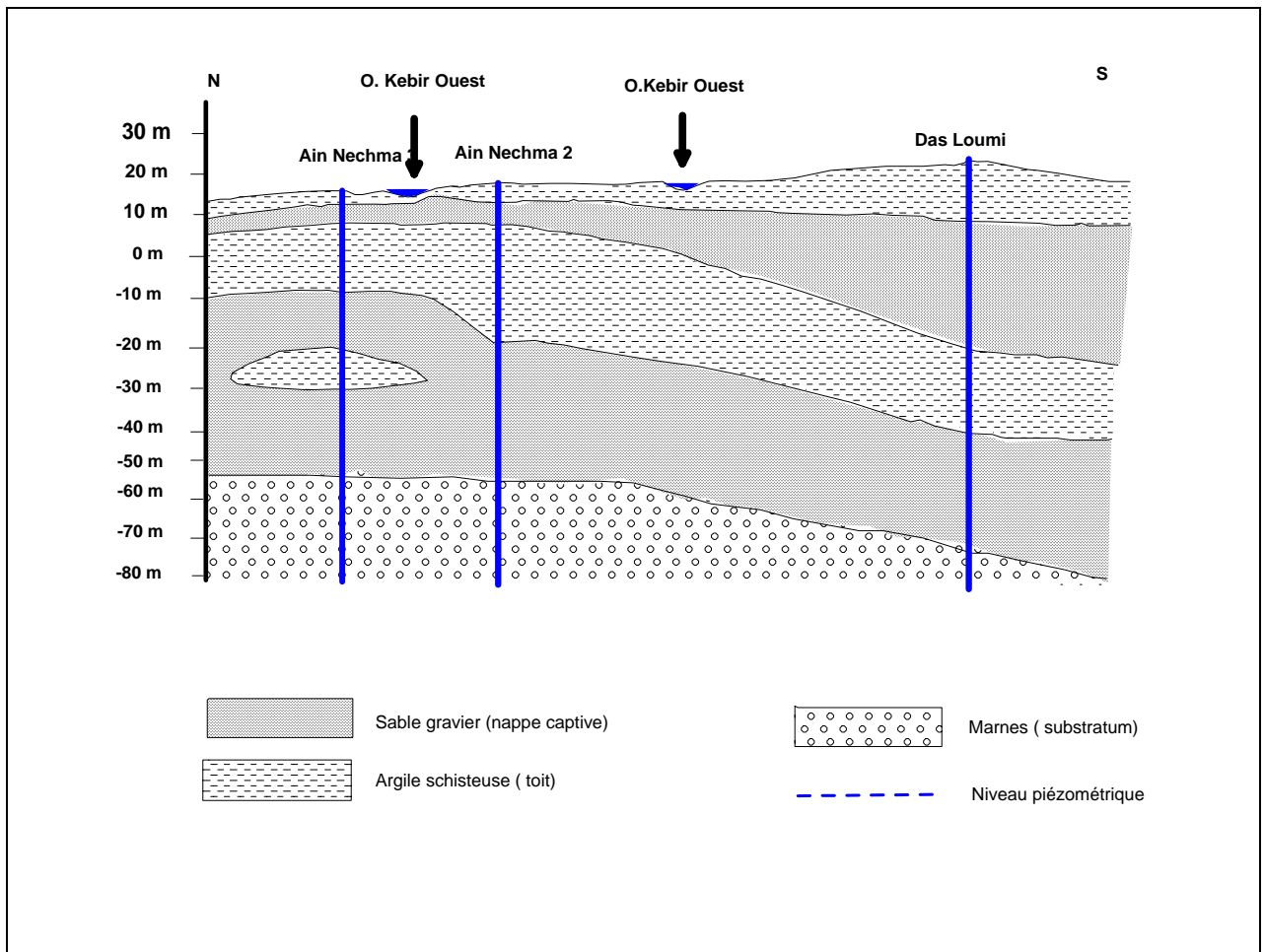
## II- HYDROGEOLOGIE :

### 1. Identification des différents ensembles hydrogéologiques :

#### Le sous bassin versant de l'oued Emchekel :

La coupe effectuée dans la plaine alluviale du Kebir Ouest, d'orientation Nord-sud nous révèle l'existence de deux aquifères superposés (Fig.7).

a) **La nappe alluviale :** de Kebir Ouest est formée d'un mélange de sable, graviers et galets, se localise sous un toit imperméable à semi perméable, son épaisseur varie de 5 m au Nord (Forage Ain Nechma 3) et peut aller jusqu'à 20 m au Sud (Forage DAS Loumi).



**Fig. 7. Coupe hydrogéologique dans l'aquifère de Azzaba.  
(D'après les coupes stratigraphiques des forages)**

**b) La nappe captive** : possède un toit imperméable formé d'argiles limoneuses dont l'épaisseur varie de 10 à 20 mètres légèrement incliné vers le Sud.

Le substratum est formé en général par des marnes d'âge pliocène d'épaisseur variable, les zones les plus perméables de la nappe alluvionnaire se trouvent au débouché de l'Oued Kebir Ouest et ses affluents en raison de la granulométrie du sol. La valeur maximale de la transmissivité est de l'ordre de  $10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s au Sud Est dans la région de Hdjar Essoud (étude géophysique de la plaine de l'Oued Kébir Ouest par STROJEXPORT 1974).

L'extension latérale de la nappe des sables et gravier se remarque de part et d'autre de l'Oued dépassant 10 kilomètres de chaque côté, s'étend jusqu'à l'embouchure de l'oued Kebir Ouest dans la mer méditerranée.

La carte (Fig.7) Établie de l'extension latérale de la couche aquifère de la nappe alluviale (d'après les coupes de forages et coupes hydrogéologiques), nous montre d'une façon approximative leur extension dans l'espace.

#### **Le sous bassin de l'oued El Hammam :**

Les particularités de la structure litho-geologique de la vallée de l'Oued El Hammam, ont déterminé les conditions de développement et le régime des eaux souterraines.

Les travaux de reconnaissances (Forage  $\approx$  100 m) ont mis en évidence, dans l'intervalle de profondeur traversée, deux niveaux aquifères : nappe suspendue (temporaire) et nappe phréatique (superficielle) à surface libre.

**a) La nappe temporaire** : se forme en saison pluviale au sein de terrains peu perméables, constituant la formation déluvio-proluviales et se présente sous forme de lentilles suspendues, peu étendues tant au plan, qu'en épaisseur.

**b) La nappe phréatique** : Le niveau phréatique à surface libre, se reconnaît bien dans les flyschs néogènes, relativement perméables et, surtout, dans les calcaires liasique ( $J^{3-2}$ ) et éocènes ( $P_2$  e' I-II), caverneux et karstifiés. Son alimentation et son régime dépendent directement du niveau d'eau dans l'Oued et de l'infiltration des précipitations atmosphériques.

Le courant phréatique se situe à une profondeur, allant de quelques mètres, dans la partie en terrasse de la vallée, jusqu'à 15 à 40 m, au niveau des bords de la vallée et est dirigé suivant une pente de 0.01 à 0.005 vers le lit de l'oued.

Les variations saisonnières du niveau des eaux phréatiques sont de 2 à 3 m dans la partie du fond de la vallée et dépassent 10-15 m dans ses bords. Cela s'explique par la morphologie de la surface des versants, le caractère d'alternance des variétés lithologiques qui diffère par leur perméabilité à l'eau et le degré de drainage.

2- La piézométrie :

Nous avons établi la carte piézométrique de la nappe du sable et de gravier, le niveau piézométrique est estimé à partir des données de niveau statique des quelques puits en exploitation situés dans la nappe (selon les données de la DHW<sup>1</sup>) en période de basses eaux, et leurs cotes terrain naturel extrait de la carte topographique de Azzaba (échelle 1/50 000).

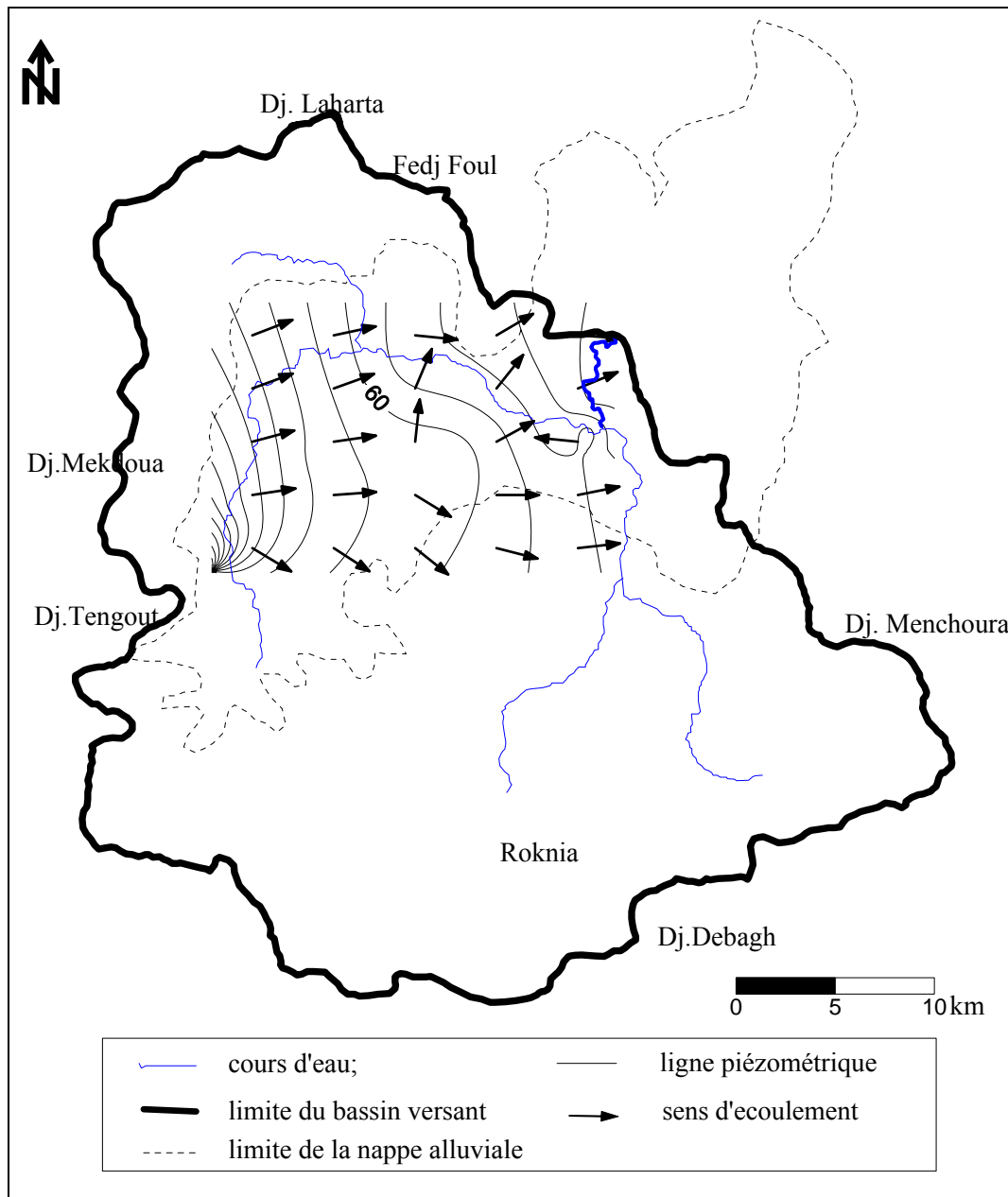


Fig. 8. Carte piézométrique de la nappe alluviale du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest

<sup>1</sup> Direction de l'hydraulique de la wilaya.

L'allure générale des courbes isopièzes montre que la nappe suit le modèle topographique (Fig.8). L'espacement des courbe augmente en allant de l'ouest de la nappe vers l'est, se qu'il indique un écoulement rapide à l'ouest et devient lent à l'est.

L'écoulement se fait généralement suivant une direction Ouest-Est, les flèches montrant le sens d'écoulement sont orientés vers les cours d'eau de surface (Fig. 9), cela indique que les oueds draines la nappe pendant la période sèche.

### **III- L'OROGRAPHIE :**

Le relief du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest est très diversifié. Il englobe les plaines, les versants, les collines et les montagnes.

Les différentes unités physiographiques ont été déterminées à partir de la superposition des cartes : hypsométriques, pentes et lithologiques.

#### **1. Les montagnes :**

Elles représentent l'unité la moins fréquente. Les montagnes n'occupent que 10.17 km<sup>2</sup>, soit 0.90% de la superficie totale du bassin versant. Cette unité dépasse les 850 m d'altitude. Elle forme la limite Sud du bassin par les djebels Mermera et Taya. Ces montagnes sont caractérisées par des pentes très raides supérieur à 25% et par des surfaces forestières incendiées par endroits, des maquis dégradées et des parcours.

#### **2. Les collines :**

Ayant des altitudes comprises entre 450 et 850 m, les collines affichent 228.43 km<sup>2</sup>, soit 20.21% de la superficie totale du bassin versant. Parmi ces collines on site :

- ✓ Djebel Debagh (624 m), Djebel Manchoura (563 m) situés au Sud-est du bassin.
- ✓ Djebel Boufernan (534 m) et Djebel Fenngant (649 m) situés au Sud-ouest du bassin.
- ✓ Djebel Fej-fhoul (553 m) et Djebel El Alia (660 m) situés respectivement dans les deux parties Nord-est et Nord-ouest du bassin versant.

#### **3. Les versants :**

Ils représentent les surfaces les plus étendues ayant des altitudes de 50 à 450 m, leur superficie est estimée à 532.13 km<sup>2</sup>, soit 47.08% de la superficie totale du bassin versant.

Cette unité se caractérise par une exposition généralement au Nord, des pentes moyennes à fortes (>12 %) et une dominance des roches moyennement résistantes tels que les grès dont les cultures et les maquis y sont installés.

#### **4. Les plaines :**

Ayant des altitudes moins de 50 m, les plaines constituent presque 31.81% de superficie totale du bassin versant, soit 359.53 km<sup>2</sup>.

Parmi les plaines du bassin on distingue la grande plaine de Azzaba, située dans le sous bassin de l'Oued Emchekel à l'Ouest et la plaine de l'Oued El Hammam aux terrasses peu développées.

En ce qui concerne les glacis, ils se localisent au pied des versants à pentes inférieures à 10 %, tels que pied de Djebel Beziounn et le piémont des reliefs à la jonction avec la plaines de Azzaba et les microplaines de Bouati Mahmoudé et Roknia. Ils sont généralement occupés par des terres agricoles.

#### **IV- LE COUVERT VEGETAL**

Le couvert végétal influe beaucoup sur les quantités d'eau disponibles pour l'écoulement de surface. En effet, l'évapotranspiration par les végétaux est très importante et elle varie selon la nature des végétaux (forêts, cultures, prairies, *etc.*).

Par ailleurs, la végétation joue également un rôle atténuateur important en période de crue : en effet, lorsque la végétation est développée, le ruissellement est retardé et la pointe de crue est atténuée. Par ailleurs, l'écoulement étant plus long, la part d'eau reprise par l'évapotranspiration augmente et le volume de la crue diminue.

Pour caractériser le couvert végétal, on utilise le pourcentage des surfaces occupées par chaque type de végétation.

Sous nos climats, on se contente de deux domaines : forestier et agricole (s'ajoute à ces deux domaines les terrains improductifs, qui sont généralement les cours d'eau et les terres urbanisées). Cette classification est évidemment à adapter pour d'autres climats (par exemple sols nus, savanes, forêts, galeries, rizières, *etc.*).

##### **IV.1- Domaines forestiers :**

###### **a- Les forêts :**

Elles occupent 7,66% de la superficie totale du bassin versant. Ces forêts se localisent de façons fréquentes dans la partie Nord du bassin, (Djebel Alia et Djebel Iahrta). Le sous bassin de l'Oued Emchekel comporte la plus grande surface forestière, généralement sous forme d'îlots situés au nord de Azzaba et Ain Charchar, à des altitudes allant à 569 m. ces forêts sont composés de maquis denses et clairs et de chaîne liège. Dans le sous bassin de l'Oued El Hammam les forêts s'étagent sur des altitudes variant de 200 et 500 m.

Presque 50% des forêts ont été touchées par les incendies puis rapidement reboisés (Bneder, 1995).

###### **b- Les maquis :**

Les maquis denses occupent un important territoire dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest, se localisent sur les versants des montagnes tels que Djebel Makdoua et Chbebik dans le sous bassin de l'Oued Emchekel. Les maquis dense du sous bassin de l'Oued El Hammam sont concentrés surtout dans la commune de Roknia et Bouati Mahmoud.

Une répartition importante de maquis clairs est marquée dans le territoire du sous bassin de l'Oued El Hammam et plus particulièrement la commune de Roknia ; ils occupent les hauts piémonts du territoire du sous bassin.

**c- Les terrains de parcours :**

La plus grande occupation des terrains de parcours se localise à l'Ouest du sous bassin de l'Oued Emchekel sous forme de lambeaux, et au Sud-ouest du sous bassin de l'Oued El Hammam.

Ces terrains présentent une physionomie très variable de jachères envahies par endroit par des maquis et introduites souvent d'oliviers.

La majorité des terrains de parcours présente un état de dégradation avancé a cause de la forte charge animale.

**d- les terres improductives :**

Elles couvrent 15,02 km<sup>2</sup>, soit 1,32% de la surface totale de notre bassin versant.

Les terrains improductives regroupent les terrains rocheuses, tissus urbains (principaux chefs lieu de communes situés dans la zone d'étude). Ainsi que les lits des oueds.

Le sous bassin de l'Oued Emchekel affiche une répartition double de celle du sous bassin de l'Oued El Hammam.

**IV.2- Domaines agricole :****a- Les terrains agricoles :**

Ce sont des terrains occupés par des cultures englobant les céréalicultures, la jachère, cultures industrielles et maraîchères. Ils se concentrent au niveau des pentes faibles à moyennes et s'étendent sur 42,58% de la superficie totale du bassin.

Les terres agricoles sur le sous bassin de l'Oued Emchekel, couvre 40,48% de la superficie dont 34,28% sont des céréalécultures. Il est à noter que la céréaliculture occupe les bas pièments d'Essebt, sur des pentes le plus souvent supérieures à 12%. La zone de Ain Charchar occupe une superficie de 4412 ha, tandis que la plaine de Azzaba, bien qu'elle est située sur de très bonnes terres, n'occupe que 3341 ha.

Les terres agricoles du sous bassin de l'Oued El Hammam se localisent surtout sur les terrasses de l'Oued Mouger. Au sein de ce sous bassin la plus grande superficie est occupée par les céréalicultures et observée dans la commune de Roknia qui détient à elle seule une superficie de l'ordre de 8950 ha. La commune de Bouati Mahmoud pratique les céréalicultures sur une superficie de 3843 ha.

**b- Les terrains arboricoles :**

Ils s'étendent sur une superficie plus ou moins faible qui est de 2,13% du bassin versant .ces terrains occupe 2,07% de la superficie de sous bassin de l'Oued Emchekel et 2,2% de celle de l'Oued El Hammam.

Il est à noter que la zone d'étude renferme un patrimoine arboricole représenté par l'olivier qui a une valeur économique importante. Aussi, il joue le rôle de protecteur et de stabilisateur. On le trouve souvent sur les bas piéments et les collines isolées.

**c- Les vignes :**

Le vignoble est cultivé sur une superficie de 10,59 km<sup>2</sup>, soit 0,86% de la superficie totale du bassin versant. La plus grande superficie est marquée dans le sous bassin de l'Oued Emchekel ou se trouve la plaine de Azzaba avec 10,26 km<sup>2</sup>. Cependant dans le sous bassin de l'Oud El Hammam les vignes ne marquent que 0,09% de sa superficie.

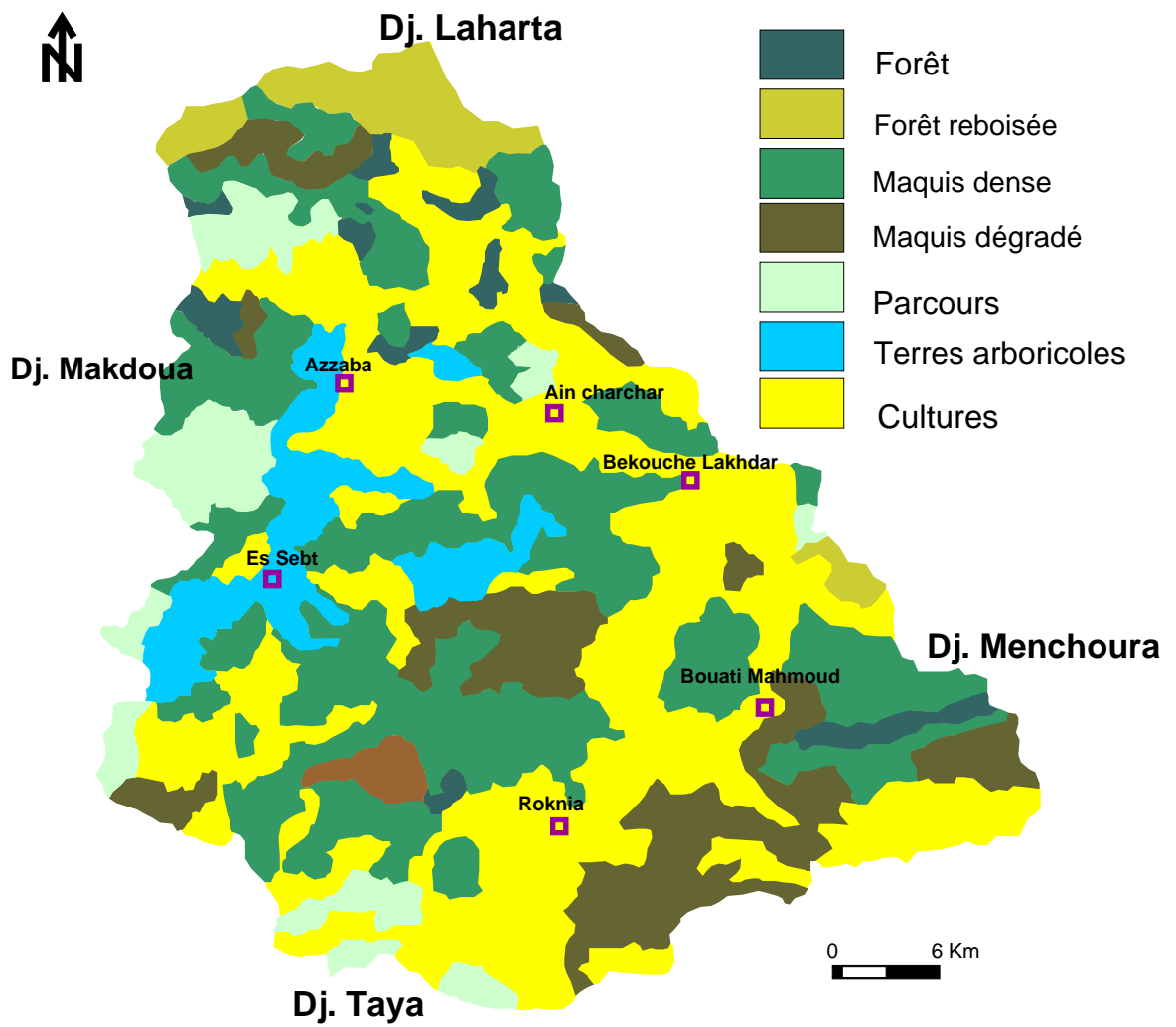


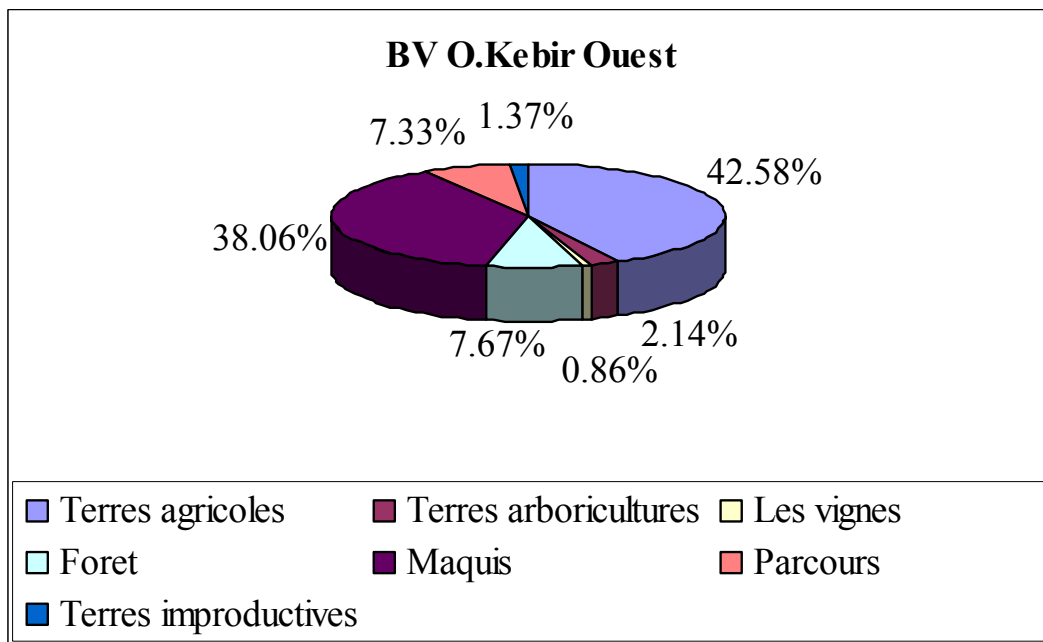
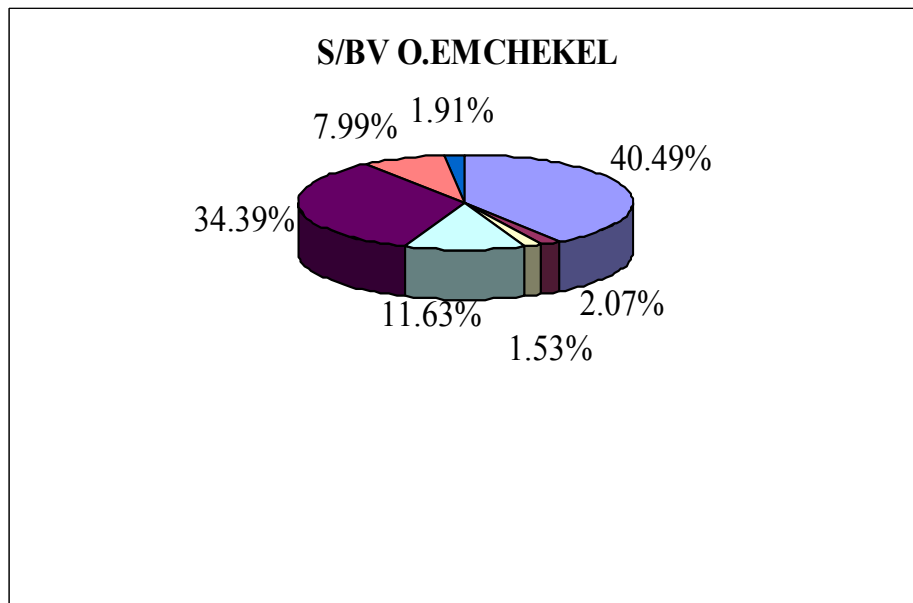
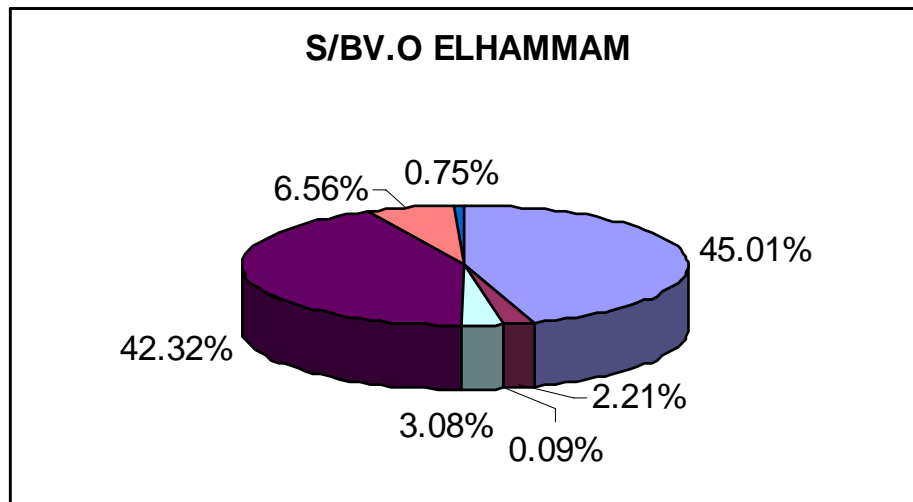
Fig.9. Carte du couvert végétal du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.

**Tableau 1. Répartition du couvert végétal dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest .**

Couvert végétal		Sous bassin de l'Oued Emchekel		Sous bassin de l'Oud El Hammam		Bassin versant de l'Oued Kebir Ouest	
		Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
I	Terres agricoles	245,69	40,49	235,59	45,01	481,28	42,58
	Terres arboricultures	12,59	2,07	11,55	2,21	24,14	2,14
	Les vignes	9,26	1,53	0,48	0,09	9,74	0,86
II	Foret	70,57	11,63	16,10	3,07	86,67	7,67
	Maquis	208,65	34,39	221,52	42,32	430,17	38,06
	Parcours	48,48	7,99	34,32	6,56	82,80	7,32
Terres improductives		11,56	1,90	3,9	0,74	15,46	1,37
Total		606,80	100	523,46	100	1130,26	100

I : Domaine agricole

II : Domaine forestier.



**Fig 10. Répartition du couvert végétal dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest et les deux sous bassin.**

La détermination des surfaces occupées par chaque type de végétation est difficile car les documents cartographiques les mentionnant sont rares et bien souvent dépassés, et le type de culture peut changer d'une année à l'autre. La télédétection satellitaire trouve ici une application particulièrement efficace.

Plus de 45 % de la superficie du bassin occupée par le domaine agricole, dont la céréaliculture et la plus dominante dans les deux sous bassin, ce qui donne à ce bassin leur vocation agricole.

**CONCLUSION :**

Dans ce chapitre nous avons mis en évidence la situation géographique de la zone d'étude et leur cadre physique (géologie, hydrogéologie, relief et couvert végétal).

Le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest à Ain Charchar, l'un des sous bassin du constantinois centre, situé au Nord-Est algérien.

Cette situation géographique a donnée au bassin leur comportement structurale de la petite Kabylie, présenté sous les huit grandes unités suivantes : Le socle kabyle (paléozoïque), La dorsale kabyle (chaîne calcaire), Le Néritique (Jurassique, crétacé supérieur), Les séries de flyschs (Barrémien, Lutétien supérieur), Les séries telliennes (Néocomien Lutétien), L'Oligo-Miocène Kabyle, La Nappe Numidienne (Oligo- Moyen- Burdigalien inférieur), Les terrains Post-Miocènes.

En ce qui concerne l'hydrogéologie, qui est le produit de la géologie du terrain, on a pu identifier deux horizons aquifères au niveau de la plaine alluviale de l'oued Kebir Ouest, l'une est alluviale, l'autre est captive. Au niveau de la vallée de l'oued El Hammam, également, deux nappes, la première est phréatique, la deuxième est temporaire, elle se forme en saison pluviale.

Le relief du bassin est très diversifié, englobe les plaines avec plus de 30% de la superficie du bassin, les versants occupent la plus grande part 47%, les collines 20% et les montagnes avec moins de 1%.

Le couvert végétal peut être classé en deux domaines : le domaine forestier consacre 53.05 % de superficie du bassin et le domaine agricole occupant 45.58%.

## **CHAPITRE II**

# **CADRE MORPHOMÉTRIQUE ET HYDROGRAPHIQUE DU BASSIN VERSANT**

### **INTRODUCTION :**

Les divers paramètres morphométriques d'un bassin versant (forme, altitude, pente, relief ...etc.) Interviennent le plus souvent de façon combinée, Agissant sur les modalités de l'écoulement.

Ils nous offrent la possibilité de réaliser une analyse quantitative, et une comparaison des différentes unités hydrologiques.

Cependant, pour assurer la fiabilité de l'aspect morphométrie, il est nécessaire que cette quantification soit appliquée à de bassins versants de taille réduite et de géologie homogène.

## I. LE RELIEF :

### 1- Superficie :

La surface du bassin versant est la première et la plus importante des caractéristiques. Elle s'obtient par planimétrie sur une carte topographique après que l'on y ait tracé les limites topographiques et éventuellement hydrogéologiques.

Avec une superficie planimétrée est de 1130.26 km<sup>2</sup> (1128 km<sup>2</sup> selon les données de l'A.B.H<sup>2</sup>), soit un écart de (0,20 %), le bassin versant du Kébir Ouest est un important bassin des côtières Constantinois (9,77% de 11570 km<sup>2</sup>). Cette superficie est délimitée par une ligne de partage des eaux de 161 km étant le périmètre du bassin.

### 2- Périmètre (P) du bassin versant

On utilise différentes caractéristiques de longueur ; la première est une des plus utilisées est le « Périmètre P du bassin versant ». Le périmètre est curvimétré sur la carte topographique (P= 161 km) mais, selon l'échelle de la carte, les détails sont plus ou moins nombreux et il en résulte des différences de mesures.

### 3- Longueur (L) du rectangle équivalent

Le périmètre P n'est généralement pas utilisé directement mais le plus souvent à travers des valeurs qui en dérivent, comme la "longueur L du rectangle équivalent". On définit le rectangle équivalent comme le rectangle de longueur  $L$  et de largeur  $l$  qui a même surface et même périmètre que le bassin versant, soit à l'aide de :

$$L = \sqrt{A} \cdot \frac{Kc}{1.128} \left[ 1 + \sqrt{1 - \frac{(1.12)^2}{(Kc)^2}} \right] \quad \text{Et} \quad A = L.l \Rightarrow l = \frac{A}{L} \quad \text{d'où :}$$

$$L=62,00 \text{ km et } l= 18,23 \text{ km.}$$

L'inconvénient de cette méthode est que l'on peut rencontrer des bassins plus compacts qu'un carré ; l'équation n'a alors plus de racines réelles !

### 4- La forme du bassin :

La caractéristique de forme la plus utilisée est le "**coefficient Kc de Gravelius**". Il se définit comme le rapport du périmètre du bassin versant au périmètre du cercle ayant même surface (appelée aussi coefficient de capacité) :

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

A : surface et P : périmètre du bassin versant

Cet élément peut être traduit par le paramètre  $K_c$  : Indice de compacité de Gravelius ayant une influence certaine sur l'écoulement. Il se définit comme le rapport du périmètre du bassin

<sup>2</sup> Agence du Bassin Hydrographique.

versant au périmètre du cercle ayant même surface. La forme du bassin détermine l'allure de l'hydrogramme de crue, où un bassin allongé ne réagira pas de la même manière qu'un bassin de forme ramassée.

Les valeurs du coefficient de compacité dans les deux sous bassins de l'Oued Emchekel ( $K_c = 1,41$  km) et l'Oued El Hammam ( $K_c = 1,37$  km) indiquent qu'ils possèdent une forme très allongée (rectangulaire).

Pour le bassin du Kébir Ouest, l'indice  $K_c$  a été estimé par 1,34 ; Traduisant une compacité faible (bassin allongé) et c'est ce que les dimensions du rectangle équivalent confirment (62,00 – 18,23 km).

#### 5- Répartition altimétrique du bassin :

À partir de la carte topographique Skikda 1 / 200 000e, on a pu réaliser le tableau n°05. Les cotes du bassin varient de 1249 m jusqu'à 20 m :

**Tableau 2. Répartition des superficies en fonction des tranches d'altitude dans le bassin versant du Kébir Ouest.**

Tranches d'altitude $H_i$ (m)	Superficies partielles		Superficies cumulés	
	Si (km <sup>2</sup> )	Si (%)	Si Cum (km <sup>2</sup> )	Si Cum (%)
1249-1150	1,13	0,10	1,13	0,10
1150-1050	2,26	0,20	3,39	0,30
1050-950	4,52	0,40	7,91	0,70
950-850	9,04	0,80	16,95	1,50
850-750	20,34	1,80	37,29	3,30
750-650	25,99	2,30	63,28	5,60
650-550	61,03	5,40	124,31	11,00
550-450	128,84	11,40	253,15	22,40
450-350	161,62	14,30	414,77	36,70
350-250	124,32	11,00	539,09	47,70
250-150	271,26	24,00	810,35	71,70
150-050	299,51	23,50	1109,86	98,20
050-020	20,34	1,80	1130,26	100,00

**L'altitude moyenne du bassin du Kébir Ouest :**

$$\overline{H} = \frac{\sum A_i X_i}{A}$$

$A_i$  : superficie partielle (km<sup>2</sup>) de la tranche d'altitude.

$X_i$  : centre de la classe d'altitude (m).

$A$  : superficie du bassin (km<sup>2</sup>).

D'où  $\overline{H} = 298.74$  m.

L'altitude moyenne est de l'ordre de 298,74 m. cette valeur traduit une faiblesse relative de l'altitude, ou le diagramme des fréquences altimétriques fait ressortir la répartition par tranche d'altitude de la superficie du bassin, ainsi donc, Nous pouvons aisément constater les diverses altitudes caractéristiques du bassin :

**L'altitude médiane :**

Elle est déduite à partir de la courbe hypsométrique (fig. 11), elle est égale à 300 m (H 50%).

La répartition par tranche d'altitude de la superficie est plus significative que l'altitude moyenne, ceci ressort nettement de la courbe hypsométrique et de l'histogramme de fréquences établis pour le bassin versant :

Les secteurs d'altitude dépassant les 850 m sont peu étendus dans le bassin (1,5 %) et correspondent aux montagnes situés au sud du bassin : Djebel Marmara, Taya.

Les zones d'altitudes comprises entre 450 et 850m, représentent les collines, couvrent 236,20 km<sup>2</sup>, soit environ 20,90% de la superficie totale du bassin, et parmi ces collines on cite :

- ✓ Djebel Debagh (624 m), et Djebel Manchoura (563 m) situés au Sud Est du sous bassin de l'Oued El Hammam.
- ✓ Djebel Boufernana (534 m) et Djebel Fenngant (649 m) situés au Sud Ouest du sous bassin de l'Oued El Hammam.
- ✓ Djebel Fej Fhoul (534 m) et Djebel El Allia (660 m) situés dans les deux parties Nord Est et Nord Ouest du sous bassin de l'Oued Emchekel.

Par contre, les zones d'altitude allant de 50 à 450 m couvrent une superficie de 856,71 km<sup>2</sup>, soit 75,80 % de la superficie totale du bassin versant, correspondants aux versants, cette unité se caractérise par une exposition généralement au Nord, les pentes moyennes à fortes (> 12%) et une dominance des roches moyennement résistantes tels que les grés dont les cultures et les maquis y sont installés.

Enfin, la tranche d'altitudes inférieures à 50 m, constitue 20,34 km<sup>2</sup> soit 1,8% de la superficie totale du bassin, concerne largement les plaines alluviales du bassin de l'Oued Kébir Ouest et ses principaux affluents, comme la grande plaine de AZZABA et la plaine de l'Oued EL Hammam.

On ce qui concerne les glacis, ils se localisent au pieds des versants à pentes inférieures à 10%, ils sont généralement occupés par des terres agricoles, ils se localisent principalement au pied de Djebel Beziounn, au piémet des reliefs à la jonction avec la plaine de AZZABA et les micro plaines de Bouati Mohmoude et Roknia.

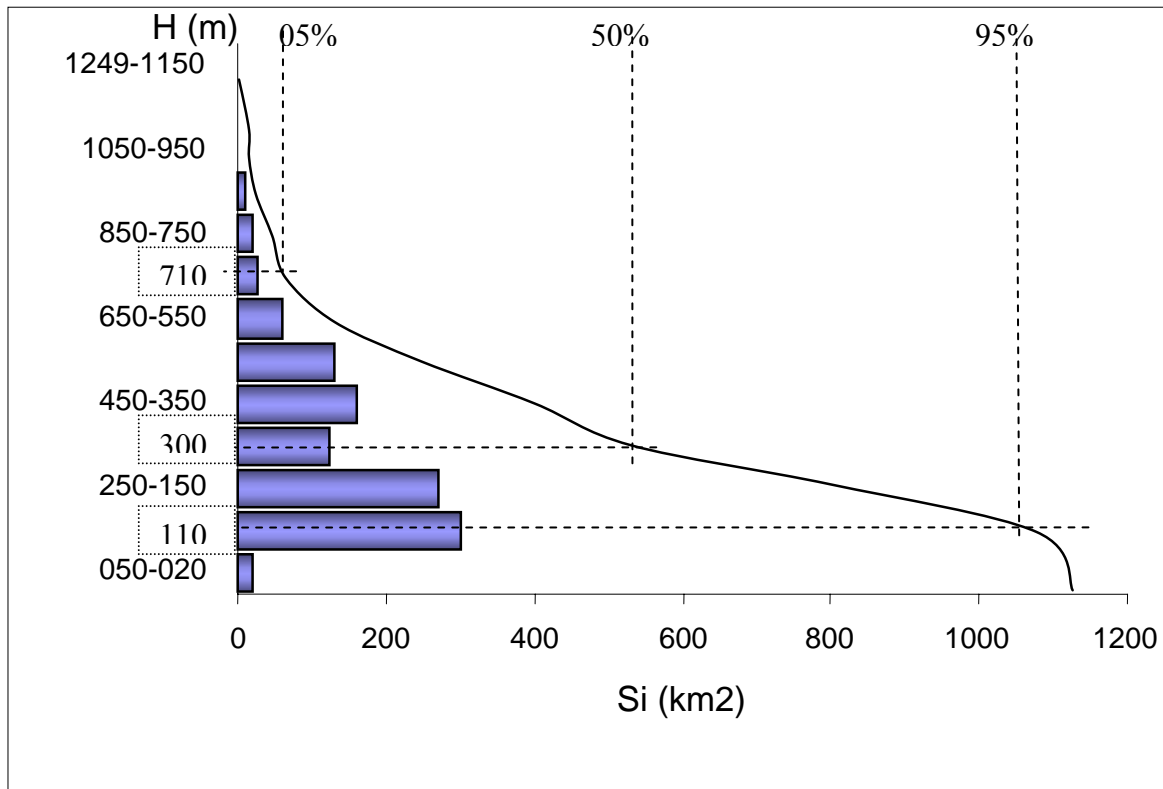


Fig.11. Courbe hypsométrique du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.

**6- Les pentes :**

Le relief joue un rôle primordial dans la plus ou moins grande aptitude au ruissellement des terrains. Il peut être quantifié à l'aide de quelques indices : L'objet de ces indices est de caractériser les pentes d'un bassin et de permettre des comparaisons et des classifications.

**6.1- L'indice de pente global 'Ig' :**

Obtenu par la formule suivante :

$$Ig = \frac{D}{L}$$

D étant la dénivelée simple (m) : h5 % - h95 %, définie sur la courbe hypsométrique ; L étant la longueur du rectangle équivalent.

H 5% = 710 m ;

H 95% = 110 m ; déduites de la courbe hypsométrique.

D'où  $D = 600$  m et  $I_g = 9.68$  m/ km.

Cet indice, très facile à calculer, est des plus utilisés. Il sert de base à une des classifications IRD ( ex :O.R.S.T.O.M.) pour des bassins versants dont la surface est des l'ordre de 25 km<sup>2</sup> :

L'indice de pente global 'I<sub>g</sub>' est estimé à 9,68 m / km, cela implique que le relief du bassin du Kébir Ouest est *assez faible*.

**6.2- Indice de pente de Roche I<sub>p</sub> :**

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum \sqrt{b_i (a_i - a_{i-1})} \quad \text{Avec :}$$

L : longueur du rectangle équivalent (m) ;

b<sub>i</sub> : fraction de surface comprise entre les côtes a<sub>i</sub> et a<sub>i-1</sub> (%) ;

a<sub>i</sub> et a<sub>i-1</sub> : différence entre les courbes de niveaux i et i-1 (Km).

**Tableau 3. Indice de pente de ROCHE.**

Tranches d'altitude H <sub>i</sub> (m)	Superficies partielles b <sub>i</sub> (%)	Différence de côtes a <sub>i</sub> -a <sub>i-1</sub>	b <sub>i</sub> (a <sub>i</sub> - a <sub>i-1</sub> )	$\sqrt{b_i (a_i - a_{i-1})}$
1249-1150	0,10	99	9.9	3.15
1150-1050	0,20	100	20	4.47
1050-950	0,40	100	40	6.32
950-850	0,80	100	80	8.94
850-750	1,80	100	180	13.42
750-650	2,30	100	230	15.17
650-550	5,40	100	540	23.24
550-450	11,40	100	1140	33.76
450-350	14,30	100	1430	37.82
350-250	11,00	100	1100	33.17
250-150	24,00	100	2400	48.99
150-050	23,50	100	2350	48.48
050-020	1,80	30	54	7.35
<b>Total</b>				<b>284.27</b>

$L = 62 \text{ km}$  ;

D'où  $I_p = 4.585 \%$ .

Le résultat s'avère assez élevé et confère au relief une importante incision.

### 6.3- Dénivelée spécifique $D_s$ :

L'indice  $I_g$  décroît pour un même bassin lorsque la surface augmente, il était donc difficile de comparer des bassins de tailles différentes.

La dénivelée spécifique  $D_s$  ne présente pas cet inconvénient : elle dérive de la pente globale  $I_g$  en la corrigeant de l'effet de surface admis étant inversement proportionnel à  $\sqrt{A}$  :

$$D_s = I_g \sqrt{A} = \frac{D}{L} \sqrt{LI} = D \sqrt{\frac{I}{L}}$$

D'où  $D_s = 325.35 \text{ m/km}$ .

La dénivelée spécifique ne dépend donc que de l'hypsométrie ( $D = H_5\% - H_{95}\%$ ) et de la forme du bassin ( $I/L$ ).

Elle donne lieu à une deuxième classification de l'IRD (ex :O.R.S.T.O.M.), indépendante des surfaces des bassins :

La  $D_s$  estimée par 325,35 m traduit bien l'importance du volume montagneux, et de même les importantes dénivelées, et donne au relief du bassin du Kébir Ouest la qualification de *Relief fort* ( $250\text{m} < D_s < 500 \text{ m}$ ).

Ce relief fort, est un élément déterminant de la réaction du bassin vis-à-vis les pluies.

### 6.4- Classes de pentes :

La pente topographique exprime l'inclinaison des versants par rapport à l'horizontal.

C'est un facteur essentiel de l'écoulement de surface, car en effet ce dernier a tendance à avoir plus d'énergie cinétique et vive en présence des fortes pentes et dénivelées. Et par conséquent, elle assure une réponse hydrologique rapide et une dynamique érosive agressive.

Selon J.TRICART, l'intensité de l'écoulement est fonction de la pente comme suit :

- Écoulement faible : pente inférieure à 10 %.
- Écoulement fort : pente égale à 10 %.
- Écoulement très fort : pente supérieur à 20 %.

Dans le bassin du Kébir Ouest, on a pu faire ressortir six classes de pente.

**1- La classe des pentes (moins de 5 %) :**

Coïncident avec une surface importante et caractérisent les basses terrasses de l'Oued Kébir Ouest. Elles se répartissent sur 33,73% dans le sous bassin versant de l'Oued Emchekel et 7,99% dans celui de l'Oued El Hammam.

Cette classe constitue 21,79 % de la superficie totale du bassin versant de l'Oued Kébir Ouest et constitue une surface favorable à l'agriculture et au pâturage.

**2- La classe des pentes (5 – 10 %) :**

Elle représente près de 9,56 % du sous bassin de l'oued Emchekel, et de 10,57% du sous bassin de l'Oued El Hammam. Soit une superficie totale du bassin versant de l'Oued Kébir Ouest de 113,37 km<sup>2</sup>. Ces surfaces sont utilisées par les agriculteurs surtout celles de céréalicultures extensives.

**3- La classe des pentes (10-15 %) :**

Elle occupe près de 8,57% de la superficie totale du bassin versant de Kébir Ouest, caractérisant essentiellement les versants. Dans le sous bassin de l'oued Emchekel cette classe représente 4,81%, et 12,93 % de la superficie du sous bassin de l'Oued El Hammam.

**4- La classe des pentes (15-20 %) :**

Cette classe occupe une superficie de 413,68 km<sup>2</sup> soit 36,6% de la superficie totale du bassin. Ces pentes prédominantes s'étendent au niveau des collines et des versants. Elle occupe le sous bassin de l'Oued Emchekel avec 32,53%, et celui de l'Oued El Hammam avec 41,29%.

**5- La classe des pentes (20- 25) :**

Ces pentes règnent sur une superficie de 71,77 km<sup>2</sup>, soit 6,35% de la superficie totale du bassin versant. Elle couvre la zone d'Essebt et Roknia ayant des terrains contenant des roches moyennement dure. Il est noté que 35,97%,(22,96 km<sup>2</sup>) de ces pentes sont marqués dans le sous bassin de l'Oued Emchekel et 64,02%, (48,81 km<sup>2</sup>) de celui de l'Oued El Hammam.

**6- La classe des pentes (> 25%) :**

Cette classe occupe 16,66%,(188,30 km<sup>2</sup>) de la superficie totale du bassin versant, 15,57%, soit (94,32 km<sup>2</sup>) du sous bassin de l'Oued Emchekel affiche et 17,92%, soit (93,98) de la superficie de celui de l'Oued El Hammam.

La répartition de cette classe de pentes est rencontrée dans les hautes montagnes entre les deux sous bassin suscités.

**Tableau 4. Répartition des pentes dans le bassin versant de l'Oued Kébir Ouest.**

Classe de pente %	S/BV O. Emchekel		S/BV O. El Hammam		BV O. Kébir Ouest	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
<b>0 – 5</b>	204,34	33,73	41,94	7,99	246,28	21,79
<b>5 – 10</b>	57,91	9,56	55,46	10,57	113,37	10,03
<b>10– 15</b>	29,14	4,81	67,72	12,91	96,86	8,57
<b>15– 20</b>	197,14	32,53	216,54	41,29	413,68	36,60
<b>20- 25</b>	22,96	3,79	48,81	9,31	71,77	6,35
<b>&gt; 25</b>	94,32	15,57	93,98	17,92	188,30	16,66
<b>Total</b>	605,81	99,99	523,45	99,99	1130,26	100

**II. CARACTERISTIQUES DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE :**

L'étude du chevelu hydrographique servant surtout à comparer des bassins entre eux, il suffit, dans la plupart des cas, de se fixer une définition du thalweg élémentaire et de l'appliquer pour l'étude de tous les bassins.

Le réseau hydrographique peut se caractériser par trois éléments : sa hiérarchisation, son développement (nombres et longueurs des cours d'eau) et son profil en long.

**II.1. Constitution du réseau hydrographique :**

La topographie contrastée, l'agressivité du climat et la lithologie tendre (marnes et argiles) ont permis l'installation d'un réseau hydrographique dense.

Le bassin du Kébir Ouest résulte de la jonction de deux cours d'eau importants : l'Oued Emchekel et l'Oued El Hammam où on a réalisé le barrage des ZIT EMBA,

Le sous bassin versant de l'Oued El Hammam, constitue l'unité principale dans l'alimentation du barrage. Il prend sa source sur le versant Nord de l'atlas tellien, et suit le

pli anticlinal de l'étendue sublatérale, il couvre une surface de 523,46 km<sup>2</sup> et est essentiellement drainé par quatre principaux affluents :

- Oued El Hammam qui draine la partie Est (30 km).
- Oued Roknia qui draine la partie Sud.
- Oued Messilga qui draine la partie Sud Ouest (7.5 km).
- Oued Mouger qui draine la partie Ouest (16km).

Le réseau hydrographique du sous bassin de l'Oued Emchekel draine une superficie de l'ordre de 606,80 km<sup>2</sup>, le cours d'eau amont porte le nom de l'Oued Fendek drainant la zone Sud Ouest du sous bassin versant, et c'est après la traversée de la plaine d'AZZABA que Fendek devient Emchekel , leurs principaux affluents sont :

- L'oued Fendek (21 km) ;
- L'oued Hamimine (30 km);
- L'oued Zeer (11km).

## II.2 .Densité de drainage (Dd) :

Elle se définit par le rapport de la longueur totale des cours d'eau à la surface du bassin versant. L'utilisation de ce paramètre significatif est conseillée en vue de connaître si le chevelu du réseau hydrographique est dense ou lâche.

$$Dd = \frac{L}{A} \quad \text{Avec :}$$

L : longueur totale curvimétrée (km) des cours d'eau permanents et temporaires ;

A : superficie du bassin (km<sup>2</sup>).

La longueur totale de tous les cours d'eau du bassin est de 2804,15 km, 1401,75 dans le sous bassin de l'oued El Hammam et 1402,40 km curvimétrée dans le sous bassin de l'Oued Emchekel.

Concernant le sous bassin de l'Oud El Hammam la densité de drainage est de l'ordre de 2.68 km/ km<sup>2</sup>, bien que ce dernier a la plus faible superficie, ce sous bassin dispose d'un réseau hydrographique très ramifié, dense est hiérarchisé, développé dans les grés accidentés et les marnes, ce qui lui donne un potentiel hydrique superficiel suffisant en hiver.

Le sous bassin de l'Oued Emchekel a une densité de drainage égale à 2,31 km/ km<sup>2</sup>, ce sous bassin est fortement drainé par des cours d'eau permanents, ce qu'il indique que le sous bassin caractérisé par une lithologie moins perméable.

En introduisant la nature de l'écoulement dans le drainage, on constate que le sous bassin de l'Oued Emchekel possède le plus fort pourcentage des drains permanents, estimé à 60,20% ; par contre, le sous bassin de l'Oud El Hammam n'affiche que 29,25% ; ceci montre que le premier sous bassin se caractérise par un paysage moins perméable, et alimenté par une multitude des sources et de point d'eau qui ne tarissent que rarement, c'est le cas de la partie septentrionale.

### II.3 - Hiérarchisation du réseau :

Pour chiffrer la ramification du réseau, chaque cours d'eau reçoit un numéro fonction de son importance. Cette numérotation, appelée ordre du cours d'eau, diffère selon les auteurs. Parmi toutes ces classifications, nous adopterons celle de STRAHLER :

- tout cours d'eau n'ayant pas d'affluent est dit d'ordre 1,
- au confluent de deux cours d'eau de même ordre  $n$ , le cours d'eau résultant est d'ordre  $n + 1$ ,
- un cours d'eau recevant un affluent d'ordre inférieur garde son ordre, ce qui se résume par :  $n + n = n + 1$  et  $n + m = \max (n,m)$ .

Pour le bassin versant de l'Oued Kébir Ouest la classification de chevelu hydrographique est représentée dans le tableau N° 5.

**Tableau 5. Classification du chevelu hydrographique du bassin versant de l'Oued kébir Ouest**

	<i>BASSIN VERSANT DE L'OUED KEBIR OUEST</i>					
	<i>SOUS BASSIN DE L'OUED EL-HAMMAM</i>		<i>SOUS BASSIN DE L'OUED EMCHEKEL</i>		<i>B V DE L'OUED KEBIR OUEST</i>	
	N	L (km)	N	L (km)	N	L (km)
<b>7</b>	1	10,50	1	17,00	2	27,50
<b>6</b>	3	29,25	3	60,20	6	89,45
<b>5</b>	8	43,75	9	59,35	17	103,10
<b>4</b>	32	95,25	34	107,10	66	202,35
<b>3</b>	142	158,00	158	172,70	300	330,70
<b>2</b>	627	381,00	664	360,55	1291	741,55
<b>1</b>	2855	684,00	2798	625,50	5653	1309,50
<b>Total</b>	3668	1401,75	3667	1402,40	7335	2804,15

#### II.4- La fréquence des thalwegs d'ordre 1 (F1) :

C'est le rapport du nombre total de thalwegs d'ordre 1 à la surface du bassin versant, en ( $\text{km}^{-2}$ ), la fréquence des drains utilisée ici est celle de Strahler. Cet indice peut être significatif que la densité de drainage, car il tient compte, non pas de la longueur mais du nombre des thalwegs d'ordre 1.

$$F1 = \frac{N1}{A} \quad \text{Avec :}$$

N1 : nombre de thalwegs d'ordre 1 ;

A : superficie du bassin ( $\text{km}^2$ ).

Dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest, nous remarquons que la plus importante valeur est celle qui définit le sous bassin de l'Oud El Hammam ( $F1=5,45\text{km}^{-2}$ ) ou la contribution des drains de l'ordre 1 est considérable, en revanche, dans le sous bassin de l'Oued Emchekel, elle est égale à  $4,37\text{km}^{-2}$ .

#### II.5. Le temps de concentration (Tc) :

C'est le temps mis par la première goutte de pluies tombée sur le point le plus éloigné du bassin pour atteindre l'exutoire. Ce paramètre est en fonction de la pente, la lithologie, l'intensité de précipitation est le couvert végétal en jouant le rôle d'empêchement ou d'encouragement de l'eau de s'écouler. Parmi les formules proposées pour calculer le temps de concentration, nous utiliserons celle de Giandotti ; car elle tient compte des paramètres morphométriques :

$$Tc = \frac{4\sqrt{A + 1.5 Lp}}{0.8\sqrt{Hm}} \quad \text{Avec :}$$

A : superficie du bassin versant ( $\text{km}^2$ ) ;

Lp : longueur du cours d'eau principal (km) ;

Hm : altitude moyenne (m).

D'où :

Le sous bassin de l'Oued Emchekel possède le temps de concentration le plus élevé ( $Tc=09$  Heurs), d'où la fréquence des crues sont les moins fortes par rapport à celle de sous

bassin de l'Oud El Hammam ou les eaux se concentrent à l'exutoire dans un laps de temps le plus court ( $T_c = 6,34$  Heurs).

### **II.6. Morphométrie du réseau hydrographique :**

L'interaction du climat, lithologie et relief ont généré un chevelu hydrographique particulièrement dense, cela est traduit par une densité de drainage (Dd) élevée (2,48km / km<sup>2</sup>). Certes, cette importance de drainage hydrologique n'a rien d'étonnant quand on sait que le temps de concentration du bassin, calculé à une loi de Giandotti **2** ne dépasse pas les 14 heures.

Ces valeurs indiquent que les pluies précipitées vont être transformées en écoulement, et atteindre l'exutoire au bout d'environ 14 heures.

Et vu l'étendue de la surface du bassin (1130 km<sup>2</sup>), cette vitesse de mobilisation hydrique paraît assez rapide, et cela est dû aux caractères physiques du bassin précédemment discutés qui favorisent la réponse hydrologique.

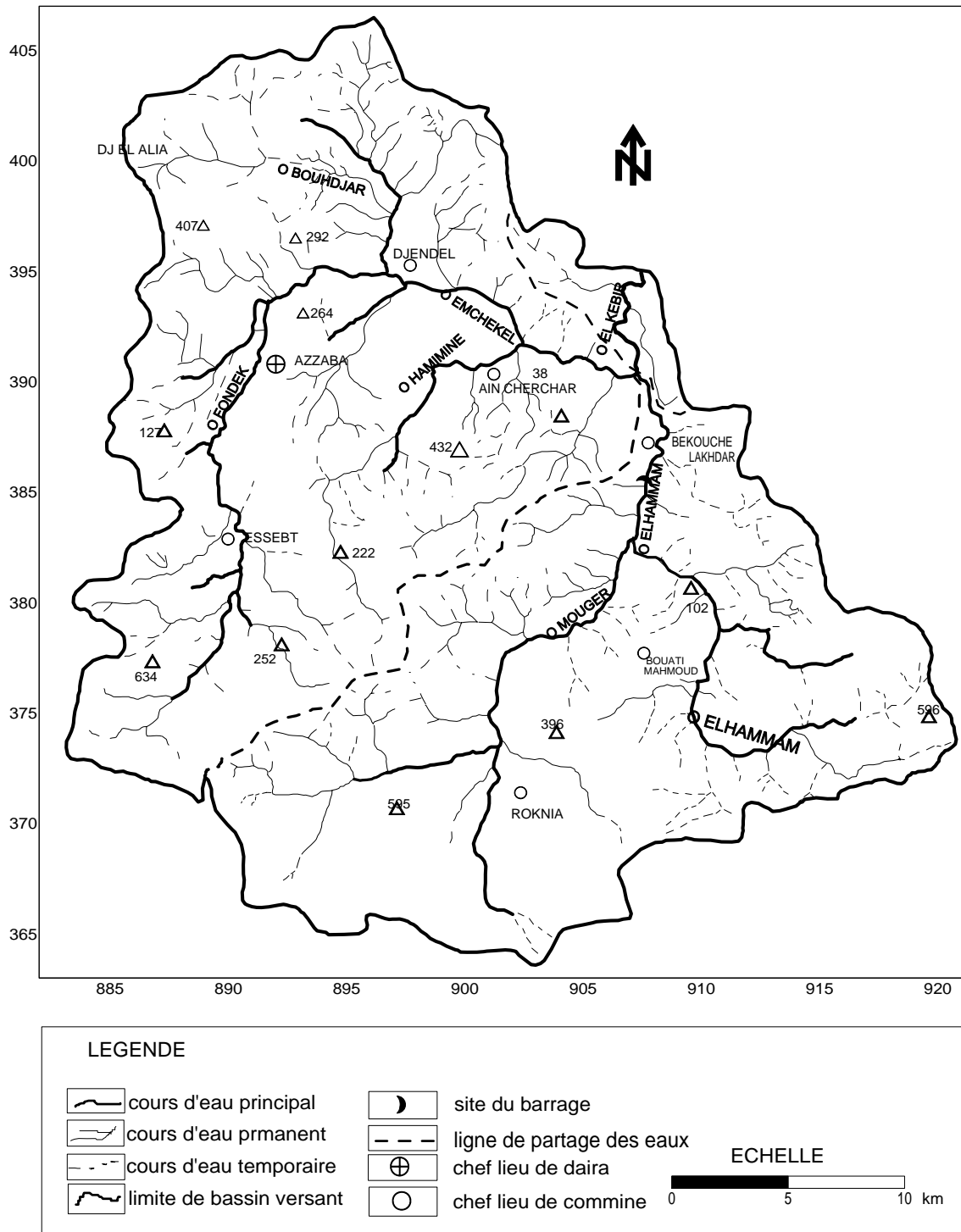


Fig.12. Carte du réseau hydrographique dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest

**Tableau 6. Tableau recapitaliser des paramètres morphométriques du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest**

Paramètres	Formules ou symboles	Unités	S/B V Oued Emchekel	S/B V Oued El Hammam	B V O.Kebir Ouest
Surface	A	Km <sup>2</sup>	606.80	523.46	1130.26
Perimeter	P	Km			161
Altitude medianne	H 50%	m	240	400	340
Altitude moyenne	$\bar{H} = \frac{\sum A_i \cdot X_i}{A}$	m	244.11	360.01	298.74
Indice de compacité	$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$		1.41	1.37	1.34
Dénivelée simple	D = H <sub>5%</sub> - H <sub>95%</sub>	m	560	670	600
Longueur du rectangle équivalent	$L = \sqrt{A} \cdot \frac{Kc}{1.128} \left[ 1 + \sqrt{1 - \frac{(1.12)^2}{(Kc)^2}} \right]$	Km	49.26	44.08	62
Indice de pente globale	$Ig = \frac{D}{L}$	m/Km	11.36	15.19	9.68
Dénivelée spécifique	$Ds = Ig \sqrt{A}$	m/Km	279.83	347.53	326.35
Indice de pente de roche	$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum \sqrt{b_i (a_i - a_{i-1})}$	%	11.24	14.44	4.585
Densité de drainage	$Dd = \frac{L}{A}$	Km/Km <sup>2</sup>	2.31	2.68	2.48
Fréquence des thelwegs d'ordre 1	$FI = \frac{NI}{A}$	Km <sup>-2</sup>	4.61	5.45	5.05
Temps de concentration	$Tc = \frac{4\sqrt{A + 1.5 Lp}}{0.8 \sqrt{Hm}}$	Heure	8.57	6.34	13.52

**CONCLUSION:**

L'analyse des caractéristiques morphométriques du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest nous a permis de dégager les principaux paramètres qui ont une influence certaine sur le dynamisme des eaux surtout superficielles, qui y circulent.

La forme rectangulaire (allongée) du bassin, la dominance des classes altimétriques inférieure à 500 m et l'altitude moyenne est de 298.74 m.

Le relief du bassin est assez faible à forte, selon les valeurs de l'indice de pente globale (9.68 m/km) et la dénivelée spécifique (326.35 m/km).

Plus de 21% de la superficie du bassin ont des pentes inférieures à 5%.

Le temps de concentration long (>13 heures) pour la concentration des eaux et des crues, et la densité de drainage moyenne de l'ordre de 2.48 km/km<sup>2</sup>.

# CHAPITRE III

## CADRE HYDROCLIMATOLOGIQUE

### DU BASSIN VERSANT

#### **Introduction :**

L'étude des possibilités de la maîtrise des eaux dans une région est extrêmement liée aux phénomènes qui régissent l'écoulement superficiel et souterrain, les conditions climatiques, plus que d'autres facteurs, jouent un rôle déterminant dans le régime des cours d'eau.

La pluviométrie demeure à cet effet l'élément le plus important. Elle intervient par :

- ✓ La hauteur totale annuelle, qui détermine l'abondance fluviale.
- ✓ La répartition mensuelle et saisonnière, qui influence directement le régime hydrologique.

Aux précipitations s'ajoute d'autres facteurs climatiques, à savoir, la température et l'évapotranspiration, paramètres nécessaires à tout essai de bilan hydrique.

La zone d'étude se situe proche à la côte de la mer Méditerranée, elle est caractérisée par un climat de type méditerranéen, son régime climatique dépend de deux paramètres principaux : la précipitation météorologique et la température :

Nous tenterons à partir de la des données disponibles, de faire ressortir les caractères généraux du climat de la région, ses nuances spatiales et ses irrégularités temporelles.

**I. PRECIPITATIONS METEORIQUES :**

Pour aborder l'étude du bilan moyen de l'écoulement, et l'abondance des cours d'eau, il est important donc de connaître les totaux pluviométriques moyens ou modules pluviométriques.

Cinq stations pluviométriques (Azzaba, Ain charchar, Bekouche Lakhdar, Bouati Mahmoud et El Roknia) sont implantées dans le bassin versant, leurs périodes de fonctionnement varient d'une station à une autre. Nous utiliserons les mesures de quatre stations (Azzaba, Ain charchar, Bekouche Lakhdar et Bouati Mahmoud) ayant une longue série d'observation (30 ans : 1976-2006).

**Tableau 7. Les stations pluviométriques.**

<b>Station</b>		<b>Azzaba</b>	<b>Ain Charchar</b>	<b>Bekouche Lakhdar</b>	<b>Bouati Mahmoud</b>
<b>Code</b>		<b>03-11-06</b>	<b>03-12-01</b>	<b>03-11-02</b>	<b>03-11-05</b>
<b>Coordonnées</b>	<b>X</b>	<b>893.63</b>	<b>909.50</b>	<b>911.45</b>	<b>913.85</b>
	<b>Y</b>	<b>391.00</b>	<b>393.28</b>	<b>385.30</b>	<b>375.55</b>
	<b>Z</b>	<b>95.00</b>	<b>79.00</b>	<b>81.00</b>	<b>150.00</b>

Source : ANRH<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

### I.1- Analyse statistique des données pluviométriques

En vue d'une utilisation effective des données pluviométriques, l'analyse primaire de ces séries semble primordiale. Elle permet de contrôler (Musy et Laglaine, 1992) :

- La vraisemblance de l'information,
- L'homogénéité spatiale et temporelle des données,
- La représentativité des mesures.

#### *Examen de la normalité des précipitations*

Avant de pouvoir exploiter les données pluviométriques dans le bassin Kébir Ouest, il importe de les ajuster tout d'abord à la loi normale ou loi Gaussienne. Sur une période de 30 ans allant de 1976 à 2006, nous avons réalisé un examen visuel sur les valeurs de précipitations à l'échelle annuelle des quatre stations (Azzaba, Ain Charchar,

Bekouche Lakhdar et Bouati Mahmoud), pour savoir si cet échantillon de 30 valeurs suit la loi normale. La procédure utilisée est la suivante :

- Classement de la série des modules pluviométriques dans l'ordre croissant, associant à chaque valeur un rang  $r$ .
- Détermination pour chaque valeur de la fréquence empirique, utilisant la formule de Hazen :

$$F = \frac{r - 0.5}{n}$$
,  $r$  étant le rang de chaque valeur et  $n$  la taille de l'échantillon. A chaque fréquence

empirique, nous avons fait correspondre ainsi une variable normale centrée et réduite.

- Construction du graphe des valeurs pluviométriques en fonction de la variable réduite de Gauss  $U$ .

$$U = \frac{Pi - \bar{P}}{\sigma}$$

Un examen visuel des graphiques représentatifs d'ajustement à la loi normale

(Fig.13) affirme que les valeurs pluviométriques annuelles des stations de référence s'ordonnent suivant la loi normale.

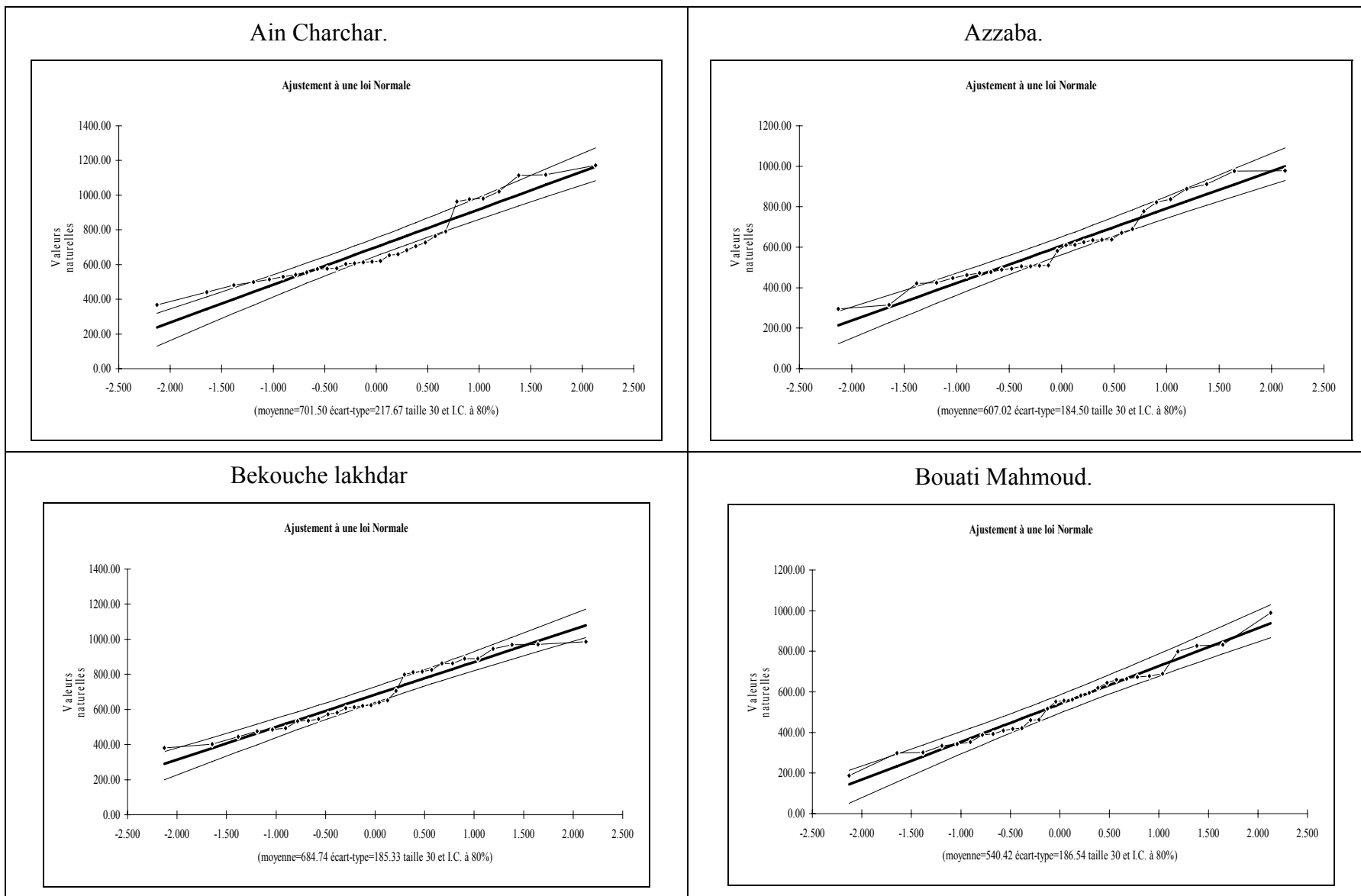


Fig. 13. Ajustement à la loi de Gauss des données pluviométriques des quatre stations retenues dans l'étude.

**I.2- Précipitations moyennes mensuelles :**

La répartition mensuelles et saisonnière, influence directement les régimes hydrologiques, il est donc nécessaire de calculer les hauteurs de pluies moyennes mensuelles pour chaque station, et pour chacun des mois de l'année.

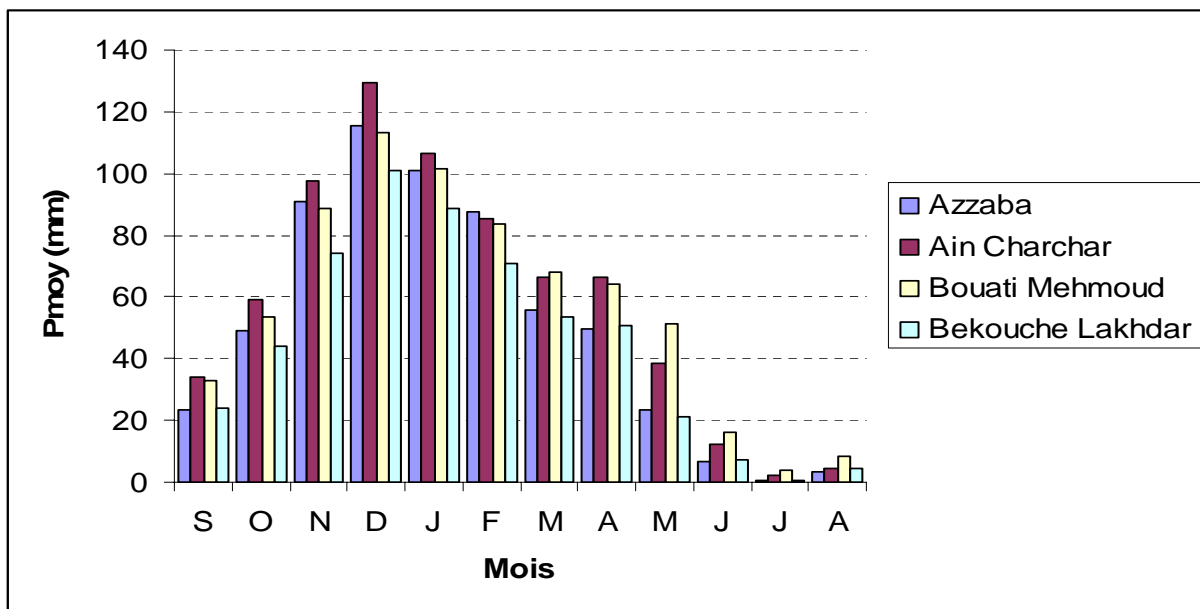
Ces hauteurs permettent de traduire les variations saisonnières de la distribution des précipitations à l'échelle annuelle.

**Tableau 8. Précipitations moyennes mensuelles (1976 – 2006).**

Mois Station	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	total
<b>AZZABA</b>	23.62	49.23	90.77	115.24	101.19	87.80	55.74	49.64	23.31	6.92	0.48	3.08	607.02
<b>AIN CHARCHAR</b>	33.90	59.00	97.42	129.26	106.71	85.48	66.17	66.15	38.47	12.46	2.03	4.45	701.50
<b>BOUATI MEHMOUD</b>	33.06	53.31	88.48	113.17	101.25	83.91	67.83	64.32	51.08	15.98	3.71	8.64	684.74
<b>BEKOUCHE LAKHDAR</b>	23.95	44.21	74.38	100.73	88.60	70.78	53.53	50.96	20.92	7.24	0.68	4.47	540.42

Source : ANRH Constantine.

Les valeurs de précipitations moyennes mensuelles des quatre stations pour la période de (1976 – 2006) sont traduites dans les histogrammes (Fig.14) ;



**Fig. 14. Précipitation moyenne mensuelle (1976-2006)**

Le mois de juillet est le mois le plus sec où les précipitations sont presque nulles, la précipitation mensuelle maximale est enregistrée au mois de décembre pour les quatre stations où elle dépasse 129 mm dans la station de Ain Charchar.

**I.3- Régime mensuel :**

L'étude du régime pluvial mensuel est facilitée par le calcul des coefficients pluviométriques relatifs grâce à la formule d'ANGOT (1895) qui s'exprime de la manière suivante :

$$i = 365 \cdot \frac{p_i / n_i}{p}$$

Avec :

$i$  : coefficient pluviométrique relatif mensuel.

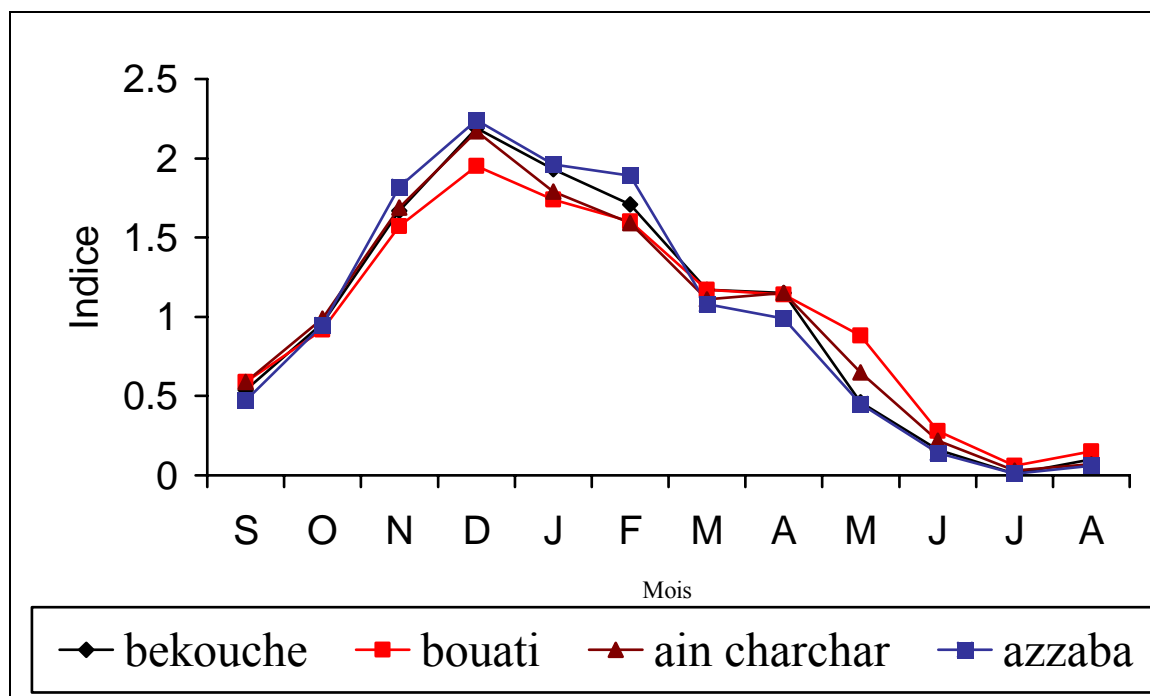
$P_i$  : précipitation du mois en mm.

$P$  : précipitation moyenne annuelle en mm.

$n_i$  : nombre de jours dans le mois.

**Tableau 9. Coefficients pluviométriques relatifs mensuels.  
D'après la méthode d'ANGOT (1895).**

Mois Station	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Bekouche Lakhdar	0.54	0.96	1.67	2.19	1.93	1.71	1.17	1.15	0.46	0.16	0.01	0.10
Bouati Mahmoud	0.59	0.92	1.57	1.95	1.74	1.60	1.17	1.14	0.88	0.28	0.06	0.15
Ain charchar	0.59	0.99	1.69	2.17	1.79	1.59	1.11	1.15	0.65	0.22	0.03	0.07
Azzaba	0.47	0.95	1.82	2.24	1.96	1.89	1.08	0.99	0.45	0.14	0.01	0.06



**Fig. 15. Régime pluvial mensuel dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.**

Le coefficient pluviométrique relatif nous permet de diviser l'année en deux saisons, la saison hivernale (pluvieuse) et la saison estivale (sèche). Le mois est pluvieux si son coefficient est supérieur ou égale à l'unité, et sec dans le cas contraire.

On note une saison pluvieuse de cinq mois pour la station de Azzaba contre une saison sèche de sept mois, les stations de Ain Charchar, Bouati Mahmoud et Bekouche Lakhdar, sont caractérisées par deux saisons qui sont pratiquement égaux.

D'après le graphe il est appaars clairement que le mois de décembre est le mois le plus pluvieux ou le coefficient dépasse le 1.9 et que la pluviométrie minimale enregistrée au mois de juillet entre 0.01 et 0.06 pour les quatre stations pluviométriques.

#### **I.4- Précipitation annuelle et leur variabilité :**

La moyenne interannuelle des 30 années d'observations dans les quatre stations révèle que la plus forte pluviométrie moyenne est enregistrée à la station de Ain Charchar à l'Est du bassin avec une moyenne annuelle d'environ de 700 mm, la station de Bekouche Lakhdar enregistre un apport de pluie faible par rapport aux autres stations (540 mm).la figure n° représente la variation interannuelle de la précipitation pour chaque station.

Les irrégularités interannuelles des précipitations sont traduites par le coefficient de variation (cv) égale au rapport de l'écart type à la moyenne.

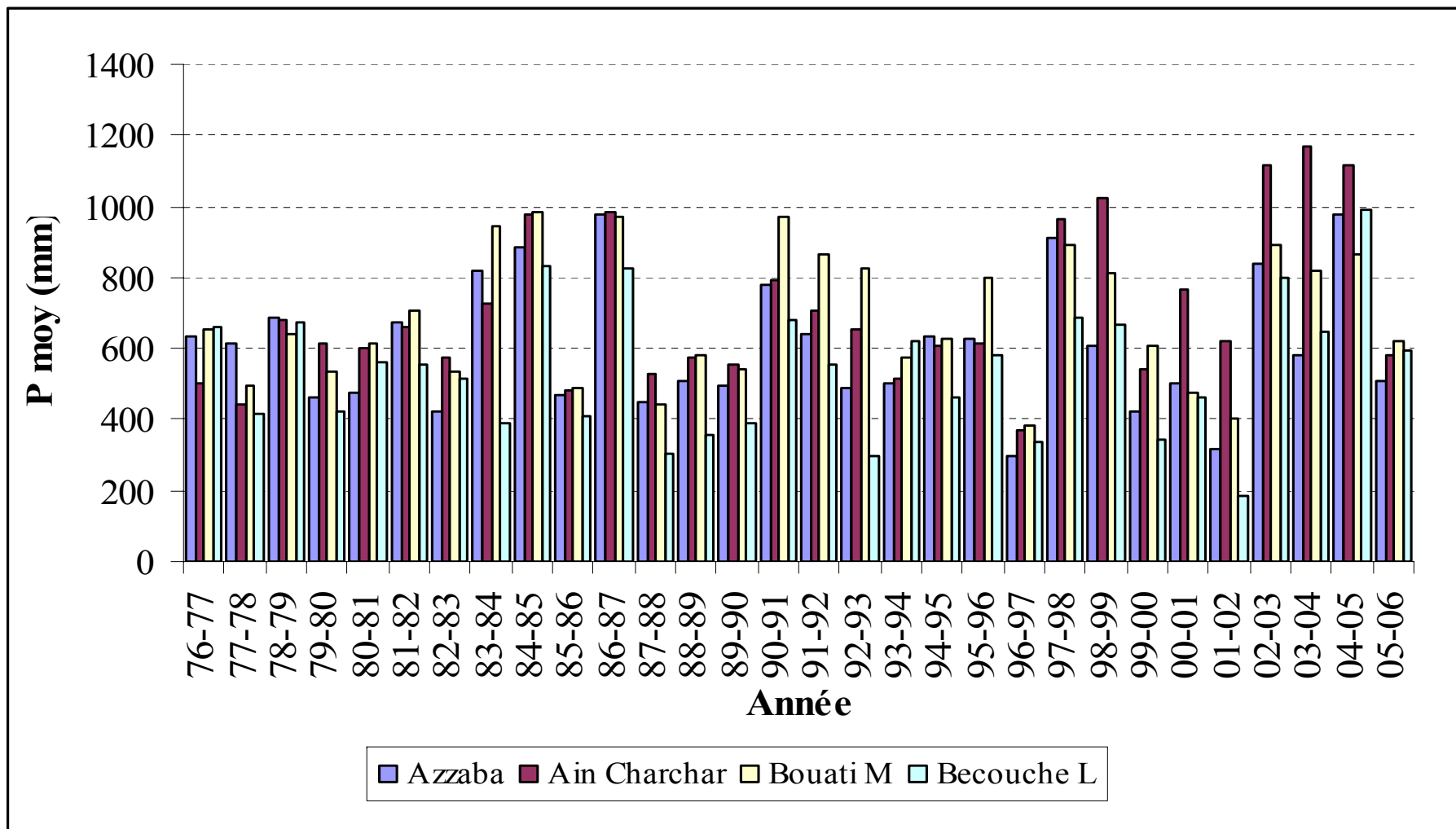


Fig. 16. Variation des précipitations moyennes annuelles (mm)

Les pluviométries maximales ont été observées en 84/85 à la station de Bouati Mahmoud, 86/87 à celle Azzaba et 03/04 et 04/05 pour respectivement les deux stations Ain Charchar et Bekouche Lakhdar. Dans cette dernière station la pluviométrie minimale a été enregistrée en 01/02, et c'est en 96/97 qu'elle a été enregistrée dans les trois autres stations.

**Tableau 10. Précipitations annuelles et leurs variabilités**

Station P (mm)	St. Ain charchar	St. Azzaba	St. Bekouche Lakhdar	St. Bouati Mahmoud
Max	1171.30	978.30	989.40	986.40
Min	366.80	294.30	187.10	380.40
Moyenne	701.50	607.02	540.42	684.74
Ecart type	217.67	176.81	186.54	185.33
CV	0.31	0.30	0.35	0.27

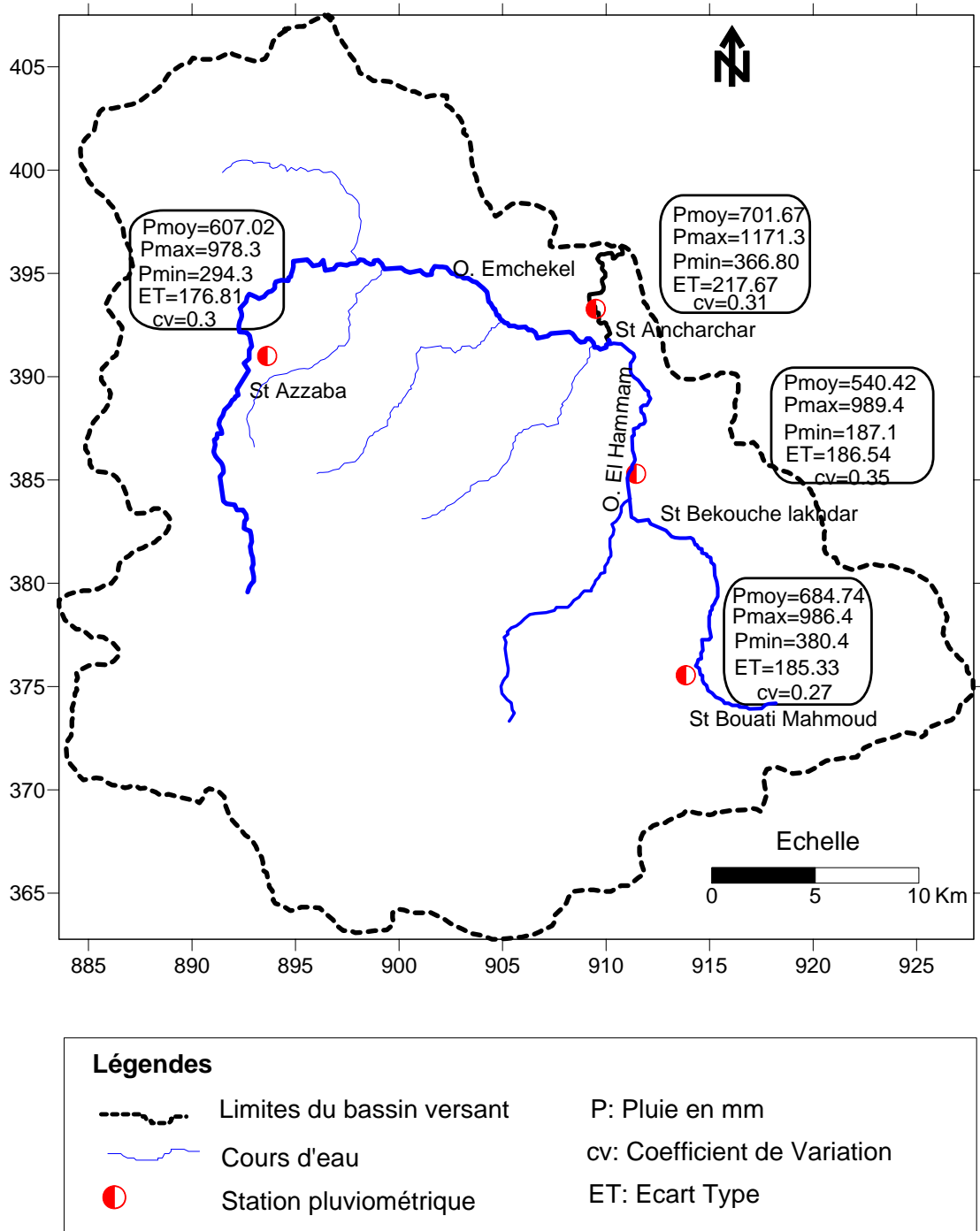
$$cv = \frac{\sigma P}{P} \text{ Avec}$$

$$\sigma P : \text{Ecart type} = \sqrt{\frac{\sum (P_i - \bar{P})^2}{n}}$$

Pour  $n = 30$

$$\bar{P} : \text{La moyenne} = \frac{\sum P_i}{n}$$

$n$  : taille de l'échantillon.



**Fig. 17. Variation spatiale des précipitations annuelles dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest**

Les coefficients de variations varient peu d’une station à l’autre, ils sont compris entre 0.27 et 0.35, ce qui traduit par une certaine régularité de la distribution des précipitations moyennes annuelles tant au niveau spatial que temporel ; le bassin étant protégé par des montagnes contre la pénétration des masses humides transportées par les cyclones méditerranéens.

L’irrégularité pluviométrique est également exprimée par les écarts à la normale, qui sont élevés notamment pour l’année la plus sèche et l’année la plus humide.

L’écart à la moyenne caractérise l’excédent ou le déficit de précipitations de l’année considérée par rapport à la moyenne des 30 ans.

L’écart à la normale :

$$ei = \frac{P_i - P_n}{P_n} \times 100 \quad \text{Avec}$$

$P_i$  : Total de l’année considérée en mm ;

$P_n$  : Précipitation moyenne pour la série d’observation (30 ans) en mm.

**Tableau 11. Ecart à la normale des précipitations annuelles (1976-2006)**

Station	St. Ain charchar	St. Azzaba	St. Bekouche Lakhdar	St. Bouati Mahmoud
Total de l’année sèche extrême (mm)	366.80	294.30	187.10	380.40
Période	96/97	96/97	01/02	96/97
Ecart à la normale	- 47.71	- 51.52	- 65.38	- 44.45
Total de l’année humide extrême (mm)	1171.30	978.30	989.40	986.40
Période	03/04	86/87	04/05	84/85
Ecart à la normale	66.97	61.16	83.08	44.05

**I.5-Calcul de la lame d’eau moyenne précipité :**

En climat méditerranéen, la moyenne pluviométrique ne reflète pas la réalité climatique, pourtant sa détermination demeure nécessaire pour l’étude de l’abondance fluviale et permet de cerner la variabilité des précipitations sur de longues séries d’observations.

Deux méthodes ont été utilisées pour le calcul de la lame d’eau précipitée sur le bassin de l’Oued Kébir Ouest.

**I.5.1- La méthode ARITHMETIQUE (1976/77-2005/06):**

La lame d'eau moyenne précipitée pour l'ensemble du bassin est égale à :

$$\bar{H} = \frac{\sum P_i}{n}$$

$\bar{P}_i$  : Précipitation annuelle moyenne pour chaque poste pluviométrique en mm;

$n$  : nombre de poste.

$$\bar{H} = 633.42 \text{ mm}$$

**I. 5.2- La méthode de THEISEN :**

C'est une méthode géométrique qui consiste à attribuer à chaque pluviomètre une zone d'influence (fig. 15), la hauteur des précipitations recherchée sur le bassin est égale à :

$$\bar{H} = \frac{\sum P_i \times A_i}{A}$$

$\bar{H}$  : Lame d'eau annuelle moyenne précipitée en mm ;

$\bar{P}_i$  : Précipitation moyenne annuelle pour chaque poste pluviométrique en mm;

$A_i$  : Surface planimétrie de polygone considéré en Km<sup>2</sup> ;

$A$  : Surface totale du bassin en Km<sup>2</sup>.

**Tableau 12. Les résultats de calcul de la lame d'eau.**

Station	Polygone	Pi (mm)	Ai (km <sup>2</sup> )	Pi.Ai (mm.km <sup>2</sup> )
Azzaba	1	602.02	449.60	270668.19
Ain charchar	2	701.67	110.20	77324.03
Bekouche lakhdar	3	540.42	150.15	81144.06
Bouati mahmoud	4	684.74	420.31	287803.07
Somme				716939.35

$$\bar{H} = 634.31 \text{ mm}$$

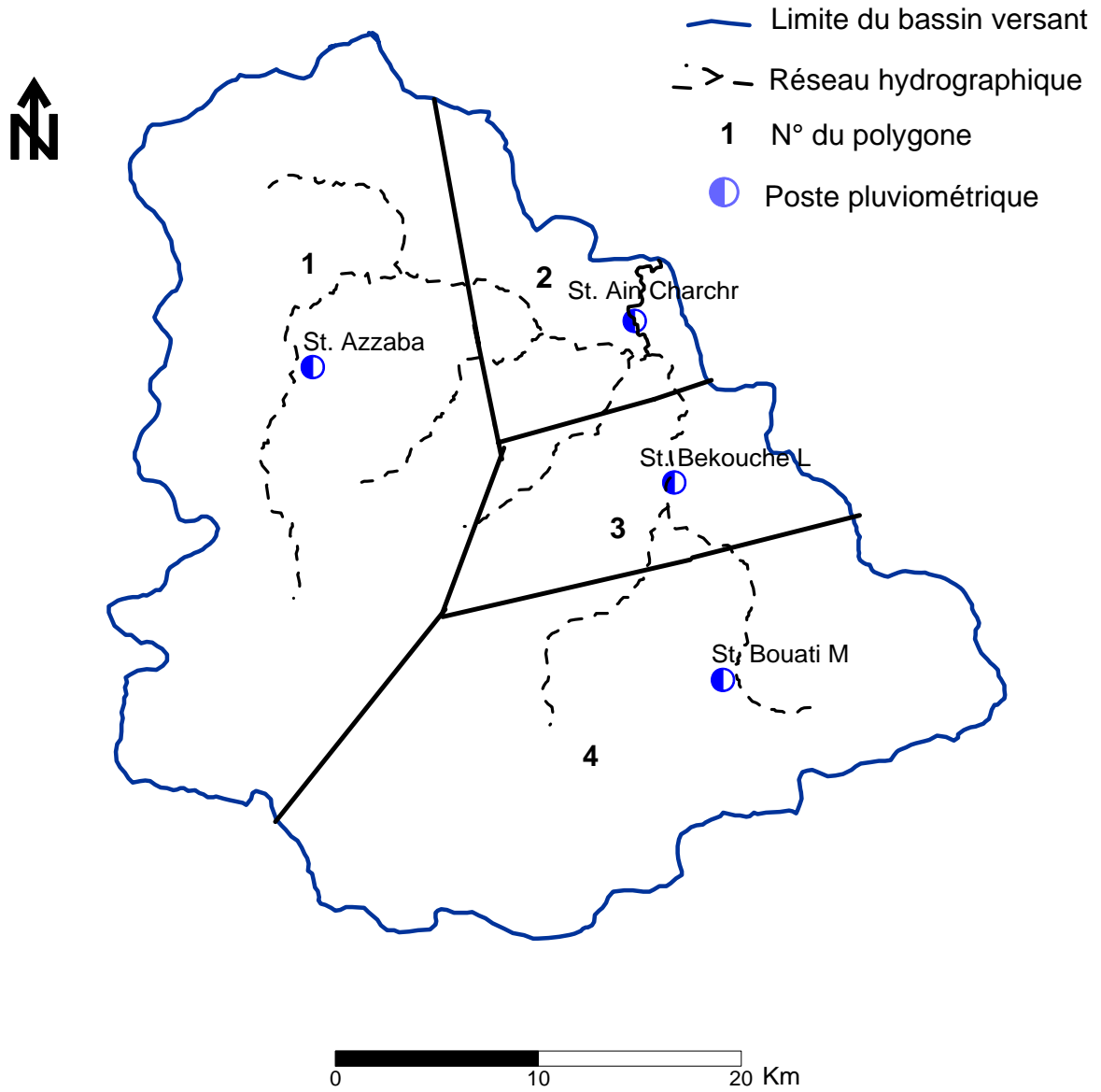


Fig. 18. Polygones de THIESSEN.

**II. TEMPERATURE :**

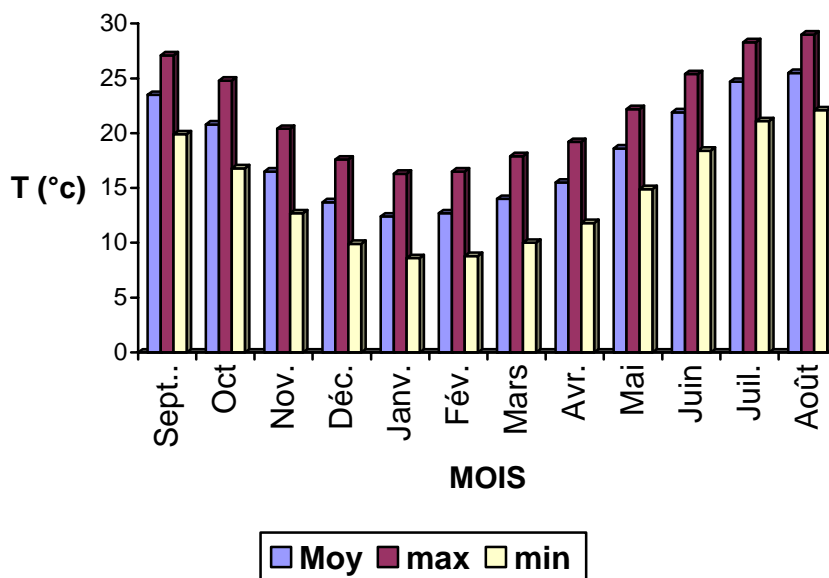
La température, excellent paramètre pour caractériser le climat, trouve son importance dans l'évaluation du déficit d'écoulement qui rentre dans l'estimation du bilan hydrologique.

Cependant dans notre cas, et vu l'absence de thermomètre au sein du bassin, on été contraint, pour démontrer les variations de la température du bassin considéré, d'utiliser les température des stations les plus proche : Skikda, située au Nord-Ouest du bassin et a pour altitude **m**, et celle de Guelma au Sud pour la période de 1976/77 à 2005/06, les valeurs moyennes des températures mensuelles sont présentées dans le tableau 13.

**Tableau 13. Variations de températures mensuelles de la station de Skikda  
(1976/77 – 2005/06)**

Mois		Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Moy
T (°c)	Moy	23.5	20.8	16.5	13.7	12.4	12.7	14.0	15.5	18.6	21.9	24.7	25.5	18.32
	max	27.1	24.8	20.4	17.6	16.3	16.5	17.9	19.2	22.2	25.4	28.3	29.0	22.06
	min	19.9	16.8	12.7	9.9	8.6	8.8	10.0	11.8	14.9	18.4	21.1	22.1	14.58

Source : ANRH Constantine.



**Fig.19. Histogramme de variations des températures mensuelles à la station de Skikda  
(1976/77 – 2005/06)**

L'examen des températures moyennes mensuelles, montre que le mois le plus froid est le mois de janvier. La moyenne est de 12.4 °C, la température minimale extrême s'abaisse durant ce mois à 8.6°C. Le mois le plus chaud est le mois de août, avec une moyenne de 25.5 °C, et température maximale extrême de 29 °C.

La zone d'étude est caractérisée par un climat doux et humide en hiver , chaud et sec en été, ces caractéristiques indiquant un climat méditerranéen.

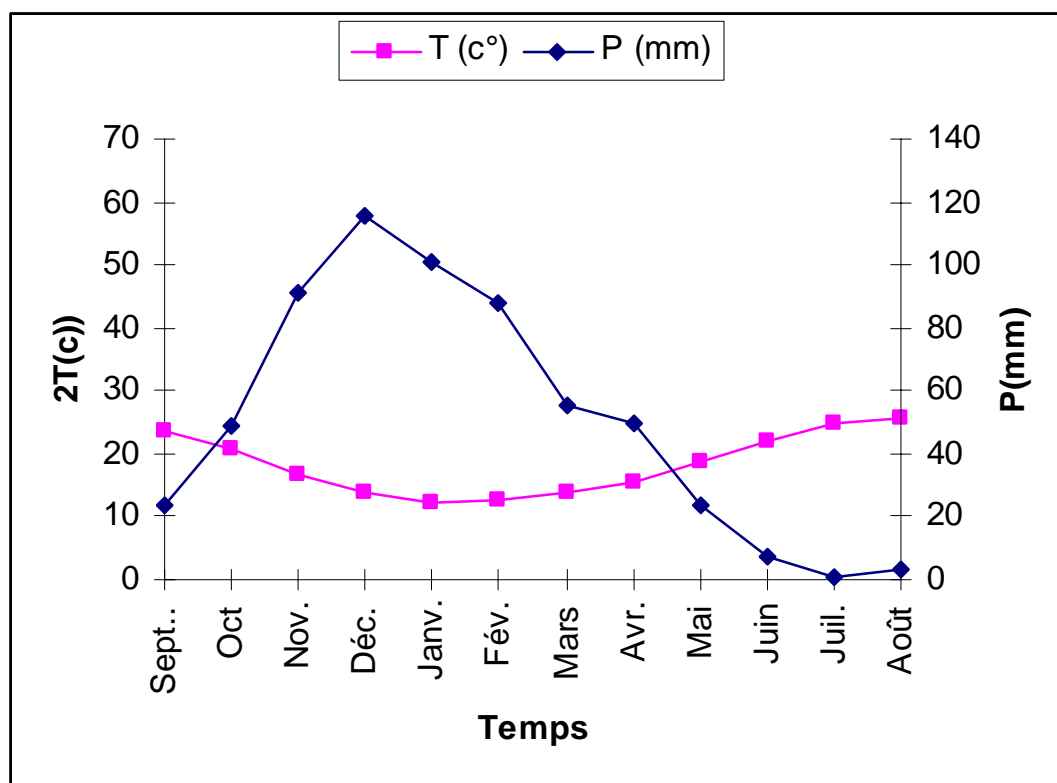


Fig. 20. Courbe Ombro-thermique de la station de Azzaba (1976/77-2005/06).

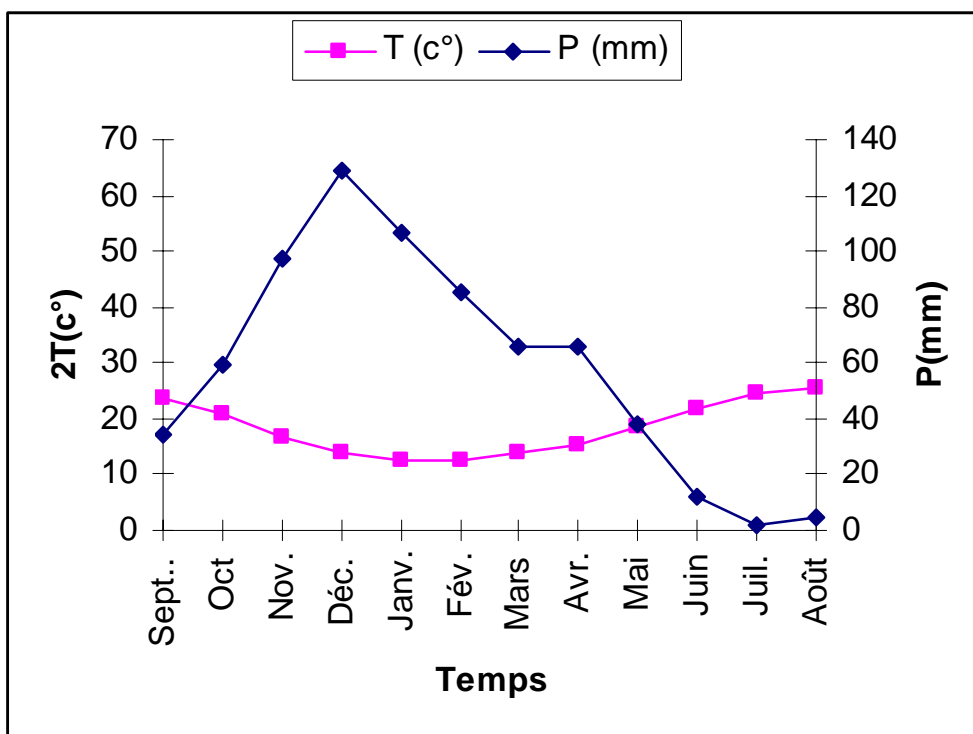


Fig. 21. Courbe Ombro-thermique de la station de Ain Charchar (1976/77-2005/06).

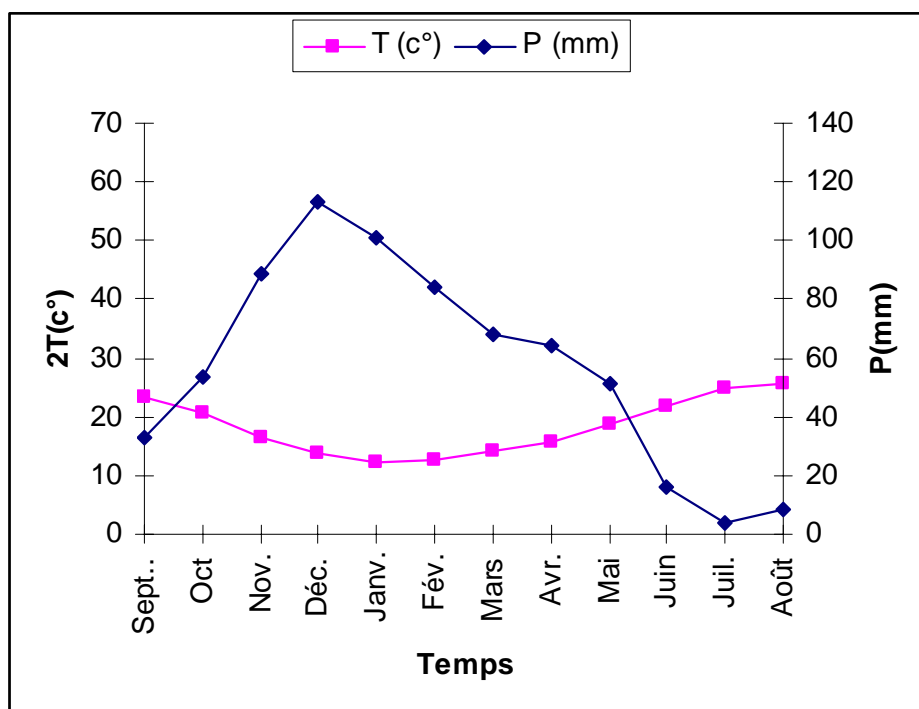


Fig. 22. Courbe Ombro-thermique de la station de Bouati Mahmoud. (1976/77-2005/06).

A partir des diagrammes ombro-thermique des trois stations (Fig. 20, 21 et 22), on distingue une saison sèche s'étant de la fin d'avril au début d'octobre et une saison humide allant d'octobre à avril pour la station de Azzaba, pour les deux stations Ain Charchar et Bouati Mahmoud la saison humide débute au mi-septembre et la saison sèche commence au mois de mai. Les mois les plus pluvieux se succèdent de novembre à mars, ce qui traduit le climat méditerranéen à caractère semi-aride du bassin.

Sur le plan temporel, on constate une nette coïncidence typiquement méditerranéenne entre le maximum thermique et le minimum pluviométrique, ce qui se traduit par une sécheresse marquée ou l'évapotranspiration atteint son maximum.

### III. AUTRES FACTEURS INFLUENÇANT LE CLIMAT :

#### III.1- l'humidité :

Nous disposons des valeurs moyennes mensuelles et annuelles de l'humidité relative de deux stations hors le bassin versant : celles de Guelma, avec une moyenne annuelle de l'ordre de 62.58 %, et celles de la station de Skikda avec une moyenne de 72.26 %, sur une période d'observation de dix ans (1993-2003). En générale les moyennes mensuelles ne descendent pas au-dessous de 50% dans la station de Guelma et 70 % dans celle de Skikda.

**Tableau 14. Humidité relative mensuelle (H) en %**

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A
Skikda	72.4	72.3	71.5	72.3	72.7	72.0	72.9	72.5	72.6	72.6	70.9	72.4
Guelma	61.0	66.5	76.4	76.8	75.4	75.0	73.4	67.8	70.7	64.5	53.1	65.3

Source : météo Skikda.

La variation de l'humidité relative au cours de l'année est irrégulière, elle atteint leur minimum au mois de juillet, tandis que, le maximum est enregistré au mois de mars à la station de Skikda et décembre à la station de Guelma.

#### III.2- Le vent :

Le vent est l'un des éléments les plus déterminants des régimes pluvieux, de l'évaporation et par conséquent du climat.

D'après les données de la station de Skikda et de Guelma, les vents dominants sont de direction Nord-ouest et Nord-est. Leur activité se manifeste pendant la période pluvieuse. Ces vents soufflent en été sous forme de Sirocco. Ils sont secs, chauds et souvent assez forts, favorisant ainsi l'évaporation.

**Tableau 15. Moyennes mensuelles de la vitesse du vent (m/s) (1968-2003)**

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	JU	A
Skikda	9.86	9.83	10.2	11.9	11.4	11.1	10.5	10.2	9.47	9.40	9.43	9.32
Guelma	8.70	7.00	4.30	4.00	3.70	7.30	6.30	7.00	7.70	10.0	10.7	9.3

Source : SELTZER.

**IV. EVAPOTRANSPIRATION :**

**IV.1-Bilan hydrologique selon la méthode de THORNTHWAITE :**

Cette méthode est utilisée pour les climats sub-humide et semi-aride, et vu les caractéristiques intermédiaires du climat méditerranéen, cette formule a été appliquée. Elle est basée sur la notion de réserve d'eau facilement utilisable (RFU). On admet que la hauteur d'eau stockée dans le sol qui est reprise par l'évapotranspiration est de 100 mm au maximum (Gaude 1976).

La méthode de Thornthwaite nous permet à partir des données de base (précipitation, température, le coefficient thermique mensuel (K) et l'indice thermique mensuel (i)) de calculer l'évapotranspiration potentielle selon la relation suivante :

$$ETP = 16 \cdot \left( 10 \cdot \frac{t}{I} \right)^a \cdot k$$

$$i = \left( \frac{t}{5} \right)^{1.5}$$

$$I = \sum_1^{12} i$$

$$a = \frac{1,6}{100} I + 0,5$$

t est la température moyenne mensuelle du mois considéré ;

ETP est l'évapotranspiration potentielle du mois considéré (en mm d'eau) ;

k est un coefficient d'ajustement mensuel.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>k</b>	0.73	0.78	1.02	1.15	1.32	1.33	1.33	1.24	1.05	0.91	0.75	0.70

Le principe de calcul du bilan hydrologique de Thornthwaite est le suivant :

- si pour un mois  $P \geq ETP$  on pose que l'ETP = ETR<sup>4</sup>, la quantité d'eau qui reste (P-ETR) va alimenter la RFU jusqu'à son maximum (100 m) et si elle dépasse cette valeur il y aura un excès (WS) qui va partir soit sous forme d'infiltration efficace vers la nappe, soit sous la forme de ruissellement.

- si  $P < ETP$ , la valeur de ETR = P + RFU, jusqu'à égalisation avec ETP. Si la RFU est nulle, il va se produire un déficit agricole  $DA = ETP - ETR$ , ce dernier paramètre représente alors le besoin des cultures à l'irrigation.

Les résultats de calcul de ces paramètres pour les stations de Azzaba, sont présentés dans le tableau suivant :

---

<sup>4</sup> EvapoTranspiration Réelle.

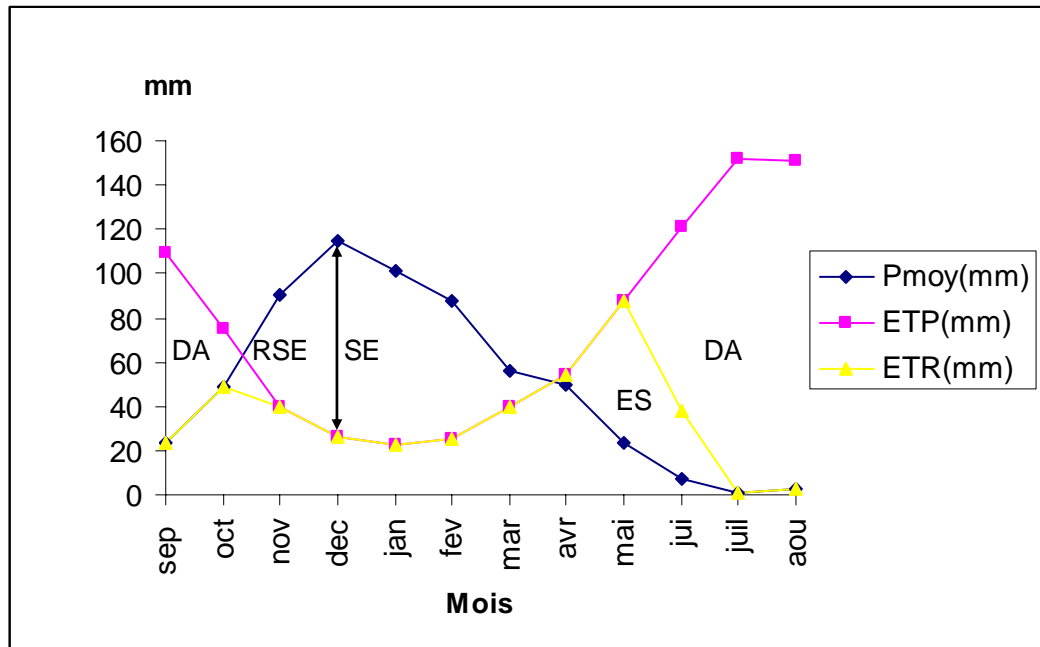
**Tableau 16. Calcul du bilan hydrologique selon la méthode de C.W.Thornthwaite  
Station de Azzaba (1976/77-2005/06)**

Mois	sep	oct	nov	dec	jan	fev	mar	avr	mai	jui	juil	aou	Total
Pmoy(mm)	23.62	49.23	90.77	115.24	101.19	87.8	55.74	49.64	23.31	6.92	0.48	3.08	607.02
T Moy(°c)	23.5	20.8	16.5	13.7	12.4	12.7	14	15.5	18.6	21.9	24.7	25.5	18.32*
k	1.05	0.91	0.75	0.7	0.73	0.78	1.02	1.15	1.32	1.33	1.33	1.24	
i	10.41	8.66	6.1	4.6	3.96	4.1	4.75	5.55	7.31	9.36	11.23	11.78	87.8
ETP(mm)	109.26	75.09	39.86	26.13	22.55	25.21	39.67	54.27	88.08	121.04	152.13	150.69	903.98
ETR(mm)	23.62	49.23	39.86	26.13	22.55	25.21	39.67	54.27	88.08	37.52	0.48	3.08	409.7
RFU(mm)	0	0	50.91	100	100	100	100	95.37	30.6	0	0	0	
ECO <sup>5</sup> (mm)	0	0	0	40.02	78.64	62.59	16.07	0	0	0	0	0	197.32
DA(mm)	85.64	25.86	0	0	0	0	0	0	0	83.52	151.65	147.61	494.1

\* température moyenne annuelle.

<sup>5</sup> Ecoulement.

Afin d'éclairer les résultats obtenus, une représentation graphique des données a été faite en (fig. 23).



DA : Déficit agricole ; SE : Surplus d'eau ; ES : Epuisement de stock ; RSE : Recharge du sol en eau.

**Fig. 23. Représentation graphique du bilan de C.W.Thornthwaite  
St. Azzaba (1976-2006)**

Ce graphe montre que l'évapotranspiration maximum a été observée pendant les mois de juin, juillet et août pour des valeurs entre 129 et 160 mm, ce qui produit un déficit agricole et nécessite une irrigation pour les zones de cultures. Par contre, pendant les mois de décembre, janvier et février, on observe une recharge de la nappe avec une valeur de 100 mm/mois. Lorsque la recharge dépasse la RFU, le surplus d'eau va partir soit sous forme d'infiltration vers la nappe, soit sous forme du ruissellement.

Les tableaux et les graphiques des résultats de calcul du bilan des autres stations sont en annexe.

**IV.2- Calcul de l'ETR par la formule de TURC :**

Elle fait intervenir les précipitations et les températures moyennes annuelles :

$$ETR(mm) = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \quad \text{Avec :}$$

$$L = 300 + 25t + 0.05t^3$$

t : Température moyenne annuelle (°c) ;

P : Pluie moyenne annuelle (mm).

**IV.3- Calcul de l'ETR par la formule de COUTAGNE I :**

Le déficit d'écoulement calculé à partir de cette formule peut être rapproché de l'ETR, elle fait aussi intervenir la pluviométrie et la température :

$$D = P - \lambda P^2 \quad \text{Ou :}$$

D : déficit d'écoulement en mètres/an ;

P : précipitation annuelle en mètres ;

$$\lambda = \frac{1}{0.8 + 0.4T}$$

T : température moyenne annuelle en °c.

Elle n'est applicable que pour les valeurs de P comprises entre  $1/2 \lambda$  et  $1/8 \lambda$ ,

$\lambda = 0.123$  et  $1/2 \lambda = 4.064$   $1/8 \lambda = 1.016$ , les précipitations annuelles des quatre stations ne comprises pas entre ces deux valeurs.

**Tableau 17. Résultats de l'ETR des quatre stations.**

Station	St. Ain Charchar	St. Azzaba	St. Bekouche Lakhdar	St. Bouati Mahmoud
ETR (mm) THORNTHWAITE	485	409.7	405.85	473.47
ETR (mm) TURK	529.37	488.94	455.39	522.71

**V- BILAN HYDROLOGIQUE :**

L'application des différentes méthodes pour le calcul du bilan hydrologique montre que, lorsque l'on s'intéresse à des régions à déficit hydrique, l'estimation du bilan devient un véritable exercice d'équilibre. L'équation générale d'un tel bilan peut s'écrire :

$$P = ETR + R + I$$

Avec :

P : Précipitation annuelle en mm ;

ETR : Evapotranspiration réelle annuelle en mm ;

R : Ruissellement en mm ;

I : Infiltration annuelle en mm.

**V.1- Détermination du ruissellement :**

Le ruissellement est donné par la formule empirique de TIXERONT BERKALOFF qui s'appliquerait beaucoup plus aux grands bassins hydrologiques en climat semi-aride à aride.

Cette formule est basée sur la relation :

$$R = \frac{P^3}{3ETP^2} \quad \text{Si } P < 600 \text{ mm,}$$

Cette formule est modifiée par ROMANTCHOK (1974) comme suit :

$$R = \frac{P^3}{3} \quad \text{Si } P > 600$$

Avec :

R : Ruissellement en m ;

P : Précipitation moyenne mensuelle en m ;

ETP : L'évapotranspiration calculée par la méthode de THORNTHWAITE en m.

**Tableau 18. Résultats du ruissellement calculé par la méthode de TIXERON.BERKALOFF et ROMANTCHOUK.**

Station	Ain Charchar	Azzaba	Bekouche Lakhdar	Bouati Mahmoud	R MOYEN
<b>R (mm)</b>	115.15	74.56	64.38	107.02	90.28

**V.2- Calcul de l'infiltration :**

De la même manière que le ruissellement, nous avons essayé d'estimer l'infiltration en sachant que ce paramètre est très difficile à déterminer quand on ne dispose pas de mesures directes (Lysimètres par exemple).

L'infiltration a été déterminée en tirant sa valeur de l'équation du bilan :

$$I = P - ETR - R \quad \text{Ou :}$$

I : L'infiltration en mm ;

P : Pluie moyenne annuelle sur le bassin en mm ;

ETR : Evapotranspiration réelle moyenne selon le bilan de THORNTHWAITE en mm ;

R : Ruissellement en mm.

Cette infiltration est souvent observée pendant les mois de décembre, janvier et février où la précipitation est supérieure à 100 mm.mois-1.

**Tableau 19. Résultats du bilan hydrologique.**

	<b>P (mm)</b>	<b>ETR (mm)</b>	<b>R (mm)</b>	<b>I (mm)</b>
<b>Ain Charchar</b>	701.67	485	115.15	101.52
<b>Azzaba</b>	607.02	409.7	74.56	122.76
<b>Bekouche. L</b>	540.42	405.85	64.38	70.19
<b>Bouati. M</b>	684.74	473.39	107.02	104.33
<b>Moyenne</b>	<b>633.46</b>	<b>443.49</b>	<b>90.28</b>	<b>99.70</b>
<b>%</b>	<b>100</b>	<b>70.01</b>	<b>14.25</b>	<b>15.74</b>

Les résultats montrent qu'au niveau de la station de Azzaba la valeur de l'infiltration est presque le double de celle du ruissellement. Tandis que, dans les stations de Ain Charchar et Bouati Mahmoud les infiltrations sont légèrement inférieurs aux ruissellements.

Cette différence entre l'infiltration et le ruissellement à la station de Azzaba est semble logique en sachant que la zone de Azzaba est une plaine représentée par des pentes très faibles et une forte perméabilité.

Les deux tiers de la lame d'eau précipitée sont détournés par l'évapotranspiration, et seulement un tiers qui atteint les cours d'eau de surfaces et les nappes souterraines avec des parts presque égaux.

**CONCLUSION :**

Le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest est soumis à un climat Méditerranéen, caractérisé par une période humide qui s'étale du mois d'octobre au mois de mai et une période sèche qui s'étend du mois de mai jusqu'au mois de septembre.

Les moyennes annuelles des précipitations variant entre 540 mm et 702 mm, sous une température moyenne annuelle de l'ordre de 18.32 °C.

Le bilan hydrique de la zone d'étude montre les caractéristiques suivantes : une évapotranspiration réelle représente 70.01 % des précipitations, ruissellement 14.25 %, alors que l'infiltration récolte 15.74 % des eaux de précipitations.

## **CHAPITRE IV L'ÉCOULEMENT DANS LE BASSIN VERSANT**

### **Introduction :**

L'étude hydrologique est basée sur l'observation des mesures de débits du cours d'eau principale.

Pour ce fait, nous disposons des résultats de mesures durant la période (1985-86 / 1998-99) enregistrés à la station de Ain Charchar, ces débits sont jugés peu significatifs.

### 7- L'écoulement moyen annuel :

L'écoulement est représenté soit par le débit défini comme le volume d'eau écoulé dans temps considéré, soit par la hauteur d'eau répartie d'une façon uniforme dans le bassin exprimé en mm.

La détermination de cette lame se calcule par la formule suivante :

$$E = \frac{Q \cdot T \cdot 10^{-6}}{A \cdot 10^{-3}}$$

Avec :

$E$  : lame d'eau moyenne écoulée (mm) ;

$Q$  : débit moyen annuel de la période considérée en  $m^3/s$  ;

$A$  : Superficie du bassin versant en  $km^2$ .

### 1.3- Le débit moyen annuel brut ( $Q$ ( $m^3/s$ )) :

L'analyse de la répartition spatiale des débits moyens annuels dans le bassin nous a donnée une valeur de  $3.70 m^3/s$ , pour une superficie de l'ordre de  $1130.26 km^2$ , ce qui est peu pour une région arrosée par plus de 633 mm de précipitation.

### 1.4- Le débit moyen spécifique ( $q$ ( $l/s/km^2$ )) :

La valeur du module spécifique est de l'ordre de  $3.28 l/s/km^2$ .

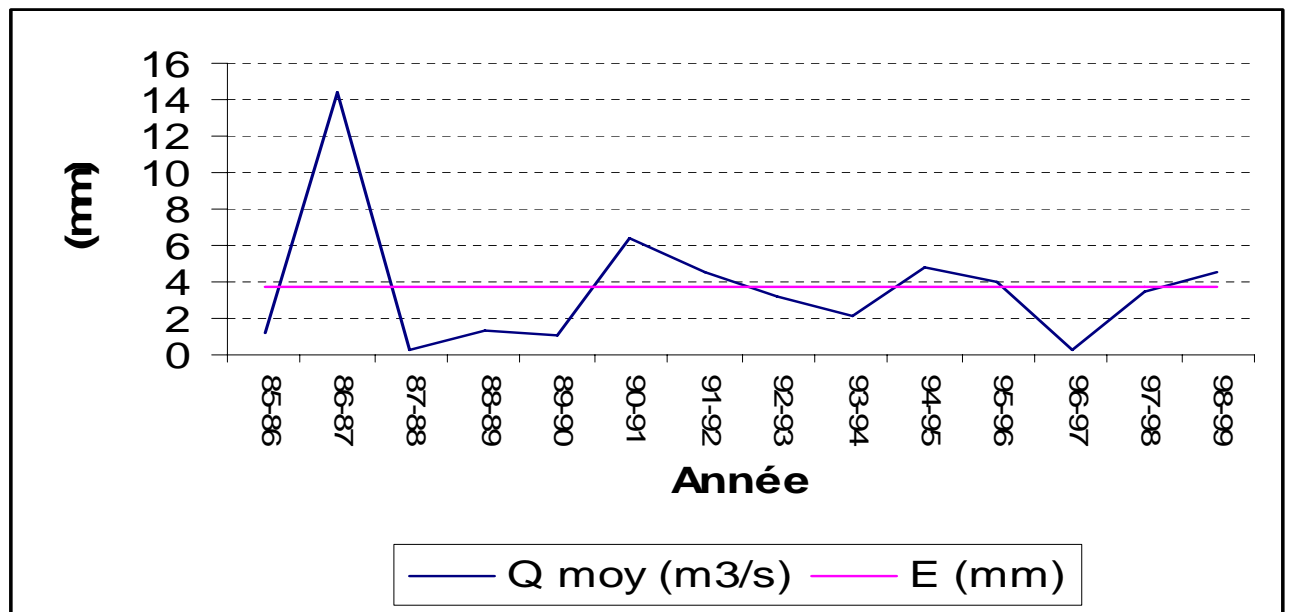
La lame d'eau ruisselée annuellement est de l'ordre de 103.39 mm (Tableau 20). En comparant avec la valeur estimée précédemment à partir du bilan hydrique (90.28 mm), la différence est de 13.11 mm, et peu être représente l'écoulement hypodermique qui rejoint l'oued.

### 8- Variations interannuelles de l'écoulement :

Les variations interannuelles de l'écoulement dans le bassin étudié sont directement liées aux fluctuations des précipitations. La distribution chronologique des débits de l'oued Kebir Ouest sur 14 ans successifs, nous a permis d'apprécier la variation des débits d'une année à l'autre, confirmée également par l'estimation de coefficient de variation (CV) et l'illustration graphique (Fig.24).

**Tableau 20. Variation annuelle de l'écoulement et du débit spécifique dans le bassin versant de l'oued Kebir Ouest à Ain Charchar (1985-86 /1998-99).**

Période	Q moy (m <sup>3</sup> /s)	E (mm)	q (l/s/km <sup>2</sup> )	L P (mm)	D (mm)	C (%)	V Hm <sup>3</sup>
1985-86	1.258	35.100	1.113	491.9	456.800	7.136	39.672
1986-87	14.43	402.619	12.767	981.1	578.481	41.038	455.064
1987-88	0.332	9.263	0.294	530.3	521.037	1.747	10.470
1988-89	1.275	35.574	1.128	574.2	538.626	6.195	40.208
1989-90	1.116	31.138	0.987	579.9	548.762	5.370	35.194
1990-91	6.429	179.379	5.688	794.5	615.121	22.578	202.745
1991-92	4.586	127.956	4.057	706.4	578.444	18.114	144.624
1992-93	3.167	88.364	2.802	653.4	565.036	13.524	99.875
1993-94	2.195	61.244	1.942	516.4	455.156	11.860	69.222
1994-95	4.753	132.616	4.205	609.1	476.484	21.772	149.891
1995-96	4.04	112.722	3.574	646.1	533.378	17.447	127.405
1996-97	0.301	8.398	0.266	368.7	360.302	2.278	9.492
1997-98	3.496	97.544	3.093	912.1	814.556	10.694	110.250
1998-99	4.55	126.952	4.026	1061.4	934.448	11.961	143.489
Moyenne	3.709	103.491	3.282	673.25	569.759	13.694	116.972



**Fig. 24. Variations des débits moyennes annuelles de l’oued kébir Ouest  
Station de Ain Charchar (1985-86 /1998-99)**

**2.1- Le rapport des débits extrêmes (R) :**

Le tableau résume les résultats de l’analyse de l’abondance interannuelle moyenne du débit dans le bassin. Les variations sont caractérisées par le rapport des débits extrêmes (maximal et minimal). Le produit de ce rapport est appelé le coefficient d’immodération ou d’irrégularité R où :

$$R = \frac{Q_{max}}{Q_{min}}$$

**Tableau 21 .Abondance moyenne annuelle de l’écoulement et coefficient d’irrégularité interannuel.**

Période	Q moy (m³/s)	E (mm)	q (l/s/km²)	Q annuel min (m³/s)	Q annuel max (m³/s)	R
1985-86 / 1998-99	3.709	103.491	3.282	0.301	14.43	47.94

D'après le tableau 21, le débit maximal est de l'ordre de 14.43 m<sup>3</sup>/s en 1986/87, le débit minimal égale à 0.301m<sup>3</sup>/s en 1996/97, cette forte variabilité entre l'année la plus humide et l'année la plus sèche est traduite par le coefficient d'immodération qui est de l'ordre de 47.94. Ceci s'explique par le comportement hydrologique du bassin influencé surtout par les conditions climatiques.

## 2.2- Le coefficient d'hydraulicité (CH):

Pour mieux saisir l'irrégularité interannuelle de l'écoulement moyen du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest, on a calculé les écarts annuels des débits de chaque année particulière (Qi) au débit moyen de la série d'observation (Q).

$$CH = \frac{Q_i}{Q}$$

**Tableau 22. Coefficient de l'hydraulicité.**

Période	Q moy (m3/s)	CH
1985-86	1.258	0.34
1986-87	14.43	3.89
1987-88	0.332	0.09
1988-89	1.275	0.34
1989-90	1.116	0.30
1990-91	6.429	1.73
1991-92	4.586	1.24
1992-93	3.167	0.85
1993-94	2.195	0.59
1994-95	4.753	1.28
1995-96	4.04	1.09
1996-97	0.301	0.08
1997-98	3.496	0.94
1998-99	4.55	1.23
Moyenne	3.709	1.00
σ	3.609	
cv	0.97	

L'hydraulicité élevée de l'année (1986-1987) traduite par un coefficient de l'ordre de 3.89 peut être attribuée aux fortes crues de saison froide, elle s'oppose nettement au fort déficit de l'année (1996-1997) avec un coefficient de 0.08.

Le coefficient de variation CV est calculé par la formule :

$$CV = \frac{\sigma}{Q}$$

L'utilisation de coefficient de variation permet de mesurer la dispersion des débits particuliers autour de leur moyenne. La valeur de 0.97 confirme la forte variabilité interannuelle des débits moyens annuels.

### **9- Répartition fréquentielle des modules de l'oued Kebir Ouest à Ain Charchar :**

#### **Ajustement des débits moyens annuels à une loi de GAUSS :**

L'analyse fréquentielle étant d'une grande nécessité, elle complète la connaissance du phénomène d'irrégularité de l'écoulement annuel, il est à noter ici que la précision des estimations reste étroitement liée à la taille de l'échantillon.

L'ajustement des débits moyens annuels à une loi de GAUSS se fait à l'aide du logiciel HYDROLAB. Les résultats de calcul sont représentés dans le tableau et figure suivants,

**Tableau 23 .Ajustement à une loi de GAUSS des débits moyens annuels à la station de  
Ain Charchar**

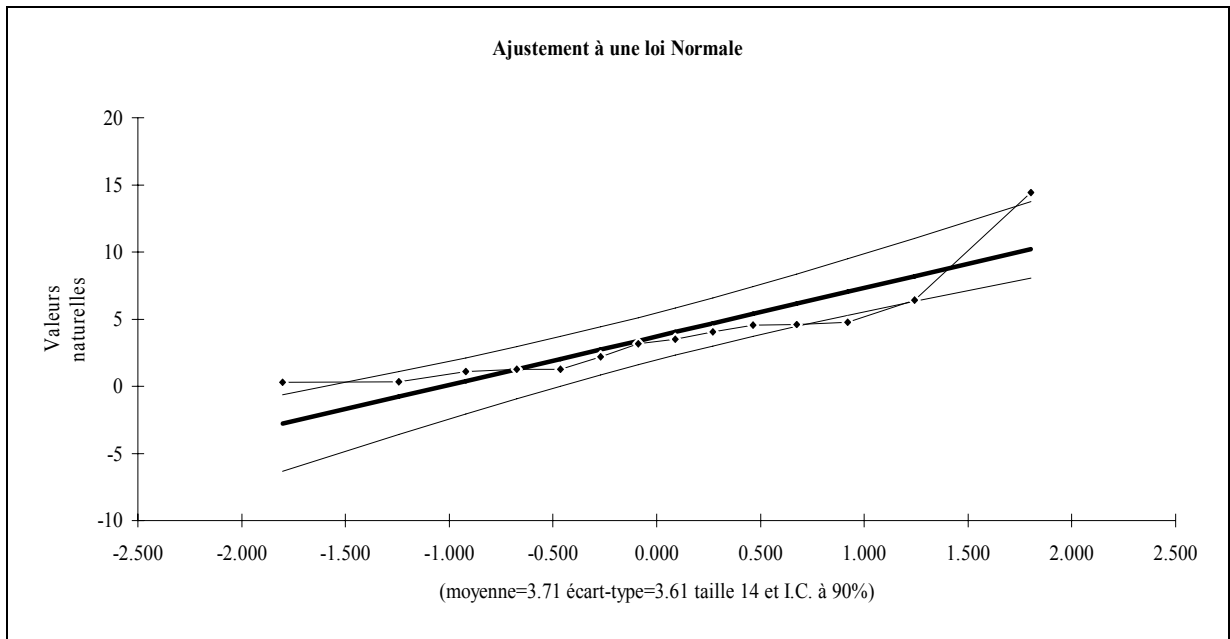
Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
1.258	0.301	1	0.0357	-1.803	0.301	-2.798	-5.332	-1.076
14.43	0.332	2	0.1071	-1.242	0.332	-0.773	-2.800	0.695
0.332	1.116	3	0.1786	-0.921	1.116	0.386	-1.388	1.746
1.275	1.258	4	0.2500	-0.674	1.258	1.276	-0.331	2.579
1.116	1.275	5	0.3214	-0.463	1.275	2.037	0.551	3.315
6.429	2.195	6	0.3929	-0.271	2.195	2.729	1.331	4.006
4.586	3.167	7	0.4643	-0.089	3.167	3.386	2.050	4.682
3.167	3.496	8	0.5357	0.089	3.496	4.031	2.736	5.368
2.195	4.04	9	0.6071	0.271	4.04	4.689	3.412	6.087
4.753	4.55	10	0.6786	0.463	4.55	5.381	4.103	6.867
4.04	4.586	11	0.7500	0.674	4.586	6.142	4.839	7.749
0.301	4.753	12	0.8214	0.921	4.753	7.032	5.672	8.806
3.496	6.429	13	0.8929	1.242	6.429	8.192	6.723	10.218
4.55	14.43	14	0.9643	1.803	14.43	10.217	8.494	12.750

Taille n=14  
U Gauss=1.2817

Moyenne= 3.709

Ecart-type= 3.609

I.C. à (en%)= 80



**Fig.25 Ajustement à une loi de Gauss des débits moyens annuels à la station de Ain Charchar.**

**10- Variation saisonnière :****4.1- Variation mensuelle des débits :**

L'analyse des débits mensuels permet de mettre en lumière les régimes saisonniers d'un cours d'eau, ces régimes peuvent être traduits par des divers critères numériques et graphiques, parmi lesquelles on retiendra principalement les coefficients mensuels de débits.

Le débit maximum a été de 12.38 m<sup>3</sup>/s en février et le minimum de 0.007 m<sup>3</sup>/s en août, et ce pour un débit moyen mensuel de 3.79 m<sup>3</sup>/s. (tableau 24).

**4.2- Variabilité mensuelle des débits :**

L'irrégularité mensuelle et saisonnière des débits est parfaitement observée dans les valeurs du coefficient de variation. En effet, l'écoulement mensuel est très variable d'une année à l'autre. D'après le tableau 27 on distingue une valeur de coefficient de variation importante en mois de septembre, atteignant 2.426, la valeur la plus faible et remarquable en juillet (0.932).

**4.3- Coefficient mensuel de débit :**

Le coefficient mensuel de débit, qui exprime le rapport de débit moyen mensuel au débit moyen de la période considérée, permet d'étudier le régime fluvial mensuel et saisonnier désigné par (C M D), ce coefficient correspond aux mois de hautes eaux lorsqu'il est supérieur à 1.

Le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest présente cinq (05) mois pluvieux qui s'observent en hiver et dans les deux tiers du printemps, le maximum de C M D est au février avec une valeur de 3.268. Le minimum de ce coefficient de l'ordre de 0.002 observé au mois de août.

La constatation qui peut être tirée de cette analyse est l'emplacement de la période des hautes eaux dans les saisons hivernale et printanière, et la période des basses eaux dans les deux saisons estivale et automnale.

Tableau 24. Débits moyen mensuels (m<sup>3</sup>/s)- Station de Ain Charchar (1985-86 / 1998-99).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	MOY
Q	0.155	0.442	2.996	7.053	9.368	12.386	6.516	4.674	1.388	0.251	0.251	0.0075	3.791
σ	0.376	0.602	4.32	10.253	11.035	19.471	7.004	8.963	1.91	0.374	0.234	0.014	3.6
CV	2.426	1.362	1.442	1.454	1.178	1.572	1.075	1.918	1.376	1.490	0.932	1.867	0.950
CMD	0.041	0.117	0.790	1.861	2.471	3.268	1.719	1.233	0.366	0.066	0.066	0.002	1.000
	Basses eaux			Hautes eaux					Basses eaux				

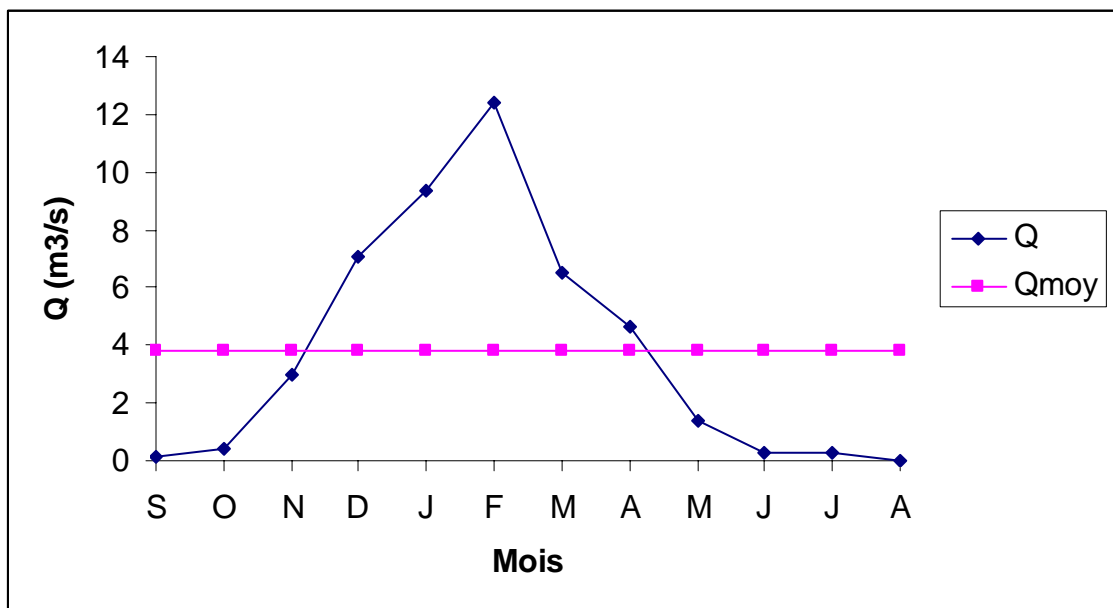


Fig.26. Débits moyen mensuels (m<sup>3</sup>/s)- Station de Ain Charchar (1985-86 / 1998-99)

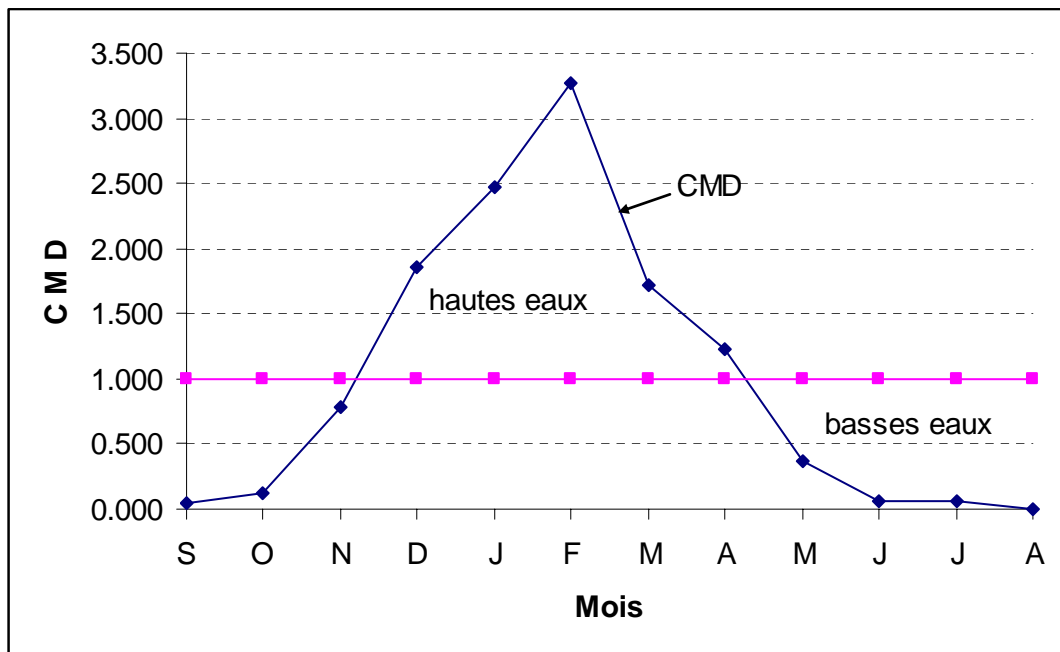


Fig.27. Courbe de coefficient mensuel de débit (CMD) de l'oued Kebir Ouest à Ain Charchar (1985-86 / 1998-99)

### 11- Forme extrême de l'écoulement :

Pour mieux cerner le problème d'écoulement extrême, il est nécessaire de descendre à une échelle plus fine dans l'analyse des valeurs extrêmes, notamment l'étude des crues qui peuvent être définies comme étant le plus fort débit observé dans l'année.

#### 5.1- Prédétermination des crues :

La prédétermination des crues a pour but de relever les crues fréquentielles les plus importantes à fin de garantir un maximum de sécurité pour les ouvrages. Ces crues peuvent être déterminées par la loi de GUMBEL qui s'adapte le mieux aux écoulement et apports extrêmes.

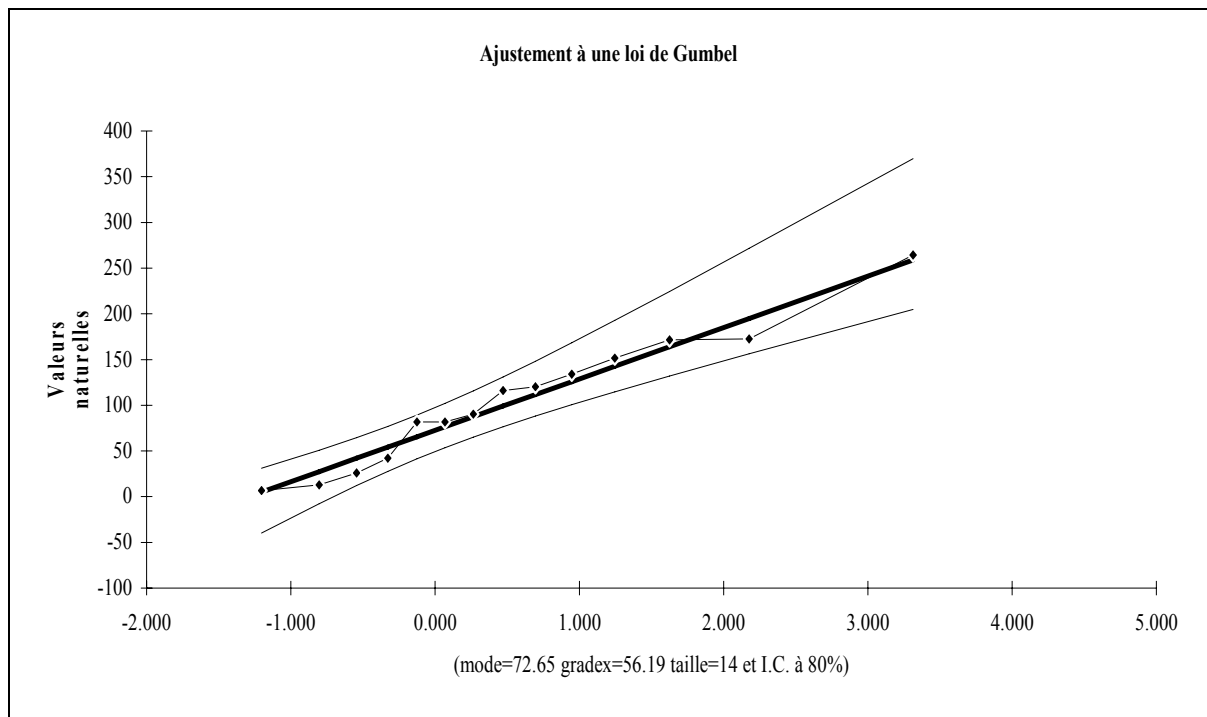
Le tableau suivant montre les débits maximaux journaliers pour la période de 1985-86 / 1998-99), à partir desquels on a calculé les paramètres d'ajustement (l'ajustement est fait en utilisant le logiciel HYDROLAB) :

**Tableau 25. Débits maximums journaliers de la station de Ain Charchar  
(1985-86 /1998-99)**

Année	Q (m <sup>3</sup> /s)	Rang	Fréquence (%)
1987-88	6.695	1	3.57
1996-97	12.70	2	10.71
1989-90	25.78	3	17.85
1985-86	42.12	4	25.00
1988-89	81.55	5	32.14
1993-94	81.77	6	39.28
1997-98	90.17	7	46.42
1995-96	116.2	8	53.57
1992-93	120.1	9	60.71
1991-92	134.0	10	67.85
1994-95	151.6	11	75.00
1998-99	171.6	12	82.16
1990-91	172.4	13	89.28
1986-87	264.4	14	96.42

La moyenne des débits maximums journaliers sur les quatorze ans est de l'ordre de 105.08 m<sup>3</sup>/s, le mode  $\sigma = 72.65$  et le gradex  $\alpha = 56.19$ , l'équation de la droite de l'ajustement s'écrit comme suit :

$$X = 72.65 + 56.19 U$$



**Fig.28. Ajustement à une loi de GUMBEL des débits maximums journaliers à la station de Ain Charchar.**

A partir du graphe de GUMBEL (Fig.28), on estime les débits probables des crues pour différentes périodes de retour, les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant :

**Tableau 26. Crues maximums probables dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest .**

Fréquence	Durée de retour (an)	Crue maximale probable (m <sup>3</sup> /s)
0.50	2	93.24
0.80	5	156.93
0.90	10	199.10
0.98	50	291.90
0.99	100	331.13

Pendant une période d'observation de 14 ans, plusieurs crues ont été enregistrées dont les plus importantes :

Crue de 22 décembre 1986 au 1 janvier 1987 ;

Crue de 23 au 26 décembre 1990 ;

Crue de 26 novembre au 1 décembre 1998.

En fin, l'estimation de la période de retour et de récurrence de la crue de 25-12-1986 à la station de Ain Charchar s'exprime comme suit :

$$Q = 264.6 \text{ m}^3/\text{s} ; U = 3.41 ; F = 0.9642 ; T = \frac{1}{1 - F} \approx 28 \text{ an.}$$

Les crues de la saison humide sont les plus fréquentes et sont dues aux pluies torrentielles.

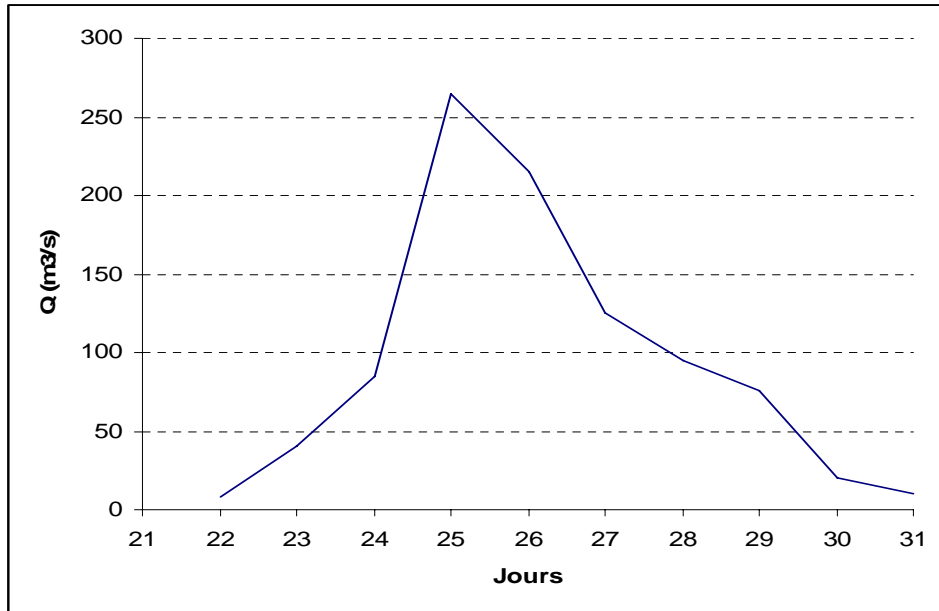


Fig.29. Hydrogramme de crue de 25-12-1986 au bassin versant de l'Oued Kebir Ouest

D'après l'hydrogramme de crue, on constate l'amplitude des débits caractérisée par une allure impressionnante, le débit journalier passe en l'espace de trois jours de 7.95 m³/s (le 22 décembre) pour atteindre le débit de pointe de 264.6 m³/s (le 25 décembre), la décrue s'est faite lentement par rapport à la montée.

L'apport de cette crue est calculé de la manière suivante :

Les somme des débits pendant la période de crue  $\sum Q_i = 938.42 \text{ m}^3/\text{s}$  ;

La moyenne est de 
$$Q_{moy} = \frac{\sum Q_i}{n}$$

avec n : nombre de jour de la période de crue ;

d'où  $Q_{moy} = 93.84 \text{ m}^3/\text{s}$

Volume total ruisselé =  $938.42 * 86400 = 81.08 \text{ Hm}^3$ .

Hauteur d'eau écoulé = 
$$\frac{81.08 \text{ Hm}^3}{1130.26 \text{ Km}^2} = 0.072 \text{ m} = 72 \text{ mm.}$$

## 6- Corrélation entre pluie – débit :

Le but de technique de corrélation et de régression est d'étudier la dépendance des deux séries décrivant chacune un caractère quantitatif d'un certain nombre d'individus :

- ◆ Mettre en évidence graphiquement la liaison entre les deux séries ;
- ◆ Optimiser l'estimation d'un caractère en fonction de l'autre ;
- ◆ Mesurer l'intensité de la dépendance entre les deux caractères (Coefficient de corrélation (R)).

La relation pluie-débit se fait généralement suivant une loi normale. Le débit d'un cours d'eau (abondance hydrologique ou non) est fonction de la quantité de pluie précipitée sur le bassin.

Dans notre cas on a utilisé la série précédente de débit moyen annuel de la période 1985-86 / 1998-99) à la station de Ain Charchar, est une série de pluie moyenne de la même période (moyenne arithmétique des pluies moyennes annuelles des quatre stations retenues dans l'étude).

La régression simple entre les deux séries est faite à l'aide du logiciel HYDROLAB. Les résultats de calcul sont représentés dans le tableau et le graphe suivants :

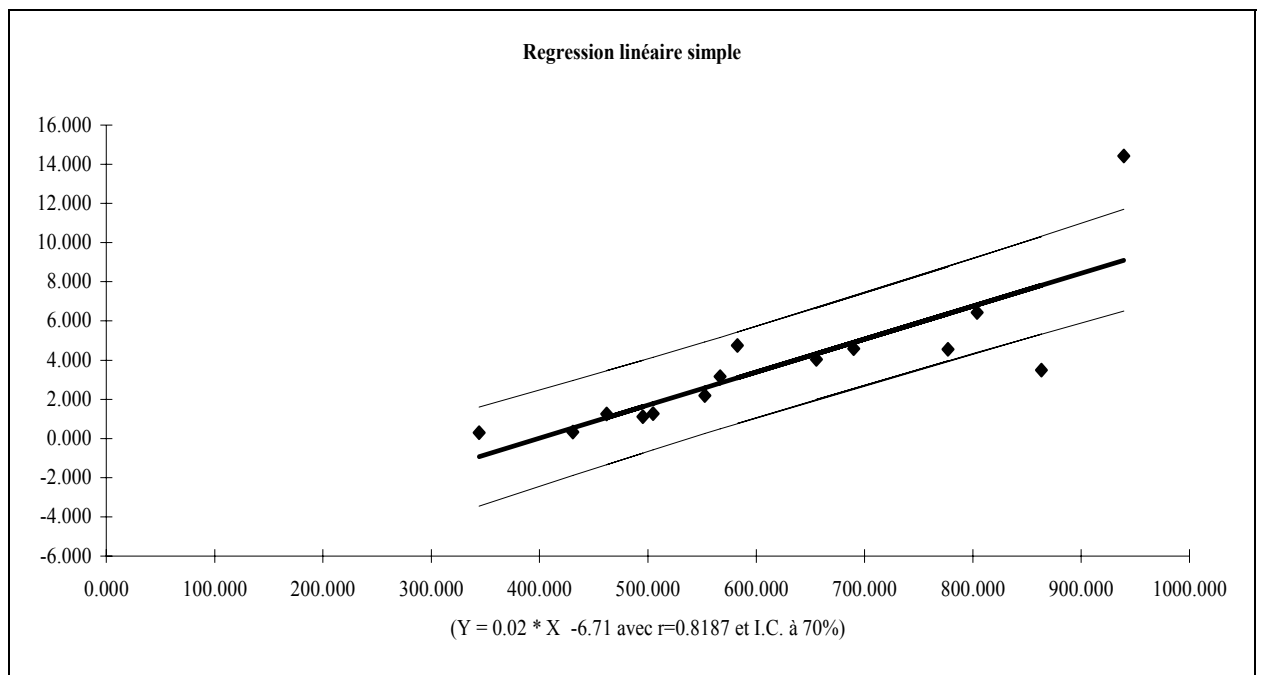
**Tableau 27. Régression linéaire simple de Q en P.**

Variables	à expliquer	explicatif	P	I.C. à (%) = 70	
Observations	Q	P	le plus probable	Borne.Inf.	Borne.Sup.
12	0.301	344.050	-0.923	-3.450	1.605
3	0.332	430.705	0.536	-1.889	2.961
5	1.116	495.305	1.624	-0.748	3.996
1	1.258	461.950	1.062	-1.335	3.459
4	1.275	504.925	1.786	-0.580	4.152
9	2.195	552.693	2.590	0.247	4.933
8	3.167	566.718	2.826	0.488	5.164
13	3.496	863.300	7.819	5.332	10.306
11	4.04	655.595	4.322	1.988	6.657
14	4.55	777.045	6.367	3.970	8.764
7	4.586	689.992	4.902	2.557	7.246
10	4.753	582.740	3.096	0.762	5.430
6	6.429	803.890	6.819	4.398	9.241
2	14.43	939.442	9.101	6.507	11.695

L'équation de la droite de régression  $Q = 0.017 P - 6.715$ , le débit moyen est de  $3.709 \text{ m}^3/\text{s}$  et l'écart type de 3.609. La précipitation moyenne est de 619.169 mm et l'écart type égale à 175.495.

Le coefficient de corrélation  $r = 0.82$  implique une bonne corrélation directement proportionnelle entre les précipitation moyenne annuelles sur le bassin versant de l'oued Kebir Ouest, et les débits moyens annuels à la station de Ain Charchar.

La variable réduite de Gauss est égale à 1.036, le test de Student donne une valeur de 1.083.



**Fig.30. Corrélation pluie- débit à la station de Ain Charchar (1985-86 / 1998-99).**

**CONCLUSION :**

L'étude hydrologique du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest, nous a permis de mettre en évidence, les variations temporelles de l'écoulement superficiel et leurs dépendance à la variation des pluies précipitées dans le bassin.

L'établissement du bilan hydrologique a fait ressortir un écoulement assez considérable qui se traduit par un coefficient d'écoulement de 13.69 % et d'un important déficit d'écoulement ( $D = 569.759$  mm soit 84.63 % de la lame d'eau précipitée) due principalement à une évaporation élevée.

A partir de l'analyse des variations saisonnières des débits, on a pu dégager les nuances du régime hydrologique qui est alimenté essentiellement par les précipitations, et distinguer l'apparition des deux périodes nettement opposées, une période des hautes eaux allant de décembre jusqu'au mois d'avril, avec un débit moyen mensuel qui atteint le  $12.386 \text{ m}^3/\text{s}$  en février, contre une période de basses eaux sur le reste de l'année, où le débit moyen mensuel s'abaisse à  $0.0075 \text{ m}^3/\text{s}$  au mois d'août. Le débit moyen mensuel durant la période d'observation est de l'ordre de  $3.791 \text{ m}^3/\text{s}$ .

# **CHAPITRE V**

## **QUALITE DES EAUX DANS**

### **LE BASSIN VERSANT**

#### **Introduction :**

Planifier la lutte contre la pollution par une politique d'objectif de qualité répondant aux besoins de tous les usagers afin de limiter au maximum les coûts engendrés par le traitement de cette eau avant son utilisation et de minimiser les risques en terme de santé publique. La distribution d'une eau effectivement potable doit être assurée, dans le même ordre d'idée, des usages comme l'irrigation exige certaines normes auxquelles il convient certainement de prêter plus attention.

**I. ETUDE DE LA CHIMIE DES EAUX SOUTERRAINES:**

Dans la région d'étude des prélèvements d'eau sont fait sur douze 12 puits, dont les points étudiés ont été choisis de façon à ce que tous les puits avoisinants l'Oued Fendek, qui est le récepteur des effluents de l'unité de mercure, soient représentés. Les échantillons d'eau ont été analysés par le laboratoire central du CP1K (ENIP<sup>6</sup>. Skikda) en Mars 2007 (d'après HEOUAINE et TATAT, mémoire d'ingénieur, intitulé : Qualité des eaux superficielles et souterraines de la région de Azzaba - Relation entre minéraux et solutions-).

Les paramètres physiques et chimiques étudiés sont :

1. Les paramètres physiques (température, PH, conductivité électrique), in situ.
2. Les paramètres chimiques: correspondant aux éléments majeurs ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ).

**I.1. Points de prélèvement et échantillonnage :**

Au total douze (12) points des prélèvements ont été échantillonnés dans la plaine de Azzaba.

La désignation de ces points des prélèvements est consignée dans la (Fig.31)

---

<sup>6</sup> Entreprise Nationale de l'Industrie Pétrolière.

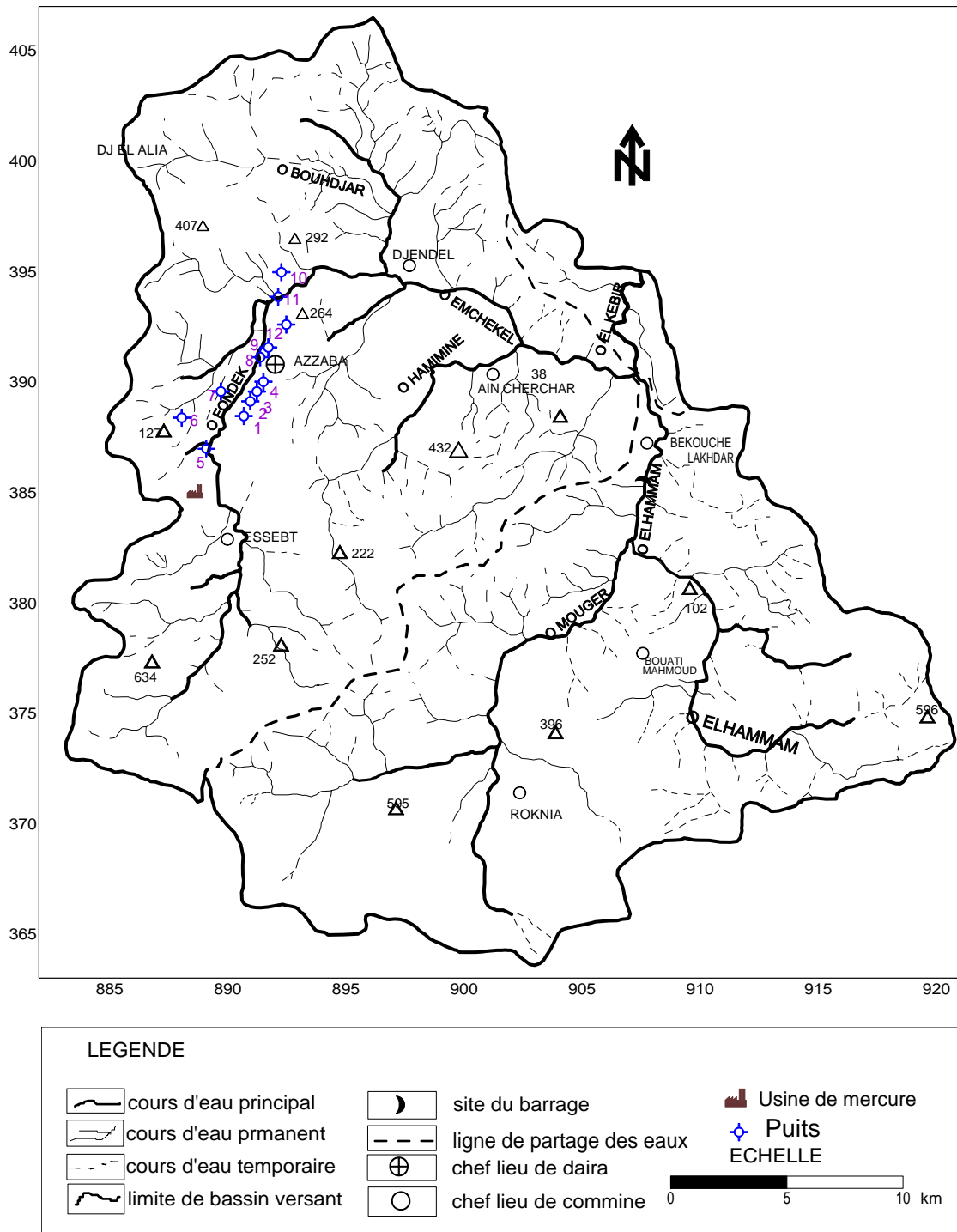


Fig31.Carte d'inventaire des puits de prélèvement.

## I.2. Formules ioniques et faciès chimiques

La formule ionique est obtenue en classant de gauche à droite par ordre décroissant les quantités en réaction pour cent du groupe des anions puis celui des cations.

La vérification des analyses chimique a été faite par la balance ionique, qui a été satisfaisante pour les (12) analyses.

Les formules ioniques (tableau N° 28) nous donnent deux faciès chimiques pour les eaux souterraines analysées.

Le faciès sulfaté sodique représentant 83%, et le faciès sulfaté magnésien (17%)

**Tableau 28. Formules ioniques et faciès chimique en (méq/l)**

N°du puits	Designation	Formule ionique	Faciès chimique
1	P1	$r\text{So}_4^{2-}, r\text{HCO}_3^-, r\text{Cl}^-, r(\text{Na}^+ + \text{K}^+), r\text{Ca}^{++}, r\text{Mg}^{++}$	Sulfaté sodique
2	P3	$r\text{So}_4^{2-}, r\text{HCO}_3^-, r\text{Cl}^-, r(\text{Na}^+ + \text{K}^+), r\text{Ca}^{++}, r\text{Mg}^{++}$	Sulfaté sodique
3	P7	$r\text{So}_4^{2-}, r\text{HCO}_3^-, r\text{Cl}^-, r(\text{Na}^+ + \text{K}^+), r\text{Ca}^{++}, r\text{Mg}^{++}$	Sulfaté sodique
4	P10	$r\text{So}_4^{2-}, r\text{HCO}_3^-, r\text{Cl}^-, r(\text{Na}^+ + \text{K}^+), r\text{Ca}^{++}, r\text{Mg}^{++}$	Sulfaté sodique
5	P47	$r\text{So}_4^{2-}, r\text{HCO}_3^-, r\text{Cl}^-, r(\text{Na}^+ + \text{K}^+), r\text{Ca}^{++}, r\text{Mg}^{++}$	Sulfaté sodique
6	P54	$r\text{So}_4^{2-}, r\text{Cl}^-, r\text{HCO}_3^-, r(\text{Na}^+ + \text{K}^+), r\text{Ca}^{++}, r\text{Mg}^{++}$	Sulfaté sodique
7	P56	$r\text{So}_4^{2-}, r\text{HCO}_3^-, r\text{Cl}^-, r(\text{Na}^+ + \text{K}^+), r\text{Ca}^{++}, r\text{Mg}^{++}$	Sulfaté sodique
8	P63	$r\text{So}_4^{2-}, r\text{HCO}_3^-, r\text{Cl}^-, r(\text{Na}^+ + \text{K}^+), r\text{Ca}^{++}, r\text{Mg}^{++}$	Sulfaté sodique
9	P65	$r\text{So}_4^{2-}, r\text{HCO}_3^-, r\text{Cl}^-, r(\text{Na}^+ + \text{K}^+), r\text{Ca}^{++}, r\text{Mg}^{++}$	Sulfaté sodique
10	P73	$r\text{So}_4^{2-}, r\text{Cl}^-, r\text{HCO}_3^-, r\text{Mg}^{++}, r\text{Ca}^{++}, r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Sulfaté magnésien
11	P78	$r\text{So}_4^{2-}, r\text{Cl}^-, r\text{HCO}_3^-, r\text{Mg}^{++}, r\text{Ca}^{++}, r(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$	Sulfaté magnésien
12	P79	$r\text{So}_4^{2-}, r\text{HCO}_3^-, r\text{Cl}^-, r(\text{Na}^+ + \text{K}^+), r\text{Ca}^{++}, r\text{Mg}^{++}$	Sulfaté sodique

## I.3. Représentation graphique des analyses chimiques

Pour bien visualiser les résultats des analyses chimiques effectuées sur les eaux souterraines, il est trouvé utile de faire la représentation selon Piper et Scholler-berkaloff.

### 3.1. Diagramme de PIPER

Le diagramme est bien adapté pour l'étude comparative d'un nombre important d'échantillons. En plus le diagramme met en évidence l'évolution et le changement du faciès chimique.

Néanmoins il présente un risque d'erreur qui réside dans la comparaison des échantillons, du fait que la représentation des analyses sur ce diagramme est faite en pour cent (%)

Sur la figure représentant Piper (Fig.32) on voit que 10 puits sont sulfaté sodique, et 02 sont sulfaté magnésien.

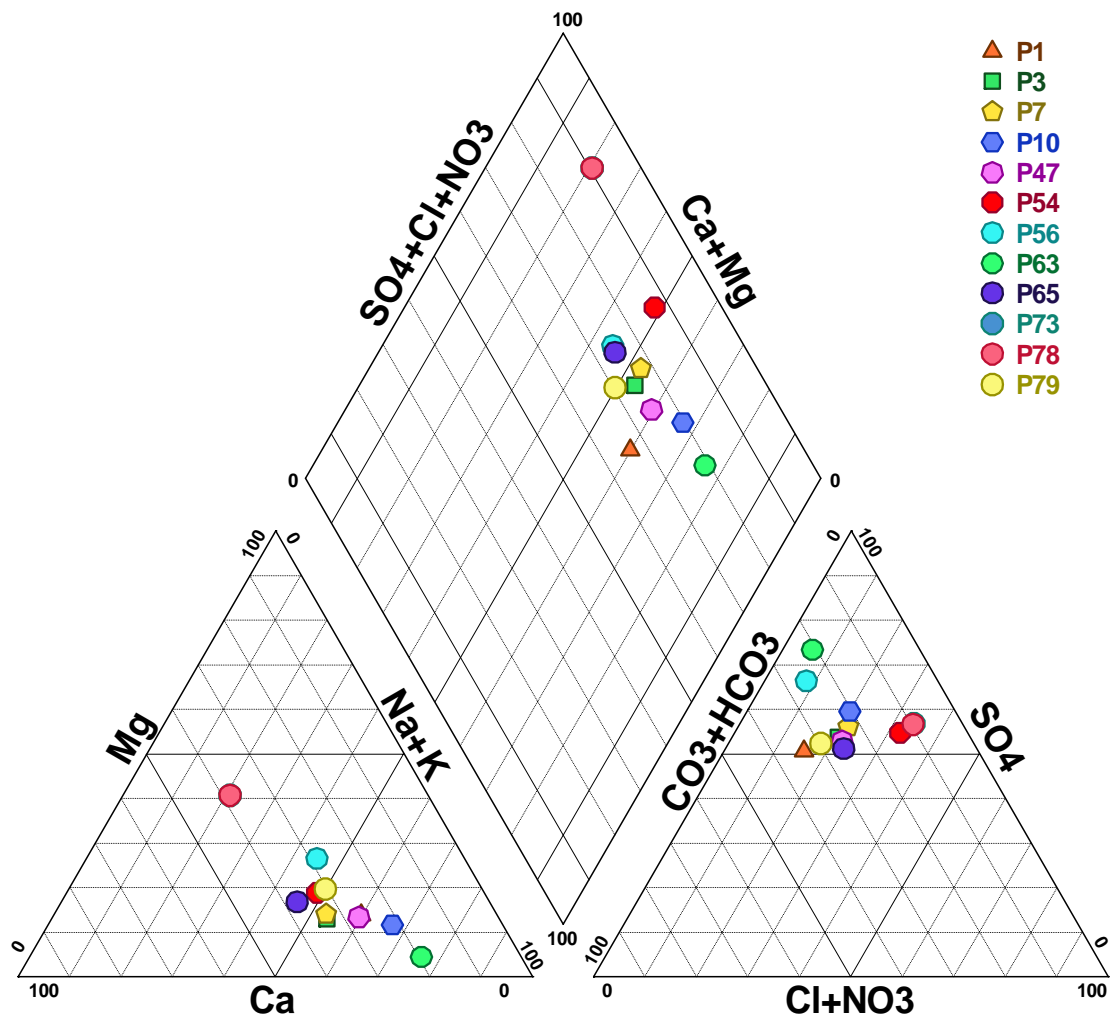


Fig.32.Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Piper

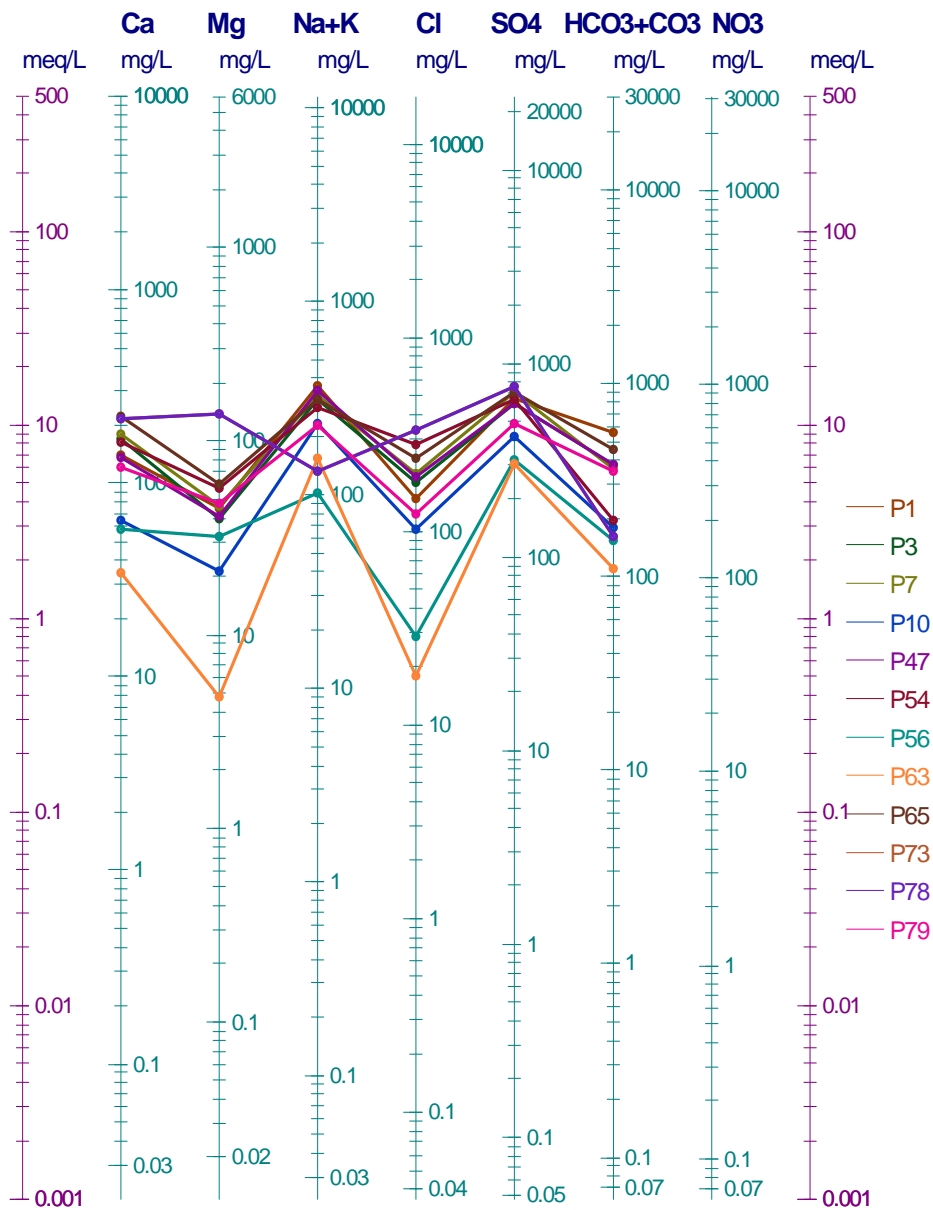
### 3.2. Diagramme de SCHOLLER-BERKALOFF

Ce diagramme est bien adapté à la comparaison d'échantillons de faciès identique mais différent par leur degré de dilution.

Cependant il présente un risque d'interprétation abusive de la conformité de deux (02) échantillons, du fait que les reports graphiques se font sur une échelle logarithmique.

En plus ce diagramme ne peut contenir plus que dix (10) analyses à la fois.

- La figure N° 33 montre que les faciès des puits analysé de la plaine de Azzaba ((10) puits sont sulfaté sodique, et (02) présente le faciès sulfaté magnésien.)



**Fig.33 .Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Schoeller-Berkaloff**

## I.4. Répartition des éléments

### 1. Conductivité électrique ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )

Les valeurs de la Conductivité électrique varient entre 105.58 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) (Puits N° 03) au centre de la plaine d'Azzaba et 2165.83 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) (Puits N°10) au Nord.

### 2. Dureté globale (TH)

Les puits présentant des valeurs supérieures à 50 °F se localisent le long de l'Oued Fendek et sur la partie Sud des flancs Est et Ouest.

Les puits ayant des valeurs de la dureté acceptables, sont situés dans la partie centrale de la plaine.

### 3. Chlorures

Les chlorures proviennent essentiellement de la dissolution des sels naturels par lessivage des terrains salifères et de rejets des eaux usées, industrielles et domestiques. Les teneurs des chlorures sont comprises entre 17.75 mg/L. (Puits N°08) au centre de la plaine d'Azzaba et 330.15 mg/L (puits N° 10).

### 4. Résidu sec

Les concentrations minimales se localisent dans la partie centrale de la plaine de Azzaba et à l'Est

La valeur minimale se trouve au niveau du puits N° 08 (100 mg/L)

La valeur maximale se localise au niveau des puits situés sur les flancs Ouest et Est ainsi que le Nord de la plaine avec un maximum de 3000 mg/L au niveau du puits N°10 .

## I.5. Normes et qualité des eaux

Dans le but de faire une approche qualitative des résultats des analyses effectuées, on a procédé à des normes de classification pour chacun des paramètres représentés précédemment dans les différentes cartes

### 5.1. Chlorures

Une eau contenant 150 mg/l de chlorures est bonne pour tous les usages, elle est encore considérée comme potable jusqu'à 200 mg/l.

**Tableau 29. Zonalité et normes pour les chlorures**

Chlorures mg/l	Type d'eau	Puits correspondants
0 – 200	Bonne	P1, P2, P3, P4, P5, P12, P7, P8
>200	Médiocre	P6, P9, P10, P11,

Dans le tableau 29 représentant les normes et les zonalités pour les chlorures, on constate que 08 puits représentent une eau de bonne qualité avec des teneurs en chlorure inférieure à 200 mg/l, 04 puits représentent des eaux de qualité médiocre avec des teneurs en chlorure supérieure à 200 mg/l

### 5.2. Magnésium

Le magnésium peut avoir comme origine les oxydes de magnésium ou de la magnétite. Il peut aussi se trouver en abondance dans les roches carbonatées et peut être sous la forme de  $Mg$ ,  $So_4$ ,  $Mg$ ,  $Cl^-$

Les normes et les zonalités concernant cet élément sont consignées dans le tableau 30

**Tableau 30. Zonalité et normes pour le magnésium**

Magnésium (mg/l)	Type d'eau	Puits correspondants
< 50	1 <sup>er</sup> qualité	P1, P2, P3, P4, P5, P7, P8, P12
50 – 100	2 <sup>eme</sup> qualité	P6, P9
>100	3 <sup>eme</sup> qualité	P10, P11

Dans ce tableau 08 puits représentent des eaux de 1<sup>er</sup> qualité ou la teneur en magnésium est inférieure à 50 mg/l, 02 puits correspondent à des eaux de 2<sup>eme</sup> qualité ou la teneur en magnésium est comprise entre 50 et 100 mg/l et 02 puits représentent des eaux de 3<sup>eme</sup> qualité avec des teneurs en magnésium supérieures à 100 mg/l

### 5.3. Dureté globale (TH<sup>7</sup>) :

La dureté d'une eau est due principalement à la présence de sel de calcium, et de magnésium sous forme de bicarbonates de sulfates et de chlorures. La dureté globale (TH) a été calculée de la façon suivante :

$$TH = (Ca^{++} + Mg^{++}).5 \quad (\text{en } ^\circ F)$$

$$1 \text{ meq/L} = 5 \text{ } ^\circ F \text{ (degrés français)}$$

Par rapport à la dureté des eaux de la région, on a considéré les normes et les zonalités comme suite : (Tableau 31).

**Tableau 31. Zonalités et normes pour la dureté globale**

Dureté globale (TH) (°F)	Type d'eau	Puits correspondants
20 – 30	Eau assez douce	P4, P7, P8
30 – 50	Eau dure	P12
>50	Eau très dure	P1, P2, P3, P5, P6, P9, P10, P11

<sup>7</sup> Titre Hydrotimétrique.

Le tableau. N°31. Montre que 03 puits représentent une eau de qualité assez douce, 01 puits caractérisés par une eau dure et 08 puits représentent des eaux très dures.

#### 5.4. Conductivité Electrique

IL existe une relation entre la conductivité et la salinité de l'eau.

1 ppm = 1.56  $\mu$ s/cm.

Par rapport à la conductivité, la minéralisation de l'eau a été considérée de la façon suivante:

**Tableau 32 .Zonalité et normes pour la conductivité électrique**

Conductivité électrique CE (us/cm)	Type d'eau	Puits correspondants
< 600	Eau de minéralisation moyenne	P3, P4, P6, P7, P8
600 - 1000	Eau de minéralisation importante	P1, P2, P5, P11, P12
> 1000	Eau de minéralisation excessive	P9, P10

Le tableau N° 32 nous indique que 05 puits sont caractérisés par une eau de minéralisation moyenne ( P3,P4,P6,P7 et P8 ), 05 puits ont une minéralisations importante (P1,P2,P5,P11,P12 ), alors que les 02 Puits restants sont caractérisés par des eaux de minéralisation excessive (P9,P10 ).

#### 5.5. Résidu sec :

Exprimé en (mg/l), le résidu sec représente la totalité des sels dissous. Il est obtenu par dessèchement de l'eau à 180 °C, le résidu sec calciné est obtenu par calcination à 180 °C.

Le résidu sec est ainsi une donnée sur la minéralisation totale d'une eau. Il est lié étroitement à la résistivité.

Les normes et les zonalités concernant le résidu sec de la région d'étude sont représentées dans le tableau N°33.

**Tableau 33. Zonalité et normes du résidu sec**

Extrait sec à 180°C (mg/l)	Type d'eau	Puits correspondants
<500	Eau faiblement minéralisée	P4, P7, P8
500-1000	Eau moyennement minéralisée	P1, P2, P3, P5, P10, P11
1000-1500	Eau minéralisée	P9
>1500	Eau très fortement minéralisée	P6, P10

Le tableau N° 33 nous montre que 03 puits représentent des eaux faiblement minéralisée, 06 puits représentent des eaux moyennement minéralisée et le reste des puits (03) caractérisent des eaux minéralisées à très fortement minéralisées.

**I.6. Résultats sur la qualité des eaux souterraine**

Afin de conclure la qualité des eaux de la région, ou les eaux analysées qui représentent la nappe alluvionnaire, où la profondeur maximale des puits peut atteindre 10 m. les résultats d’analyse des différents éléments vues précédemment sont réunies.

De cette superposition, les eaux souterraines de la plaine de AZZABA peuvent être divisé en trois classes :( Tableau N°34)

**Tableau 34. Classement des eaux des puits de la plaine de AZZABA.**

Paramètre	CL <sup>-</sup>	Mg <sup>++</sup>	R.S	CE	Δ H	Puits correspondants
classe						
1	P1, P2, P3, P4, P5, P7, P8, P12	P1, P2, P3, P4, P5, P7 P8, P12	P4, P7, P8	P3, P4, P6, P7, P8	P4, P7, P8	P4, P6, P7, P8
2	P6, P9, P10, P11	P6, P9	P1, P2, P3, P5, P11, P12	P1, P2, P5, P11, P12	P12	P12
3		P10, P11	P9,P6, P10	P9, P10	P1, P2, P3, P5, P6, P9, P10, P11	P1, P2, P3, P5, P9, P10, P11

- classe 1 : bonne qualité, assez douce, faiblement minéralisée
- classe 2 : qualité médiocre, dure, moyennement minéralisée
- classe 3 : mauvaise qualité, très dure, fortement à très fortement minéralisée

**-La première classe** : représentant les eaux de bonne qualité, assez douce et faiblement minéralisée, regroupe les puits P4, P6, P7, P8

**-La deuxième classe** : représentant les eaux de qualité médiocre, dure et moyennement minéralisée regroupe le puits P12.

**- La troisième classe** : représentant des eaux de mauvaise qualité, très dure, fortement à très fortement minéralisée regroupe les puits P1, P2, P3, P5, P9, P10, P11, P6, P10 .Ces puits se

localisent au Sud de la plaine de AZZABA, le long de l'Oued Fendek et sur les deux flancs Est et Ouest de l'Oued.

Les puits P4, P6, P7 et P8 se situent dans la partie centrale de la plaine de AZZABA, sur le flanc Ouest de l'Oued Fendek.

Les 4 puits (P4, P6, P7, P et P8) représentent le faciès sulfaté sodique.

Les sulfates peuvent provenir de l'oxydation du soufre ou par la dissolution du gypse ( $\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ ) ou par l'utilisation d'engrais chimique.

Le sodium ( $\text{Na}^+$ ) provient des argiles.

### **I.7. Aptitude des eaux à l'irrigation**

La région de notre étude est a vocation agricole ce qui nous a amené à s'intéresser a l'utilisation des eaux pour l'irrigation, nous avons utilisé le diagramme de Wilcox (Fig. N°34).

#### **- Diagramme de Wilcox :**

Le S.A.R (sodium absorption ratio) est donné par la formule suivante :

$$\text{SAR} = \text{Na} \sqrt{\frac{(\text{Mg} + \text{Ca})}{2}}$$

Ou :  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++}$  sont exprimés en mg/l.

Les valeurs du S.A.R sont reportées en combinaison avec la Conductivité électrique de l'eau qui permet une estimation de la minéralisation et qui est exprimée en  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

**Tableau 35. Classification des eaux par degré d'aptitude à l'irrigation  
par la Méthode du S.A.R**

Degré	Qualité	Classe	Etat d'utilisation
1 <sup>ere</sup>	Excellente	C <sub>1</sub> -S <sub>1</sub>	Eau a utilisation sans danger pour l'irrigation pour la plupart des sols.
2 <sup>eme</sup>	Bonne	C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub> C <sub>2</sub> -S <sub>2</sub>	En général, eau pouvant être utilisée sans contrôle particulier pour l'irrigation des plantes moyennement tolérantes en sels.
3 <sup>eme</sup>	Admissible	C <sub>3</sub> -S <sub>1</sub> C <sub>3</sub> -S <sub>2</sub> C <sub>2</sub> -S <sub>3</sub>	En général, eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes en sel. Sur des sols bien drainés l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.
4 <sup>eme</sup>	Médiocre	C <sub>4</sub> -S <sub>1</sub> C <sub>4</sub> -S <sub>2</sub> C <sub>3</sub> -S <sub>3</sub>	En général, eau fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes au sel sur des sols bien drainés et lessivés.
5 <sup>eme</sup>	Mauvaise	C <sub>3</sub> -S <sub>4</sub> C <sub>4</sub> -S <sub>3</sub> C <sub>4</sub> -S <sub>4</sub>	Eau ne convenant pas à l'irrigation, mais peuvent être utilisée sous certaines condition, sols très perméable, bon lessivage.

L'observation du diagramme de WILCOX (Fig. N 34) .fait ressortir les classes suivantes (Tableau N° 36):

-C<sub>1</sub>-S<sub>1</sub> : Cette classe représente une eau d'Excellente qualité pour l'irrigation (représentant 25%).

-C<sub>2</sub>-S<sub>1</sub> : Cette classe représente une eau de bonne qualité pour l'irrigation (représentant 8.33%)

-C<sub>3</sub>-S<sub>1</sub> : Cette classe représente une eau admissible pour l'irrigation (Représentant 66.67 %).

Tableau 36. Classification des puits d'après WILCOX

Classe	N° du puits
C <sub>1</sub> -S <sub>1</sub>	P3, P7, P8
C <sub>2</sub> -S <sub>1</sub>	P4
C <sub>3</sub> -S <sub>1</sub>	P1,P2, P5, P6, P9, P10, P11 P12

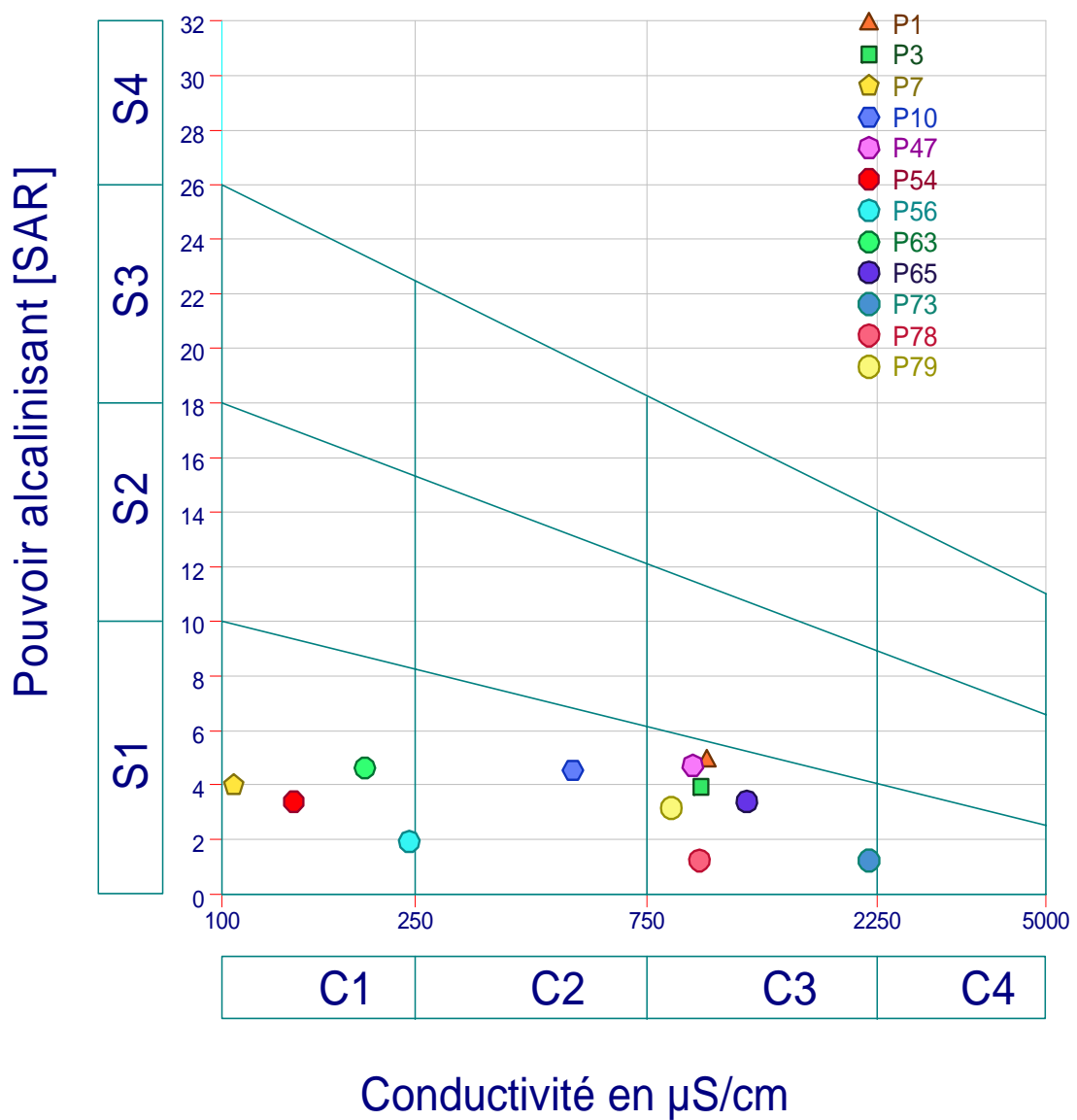


Fig. 34. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Wilcox.

**I.8. Conclusion :**

Cette étude nous a permis d'en déduire que les eaux souterraines de la région d'étude présentent des faciès chimiques différents. Le faciès dominant est le sulfaté sodique. La circulation de l'eau dans les fissures, et les failles influe sur sa composition chimique (lessivage).

Du point de vue qualité les eaux des puits de la plaine alluviale peuvent être classé en trois (03) classes :

- La première classe : représentant les eaux de bonne qualité, assez douce et faiblement minéralisée, situées au centre de la plaine de Azzaba.
- La deuxième classe: représentant les eaux de qualité médiocre, dure et moyennement minéralisée représenté par le puits P 12 (au Nord Est de la plaine)
- La troisième classe : représentant des eaux de mauvaise qualité, très dure, fortement à très fortement minéralisée regroupe les puits P1, P2, P3, P5, P9, P10, P11 (le long de l'Oued Fendek et sur les deux flancs Est et Ouest de l'Oued).

La contamination des eaux de cette classe est probablement due aux rejets dans l'Oued Fendek.

Les 4 puits (P4, P6, P7, P et P8) représentent le faciès sulfaté sodique.

Les sulfates peuvent provenir de l'oxydation du soufre ou par la dissolution du gypse ( $\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ ) ou par l'utilisation d'engrais chimique. Le sodium ( $\text{Na}^+$ ) provient des argiles.

Le diagramme de Wilcox montre que un tiers des eaux de la région étudiée présentent une qualité bonne à excellente pour l'irrigation, et que les deux tiers sont admissibles pour l'irrigation.

**II- CHIMIE DES EAUX DE SURFACE:**

L'étude chimique des eaux de surface, nous permet de connaître leur composition chimique. Pour cela des résultats d'analyses sur sept points de prélèvement dans le réseau hydrographique de la région d'étude ont été exploités.

La désignation des points de prélèvement est comme suit (Fig.N°35)

- 1-Oued Zebda (amont).
- 2- Lac de décantation n°1.
- 3-Lac de décantation n°2.
- 4-Oued Fendek (amont).
- 5-Oued Fendek (aval 1).
- 6-Oued Fendek (aval 2)
- 7- Station de Ain Charchar.

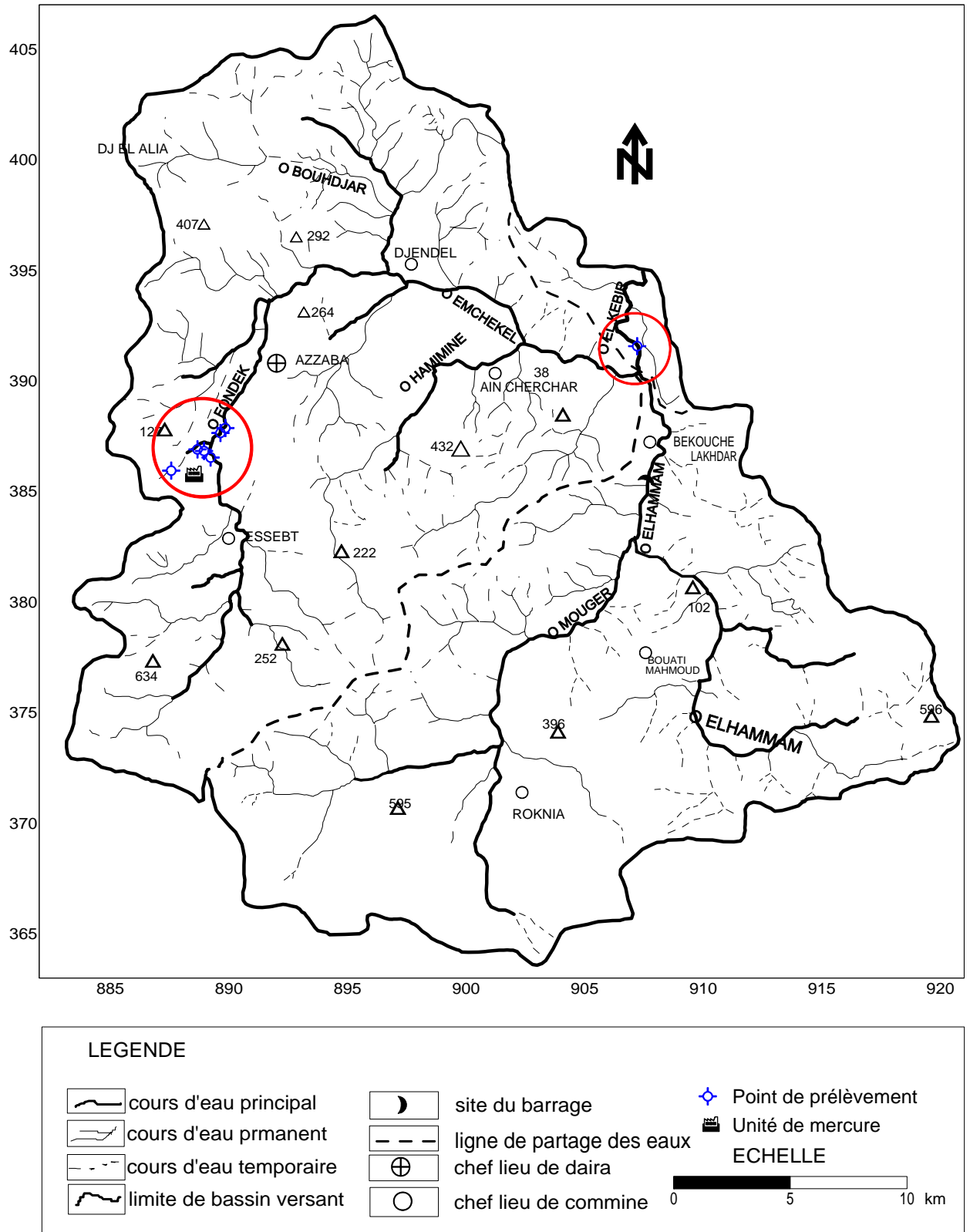


Fig.35. Carte de points de prélèvements des eaux de surface.

## II.2- Formules ionique et faciès chimiques :

Les faciès chimiques des eaux de surface prélevées dans le réseau hydrographique de la région de AZZABA et celles de la station de Ain Charchar sont consignés dans le tableau N°37.

**Tableau.37. Formule ionique et faciès chimiques des eaux de surface**

N°	Désignation	Formule ionique des eaux de surface	Faciès chimique
1	OZA	$rCl^{-}, rSO_4^{2-}, rHCO_3^{-}, rMg^{2+}, rCa^{2+}, rNa^{+}, rK^{+}$	Chlorure magnésium
2	L1	$rSO_4^{2-}, rCl^{-}, rHCO_3^{-}, rCa^{2+}, rMg^{2+}, rNa^{+}, rK^{+}$	Sulfaté calcique
3	L2	$rSO_4^{2-}, rCl^{-}, rHCO_3^{-}, rCa^{2+}, rMg^{2+}, rNa^{+}, rK^{+}$	Sulfaté calcique
4	OFA	$rCl^{-}, rSO_4^{2-}, rHCO_3^{-}, rCa^{2+}, rMg^{2+}, rNa^{+}, rK^{+}$	Chlorure calcique
5	OFav2	$rCl^{-}, rSO_4^{2-}, rHCO_3^{-}, rCa^{2+}, rMg^{2+}, rNa^{+}, rK^{+}$	Chlorure calcique
6	OFav1	$rCl^{-}, rSO_4^{2-}, rHCO_3^{-}, rCa^{2+}, rNa^{+}, rMg^{2+}, rK^{+}$	Chloruré calcique
7	St ACh	$rCl^{-}, rSO_4^{2-}, rHCO_3^{-}, rCa^{2+}, rNa^{+}, rMg^{2+}, rK^{+}$	Chloruré calcique

Les eaux de surface de notre région d'étude montrent les ensembles faciaux suivant :

- chloruré magnésium
- chloruré calcique
- sulfaté calcique

## II.3- Représentation graphique :

### 3.1. Diagramme de STIFF :

Ce diagramme présente les analyses de façon différente :

Les cations présentés à gauche de l'axe vertical sont les ions  $Na^{+}, K^{+}$ , et  $Ca^{++}, Mg^{++}$  et le fer ( $Fe^{+2}$ ).

Les anions présentés à droite de l'axe sont les ions  $Cl^{-}, HCO_3^{-}, SO_4^{2-}$  et le bicarbonate ( $CO_3^{2-}$ ). L'axe horizontal exprime les concentrations en méq/l.

Eaux de Surface

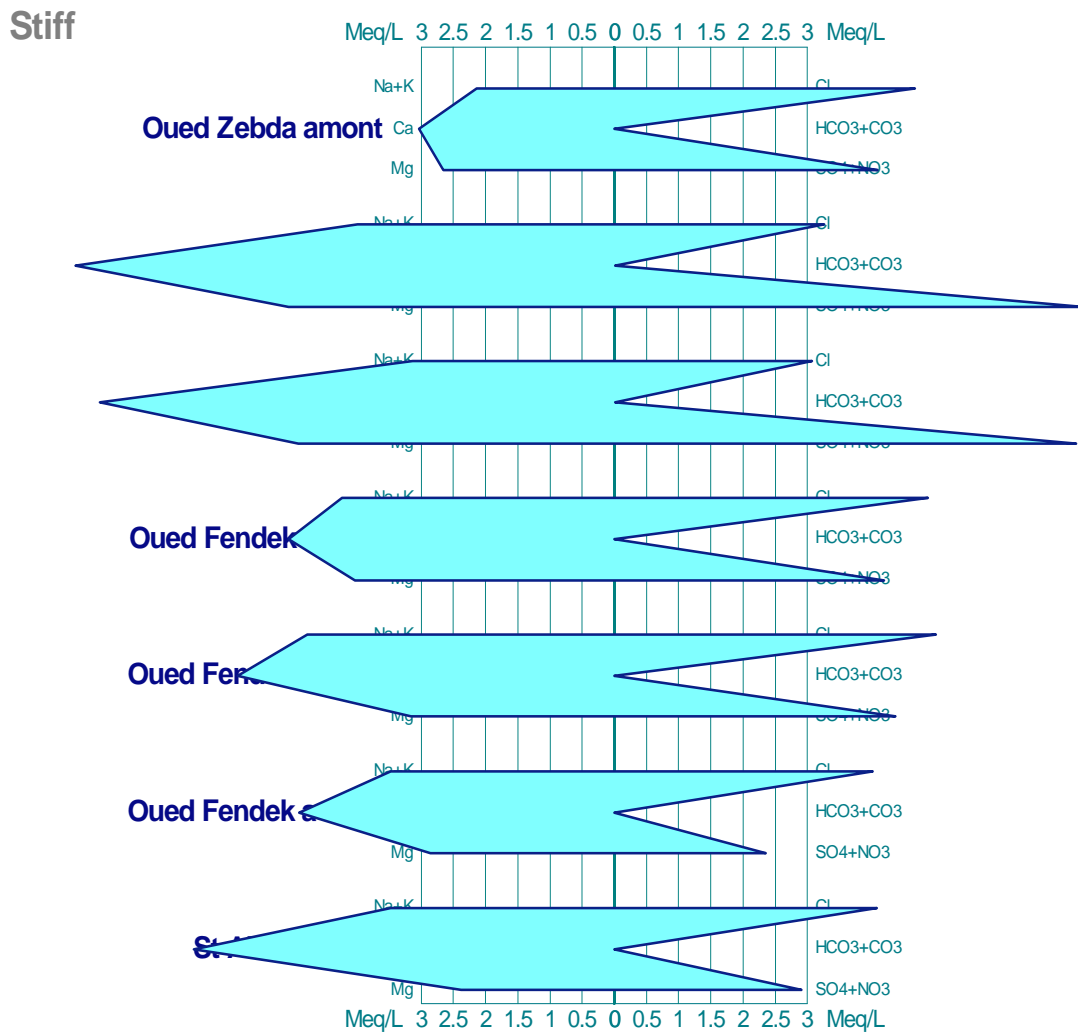


Fig.36. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Stiff

**II.4- Diagramme de WILCOX :** (Aptitude des eaux à l'irrigation)

Le S.A.R (sodium absorption ration) est donné par la formule suivante :

$$S.A.R = \frac{Na}{\sqrt{Ca + Mg/2}} \quad Na^+, Mg^{++}, \text{ et } Ca^{++} \text{ sont exprimés en méq/l.}$$

Les valeurs du S.A.R sont réparties en combinaison avec la conductivité électrique de l'eau, elle permet une estimation de la minéralisation des eaux, cette dernière est exprimée ( $\mu s / cm$ ).

**Tableau 38. Classification des eaux par leur degré d'aptitude a l'irrigation par la méthode du S.A.R**

Degré	Qualité	Classe	Etat d'utilisation
1 <sup>ère</sup>	Excellent	C1-S1	Eau, utilisation sans danger pour l'irrigation de la plupart des sols
2 <sup>ème</sup>	Bonne	C2-S1 C2-S2	En générale, eau pouvant être utilisées sans contrôle particulière pour l'irrigation de plantes moyennement tolérantes en sels.
3 <sup>ème</sup>	Admissible	C3-S1 C4-S2 C3-S3	En générale, eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes au sel, sur des sols bien drainé, l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.
4 <sup>ème</sup>	Médiocre	C4-S1 C4-S2 C4-S3	En générale eau fortement minéralisé pouvant convenir à irrigation de certaine espèce bien tolérante en sel sur des sols bien drainés et lessives.
5 <sup>ème</sup>	Mauvaise	C4-S1 C4-S2 C3-S3	Eau ne convenant pas à l'irrigation mais pouvant être sous certaines conditions, sols très perméables.

L'observation du digramme de Wilcox fait ressortir les classes suivantes :

- C3-S1 : cette classe représente une eau convenant à l'irrigation de culture tolérante en sel sur des sols bien drainés, l'évolution de la salinité doit cependant être contrôlé (représentant 87.5%).
- C4.S1 cette classe représente en général une eau fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces bien tolérantes en sel et sur des sols bien drainés et lessivés (représentant 12.5%).

**II.5- Le risque de la salinité:**

Si l'eau d'irrigation est chargée le sodium Na, le nombre d'ions Na<sup>+</sup> combine avec le sol augmente, provoquant une dégradation de la structure avec un gonflement des argiles ce qui rend le milieu imperméable et cette dernière influe directement sur le développement des plantes et le rend très faible ou nul.

Pour estimer les valeurs du Na % en eau d'irrigation, on utilise la formule de WILCOX.

$$Na\% = \frac{Na^{+} \times 100}{Ca^{++} + Mg^{++} + Na^{+} + K^{+}}$$

Les concentrations sont exprimées en méq /l

Le report du pourcentage de sodium (Na %) et de la concentration électrique sur le diagramme de Wilcox, nous permet de déterminer le risque de salinité des eaux dans la zone d'étude.

D'après le résultat du diagramme de Wilcox 85 % sont des eaux admissible, et représente l'oued Fendek Amont, et l'oued Fendek centre, 15 % sont des eaux de qualité Médiocre, sont représentées par le Lac de décantation N° 2 (servant de lac pour les eaux de refroidissement du processus)

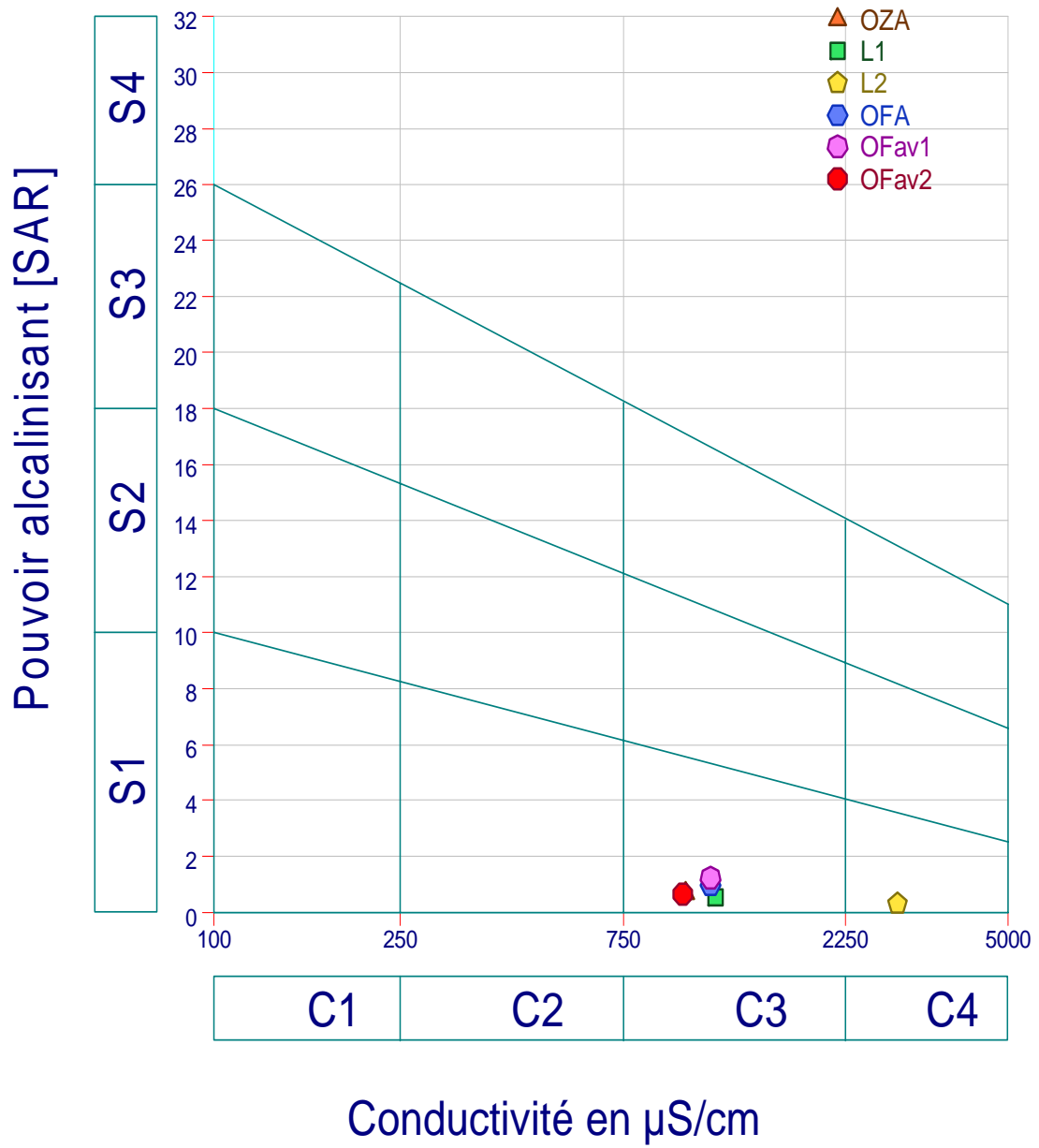


Fig .37. Représentation graphique des faciès chimiques sur le diagramme de Wilcox

## II.6-Indice de perméabilité (Ip) :

D'après Donen 1961, l'indice de perméabilité et un critère de classification des eaux d'irrigation selon des normes bien déterminées (voir Tableau 39) :

La qualité de sodium  $Na^+$ , et la concentration en bicarbonate  $HCO_3^-$  combinées avec la concentration totale de l'eau donnent ce qu'on appelle: Indice de perméabilité.

$$Ip \% = \frac{(Na^+ + \sqrt{HCO_3^-}) \times 100}{Ca^{++} + Mg^{++} + Na^+}$$

Les concentrations des éléments sont exprimées en méq/l

**Tableau 39. Classification des eaux de surface destinées à l'irrigation d'après Donen 1961.**

Critère	Normes	Nombre d'échantillons	Classe
	$0 < Ip < 20$	3	Excellente
Ip%	$20 < Ip < 40$	3	Bonne
	$40 < Ip < 60$	0	Admissible
	$60 < Ip < 80$	0	douteuse

On peut dire que les eaux de surface de notre zone d'étude sont à caractère agricole

## II.7- Conclusion:

L'étude hydrochimique des eaux de surface nous a permis d'identifier les différents faciès d'où elle permet d'attribuer les faciès chloruré- calcique, sulfaté calcique, et chloruré-magnésien. D'autre part cette étude nous a montrée que globalement les cours d'eau du bassin versant présentent une qualité relativement bien préservée bonnes pour l'irrigation.

L'étude de la qualité et de potabilité nous a permis de dire que ces eaux qui sont destinées à la consommation humaine, on été classé du point de vue qualité en 02 classes, la première représente les eaux admissible, la deuxième de qualité médiocre.

Les minéraux carbonatés sont par endroits en sursaturation et par endroit en sous saturation, notamment pour la dolomie et la calcite, en fonction du faciès chimique spécifique pour chaque cas de figure.

Concernant les minéraux ferreux, la sidérite ( $Fe CO_3$ ) est en équilibre, la mélantérite ( $FeSO_4, 7H_2O$ ) est en sous saturation permettant ainsi une dissolution et un enrichissement des eaux en fer et en sulfates.

L'hydroxyde de fer  $Fe(OH)_3$ , la Goethite ( $FeO(OH)$ ) et l'hématite ( $Fe_2O_3$ ) sont en sursaturation dans tous les points analysés, permettant ainsi une sédimentation surtout sous forme d'hématite

**CONCLUSION:**

L'étude et l'interprétation des données hydro chimiques des eaux souterraines et des eaux des surfaces nous ont permis d'identifier les faciès chimique

Pour les eaux souterraines, ces faciès sont le sulfaté calcique, en relation avec les roches réservoirs argilo-gréseuses

Pour les eaux souterraines l'interprétation des cartes de l'évolution des paramètres nous a montré que les eaux des puits avoisinant l'usine présentent de forte teneur, en conductivité électrique.

Concernant les eaux de surfaces le faciès chimique dominant est le chloruré calcique (50%), et représentant ainsi la pollution des eaux superficielles.

L'interprétation des cartes de l'évolution de la conductivité électrique et des chlorures nous montre que ces deux paramètres dépassent dans pratiquement tous les points de prélèvements les normes admissible (en relation avec le faciès dominant le chloruré calcique).

Le diagramme de WILCOX a montré pour les eaux de surface de la région d'étude représentent 85% d'une eau convenant à l'irrigation, et 15% d'une eau ne convenant pas à l'irrigation mais pouvant être sous certaines conditions.

Les méthodes de l'indice de perméabilité montre que les eaux des surfaces de notre zone d'étude sont bonnes à excellentes pour l'irrigation.

# CHAPITRE VI

## EVALUATION DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN VERSANT

### **Introduction :**

La planification à l'exploitation de l'eau repose sur l'évaluation de la réserve (potentiel) qui est la quantité ou le volume, d'eau gravitaire contenue, à une date donnée ou stockée au cours d'une période moyenne annuelle, dans un système hydrologique, évaluée en unité de volume. Et de la ressource qui est la quantité ou le volume, d'eau pouvant être extrait d'un domaine circonscrit pendant une période donnée, exprimée en terme de débit moyen.

Pour avoir une idée sur les ressources en eau dans le bassin versant de l'oued Kébir ouest, il faut quantifier tous les apports hydriques superficiels (barrage, retenues collinaires et oueds) et souterrains (nappes libres et profondes) dans le but d'une gestion plus rationnelle.

## I. Situation des ressources en eau :

Bien que doté d'une situation géographique favorable, à l'extrême nord-est de l'Algérie, le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest reste une zone à climat essentiellement semi-aride dans la majeure partie de son territoire.

Le régime des précipitations est caractérisé par une grande variabilité temporelle et spatiale. Ce régime varie d'une région à l'autre tout en restant dominé par une forte irrégularité dans le temps inter et intra-annuelle. L'alternance d'épisodes de sécheresse et de forte hydraulicité est un caractère de plus en plus marquant des régimes climatiques et hydrologiques du pays.

Les précipitations moyennes annuelles varient de 500 à 700 mm, et se répartie comme suit :

- Supérieure à 700 mm à la station de Ain Charchar.
- De 680mm à la station de Bouati Mahmoud.
- De 600 mm à la station de Azzaba.
- Inférieur à 550 mm à la station de de Bekouche Lakhdar.

### I.1-Les apports pluviométriques :

Les apports pluviométriques sont ainsi inégalement répartis sur le territoire du bassin. Les apports pluviométriques en m<sup>3</sup>/an, d'une année moyenne, sont calculés à partir de pluviométrie moyenne estimée dans chaque station et la superficie contrôlée par chacune d'entre eux.

$$Q = P_i \cdot 1000 \cdot A_i$$

Avec :

Q : Apport pluviométrique en m<sup>3</sup>/an ;

P<sub>i</sub> : Pluviométrie moyenne de la station i en mm,

A<sub>i</sub> : Superficie du polygone contrôlé par la station i en Km<sup>2</sup>.

Les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant :

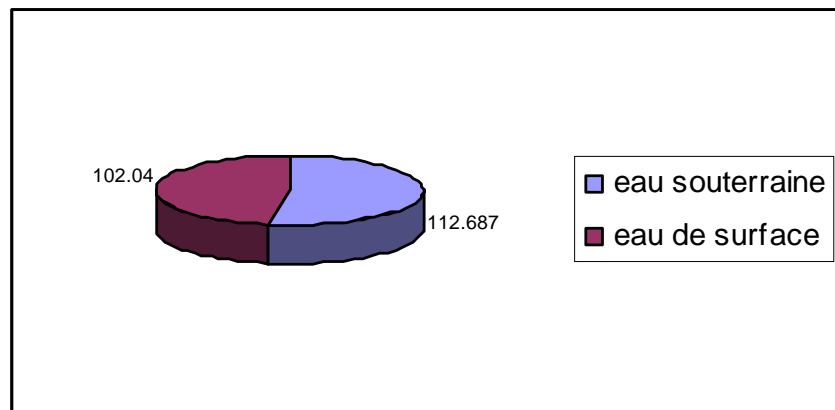
**Tableau 40 : Répartition des apports pluviométriques annuels moyens**

Station	Pluviométrie Moyenne P <sub>i</sub> (mm)	Superficie A <sub>i</sub> (km <sup>2</sup> )	Apports pluviométriques Q (Hm <sup>3</sup> /an)
<b>Azzaba</b>	602.02	449.60	270.668
<b>Ain charchar</b>	701.67	110.20	77.324
<b>Bekouche lakhdar</b>	540.42	150.15	81.144
<b>Bouati mahmoud</b>	684.74	420.31	287.803
<b>Ensemble du bassin versant</b>			<b>716.939</b>

Dans ce contexte climatique, globalement les apports pluviométriques sur l'ensemble du territoire sont estimés à près de 717 millions de m<sup>3</sup> par an,

### I.2- Les ressources naturelles renouvelables :

Sur ces apports pluviométriques, la pluie utile ou ressources renouvelables ne constitue que 214.727 millions de m<sup>3</sup>, soit près de 30% de ces apports, qui représentent les écoulements d'eau de surface et souterraine. Les ressources en eau de surface renouvelables sont estimées à près de 102.04 millions de m<sup>3</sup> par an et celles en eau souterraine est estimée à 112.687 millions de m<sup>3</sup> par an. Ces apports sont estimés à partir des résultats des ruissellements calculés par la méthode de TIXERON.BERKALOFF et ROMANTCHOUK, et de l'infiltration tirée du bilan  $P=ETR+R+I$ .



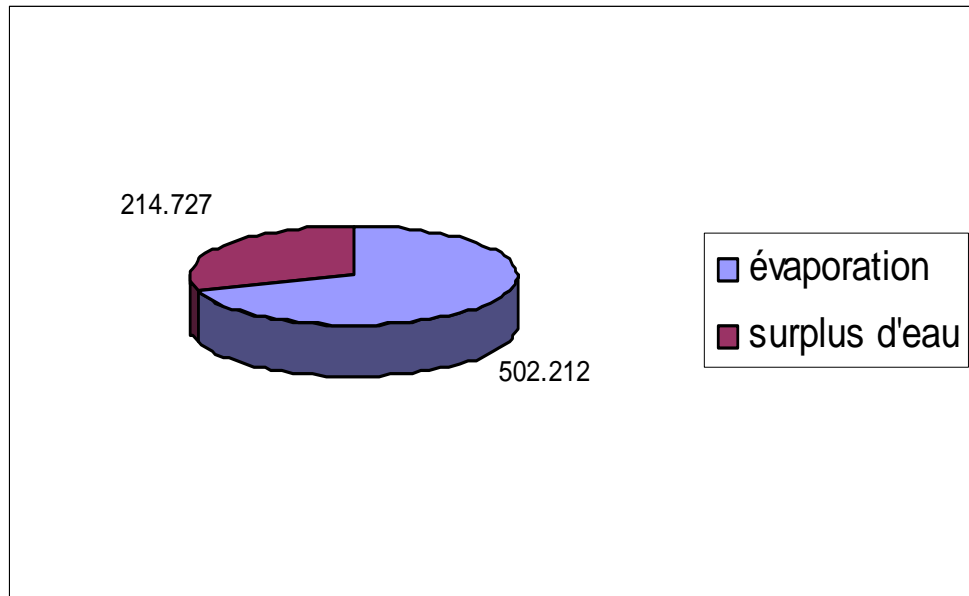
**Fig. 38. Répartition des ressources en eau en Hm<sup>3</sup> dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.**

### I.3- Le bilan des apports

L'efficacité des précipitations est réduite par le rôle inhibiteur de l'évapotranspiration.

Celle-ci représente une lame d'eau de 315.51 mm avec un maximum de. La sollicitation climatique évaporatoire représente 70.01 % de l'apport brut (443.49 contre 633.46 mm), soit 502.212 Hm<sup>3</sup>. Le bilan climatique est globalement excédentaire :

- en année moyenne, sur un apport total 716.939 Hm<sup>3</sup>, le surplus hydrologique représente 214.727 Hm<sup>3</sup> (soit, 189.98 mm).



**Fig 39. Bilan des apports en eau en Hm<sup>3</sup> dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest**

Cependant, les chiffres ci-dessus énoncés ne sont que des résultats de calcul à partir d'un schéma conceptuel moyen. En réalité, les phénomènes de ruissellement peuvent être plus importants tant en intensité qu'en durée, compte tenu de la physionomie des précipitations.

Les surplus ainsi dégagés, aussi bien en année faste que déficitaire, sont en mesure de satisfaire totalement ou en partie les besoins en eau actuelles dans le bassin.

Cependant, leur étalement sur toute l'année conduit, en raison de la concentration de l'écoulement sur deux ou trois mois, à une pénurie structurelle que seul un stockage des eaux de ruissellement peut résorber.

En effet, subdiviser les ressources en eau renouvelables en ressources en eau de surface et ressources en eau souterraine n'a qu'une signification théorique si on assimile respectivement les unes et les autres aux deux composantes de l'écoulement total. En outre, la distinction peut se référer à la séparation conceptuelle entre les eaux de surface et les eaux souterraines faite :

- soit au niveau des apports (ruissellement, infiltration alimentant les nappes souterraines),
- soit au niveau des écoulements sortants (composantes présumés : écoulement superficiel, écoulement souterrain, sous écoulement) ; A. ERHARD-CASSEGRAIN et J. MARGAT (1979);

**Tableau 41. Bilan d'eau naturelle du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.**

	Apport (flux entrant) Hm <sup>3</sup>	Écoulement (flux sortant) Hm <sup>3</sup>	Solde (stock)
Eaux superficielles	Ruissellement 102,040	Écoulement superficiel 28,470	73,569
Eaux souterraines	Infiltration 112,687	Écoulement souterrain 88.508	15.00
		Sous écoulement 9,180	
Ressources totales	214,727	126,158	88,569

Le flux superficiel sortant au niveau de l'exutoire vers le bassin du Kebir Magrone, estimé précédemment dans le chapitre IV à partir d'une série de quatorze ans (1985-86 / 1998-99) des mesures hydrométriques à la station de Ain Charchar, est de 116.978 Hm<sup>3</sup>.

En ce qui concerne les flux d'eau souterraine, sachant que le principal réservoir se trouve partagé entre le bassin en question et le bassin de Kebir Magroune, on parle de la nappe de sable et de gravier de Kebir Ouest, on dispose que des données sur la répartition de potentiel en eau par commune, comme indique le tableau suivant :

**Tableau 42 .Répartition par communes des ressources en eau souterraine :**

Commune	Potentiel en eau souterraine Hm <sup>3</sup> /an
Azzaba	7.474
Ain Charchar	1.687
Essebt	1.166
Djendel	1.324
Bekouche Lakhdar	2.901
Roknia	0.241
Bouati Mahmoud	0.207
Total	<b>15.00</b>

Source : DHW.

On additionne les ressources en eau par commune, en obtiendra un volume total des eaux souterraine de l'ordre de 15 Hm<sup>3</sup>.

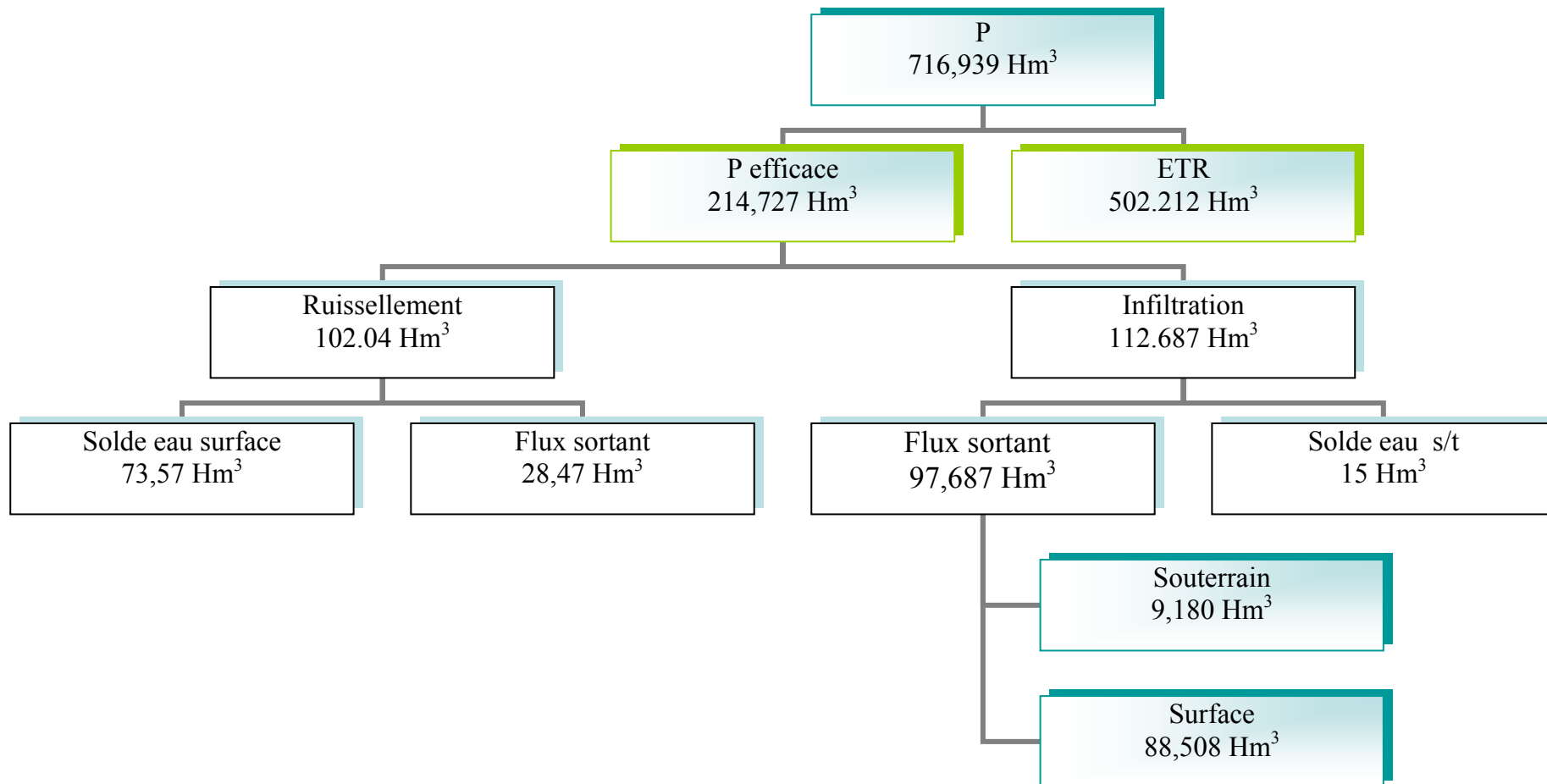


Fig. 40. Schéma du bilan d'eau naturelle du bassin versant de l'Oued El- Kebir Ouest.

## **II. Mobilisation des ressources en eau**

### **II.1- Eau superficiel :**

#### **1.1-Le barrage de ZITEMBA :**

Ouvrage hydraulique d'importance situé sur le territoire de la commune de Bekkouche Lakhdar, dans la daïra de Ben Azzouz, sa capacité totale est de 120 hm<sup>3</sup>. Il est destiné à l'alimentation en eau potable de la commune d'Azzaba, mais aussi et surtout à l'irrigation d'un périmètre de 6 500 ha situé sur la plaine de Ben Azzouz. La sécheresse qui a sévi a incité les autorités de procéder à une adduction et la pose d'une canalisation sur une distance de 56 km pour doter le barrage de Zerdezas d'une quantité de 9.5 Hm<sup>3</sup>, a fin de l'alimentation de la ville de Skikda.

Le barrage régularise 43.4 Hm<sup>3</sup> annuellement.

Tableau 43 .Situation mensuelle du barrage Zit Emba (Du 01/09/2004 au 31/08/2005)

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Tot mm
Réserve au début du mois, RDM (hm <sup>3</sup> )	110.12	108.11	105.38	116.84	120.75	120.08	118.57	117.33	117.17	115.85	111.22	107.73	
Réserve à la fin du mois, RFM (hm <sup>3</sup> )	108.11	105.3	116.84	120.75	120.08	117.99	117.41	117.17	115.94	111.46	107.81	105.60	
RFM- RDM	-2.013	-2.735	11.46	3.915	-0.673	-2.086	-1.16	-0.165	-1.23	-4.398	-3.415	-2.125	
Apport mensuel (hm <sup>3</sup> )	0.899	0.384	26.834	25.171	34.582	59.108	43.262	25.336	2.795	0.29	0.491	0.419	219.571
Taux de remplissage (%)	90.09	87.81	100.21	103.57	102.99	101.20	100.71	100.49	99.44	95.6	92.47	90.58	
Pluviométrie (mm)	76.3	10.1	223.8	105.8	112.7	150	91.9	100.8	4	3	0	9.1	887.5

Source : DHW. Skikda

\* La réserve à la côte normale du barrage ZIT EMBA est de 116.590 Hm<sup>3</sup> depuis le mois de Novembre au lieu de 120 Hm<sup>3</sup>

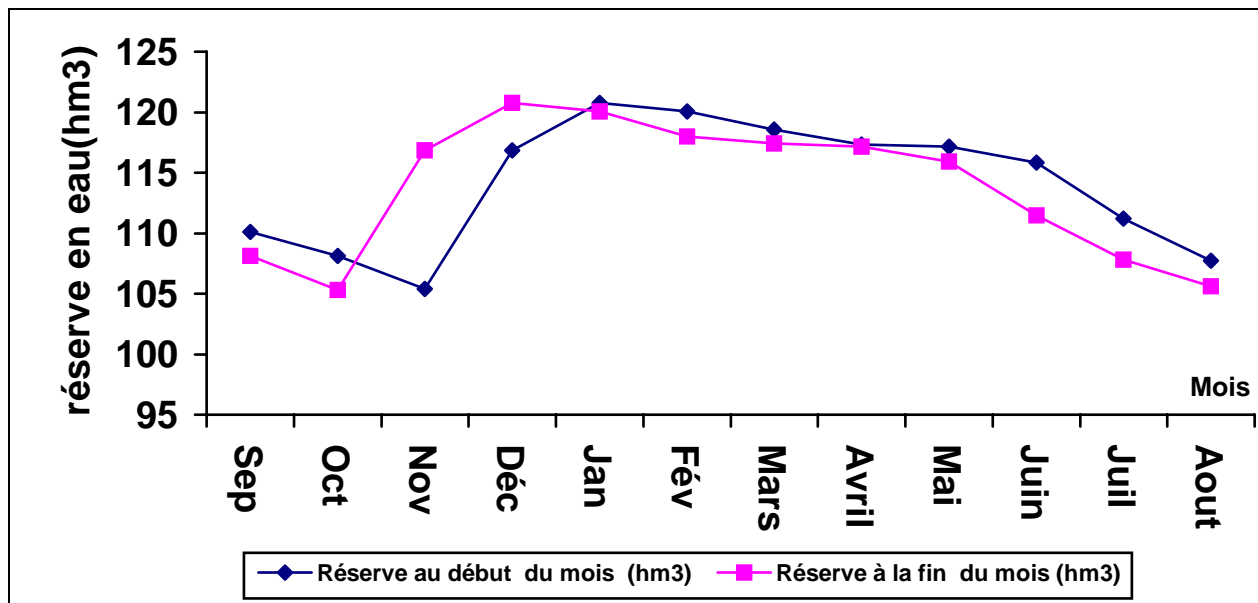


Fig. 41. Courbe de variation mensuelle des réserves en eau (hm<sup>3</sup>). (Année2004/2005)

A partir de mois d’octobre jusqu’à janvier la réserve à la fin du mois est supérieure par rapport au début, ce qu’il indique que les apports entrants excédents les apports sortants, le contraire est remarqué pendant le reste de l’année.

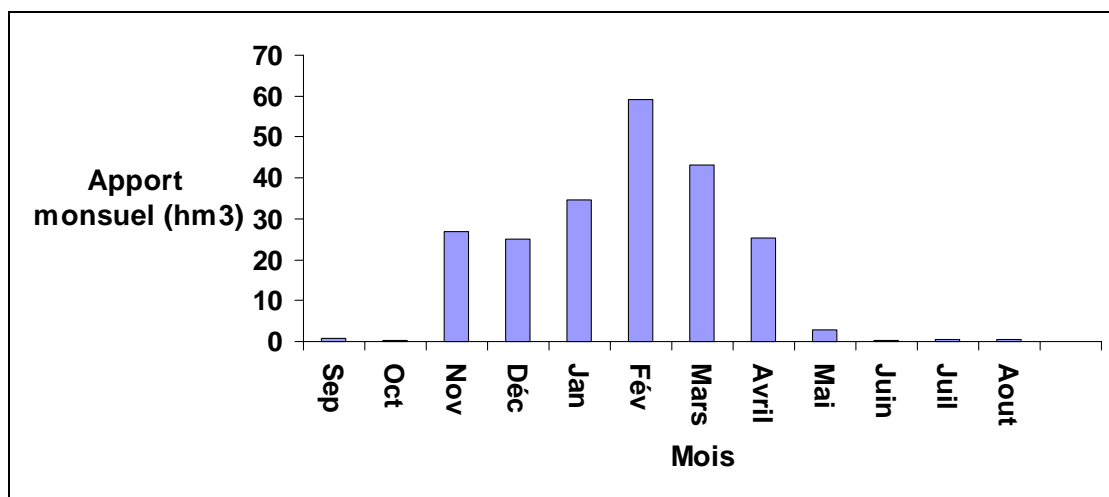


Fig.42. Apport mensuel en eau (hm<sup>3</sup>) en 2004 /2005

**1.2-Les retenues collinaires :**

Les retenues collinaires dans le bassin versant de Kebir Ouest, sont destinées essentiellement à l'irrigation des moyens et petits périmètres et l'abreuvement des cheptels, elles sont au nombre de 10 depuis les années 80 mobilisant un volume total approximative de 425000 mètres cube par an d'eau de surface.

Vers la fin des années 90, seulement quelques retenues ont resté en bon état avec des capacités qui peuvent atteindre 50000 mètres cube par an, donnant un volume de 165000 m<sup>3</sup>/an. Tendis que les autres sont en moyen et mauvais état.

**Tableau 44. Inventaire des retenus collinaires dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest**

Wilaya	Commune	Dénomination	Capacité m <sup>3</sup>	Etat des ouvrages	Désination
Guelma	Bouati .M	Sbissa	25000	Moyen	Irrigation
Guelma	Bouati .M	Miechoum	25000	Mauvais	
Guelma	Hammam Debegh	Rihana 1	60000	Mauvais	
Guelma	Roknia	Rihana 2	70000	Moyen	
Skikda	Ain Charchar	Zaidi 1	40000	Moyen	
Skikda	Ain Charchar	Zaidi 2	40000	Bon	
Skikda	Ain Charchar	Zaidi 3	35000	Bon	
Skikda	Ain Charchar	Litim 1	40000	Bon	
Skikda	Ain Charchar	Litim 2	50000	Bon	
Skikda	Ain Charchar	Kheroufi	40000	Mauvais	
Total			425000		

Source : DHW ( Guelma, Skikda).

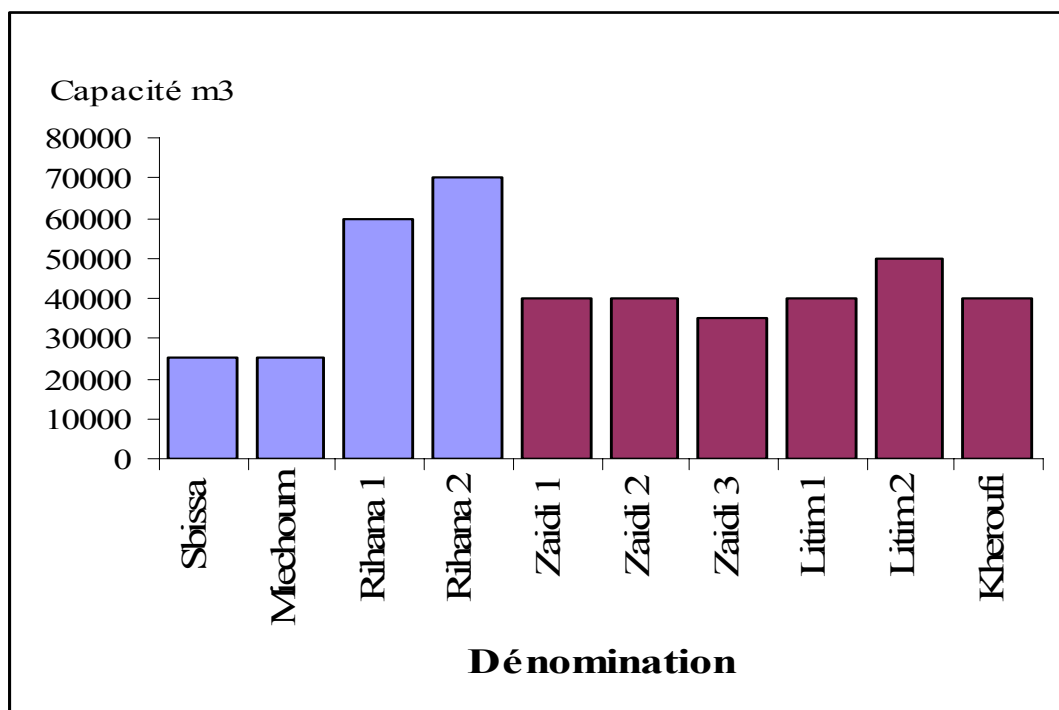


Fig.43. La capacité des retenues collinaires (m<sup>3</sup>)

Des études sont en projet pour l'inventaire des sites potentiels pour des retenues collinaires,

Tableau 45. Inventaire des sites potentiels pour des retenues collinaires

Nom du site	Commune	Superficie BV. km2	Apport (hm3)	Capacité (hm3)
MAHARIA	BOUATI. MAHMOUD	10.35	0.825	0.7
MESSILA	ROKNIA	9.5	0.57	0.25
OUED ROKNIA	ROKNIA	11.2	0.72	0.3
H.BOU DJIM	BOUATI. MAHMOUD	8.7	0.52	0.2
Total				1.45

### 1.3- les prise d'eau des Oueds :

Sur le réseau hydrographique du bassin on relève 120 prises d'eau destinée à l'irrigation totalisent un volume moyen annuel de 14 Hm<sup>3</sup>.

### 1.4 -Les sources :

Deux sources sont captées, assurant l'alimentation en eau potable de la commune de Azzaba, avec un débit de 25 l/s, le volume moyen annuel est de 0.788 Hm<sup>3</sup>.

Au total de 73.57 Hm<sup>3</sup>, le volume mobilisé par le barrage est les retenues collinaires existant dans le bassin, est de l'ordre de 58.613 Hm<sup>3</sup>, soit 79.67 %.

## **II.2-Ressources souterraines :**

La connaissance d'un aquifère exploitable et de son potentiel repose sur l'étude de tous ses paramètres (transfert de masse, transmissivité, fonction capacitive, perméabilité...).

Les réserves souterraines dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest estimées de 15 Hm<sup>3</sup> proviennent essentiellement des différents ouvrages de captage localisés dans la plaine de Azzaba, captant les deux horizons aquifères existants dans la zone.

### **2- les forages :**

La majorité du potentiel hydrique souterrain est extraite par pompage à partir d'une batterie de forages implantée dans la plaine alluvionnaire de Azzaba.

Au mois de décembre 2006, on a dénombré 23 forages (bon et mauvais état), répartis sur les secteurs suivants :

- ✓ 21 forages destinés l'alimentation en eau potable ;
- ✓ 02 forages destinés l'alimentation en eau pour l'industrie ;

Leurs débits compris entre 2 et 10 l/s. mobilisent un volume total de 6.715 Hm<sup>3</sup>/an, dont un volume de (5.925 Hm<sup>3</sup>) m<sup>3</sup> est exploité par l'APC<sup>8</sup> et l'ADE<sup>9</sup> pour l'alimentation en eau potable.

Pour l'irrigation, dans le cadre du programme F.N.R.D.A<sup>10</sup> on a réalisé 143 (forage et puit) répartis sur les communes suivantes :

Ain charchar : 15

Djendel : 25

Es sebt : 60

Azzaba : 43

Ces forages et puits contribuent de 1 Hm<sup>3</sup> annuellement pour l'irrigation des terrains agricoles.

Sur un apport total de 15 Hm<sup>3</sup>, le volume d'eau mobilisé annuellement par les forages et puits existants dans le bassin, est de l'ordre de 7.715 Hm<sup>3</sup>, soit 51.43 %.

---

<sup>8</sup> Assemblée Populaire Communale.

<sup>9</sup> Algérienne Des Eaux.

<sup>10</sup> Fond National de Régulation pour le Développement Agricole.

**Tableau 46. Récapitulatif de mobilisation des ressources en eau dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest (2006).**

Mobilisation en (Hm <sup>3</sup> )		
Eau souterraine	Eau superficielle	Total
7.715	58.613	66.328

### III-Les prélèvements :

#### 3- Les prélèvements en eaux souterraines :

Une gestion équilibrée et équitable de la ressource en eau souterraine passe par une bonne connaissance des volumes prélevés par les différentes catégories d'usagers. Cette information est fournie ici pour l'année 2006.

Des volumes importants pour l'eau potable sont prélevés, notamment dans la nappe de la vallée de l'Oued Kebir Ouest. Dans le sous bassin de l'Oued El Hammam, peu de prélèvements sont recensés, car la nappe est difficilement accessible et peu productive. Les prélèvements pour l'AEP sont de 5.925 Hm<sup>3</sup>.

Les prélèvements agricoles sont eux essentiellement situés dans la nappe de la vallée de l'Oued Kebir Ouest, dans le cadre du projet P.N.D.A<sup>11</sup>, le nombre de puits et forages réalisés et réceptionnés est plus de 140 avec un volume annuel de 1 Hm<sup>3</sup>.

Quant à l'industrie, les prélèvements en eau souterraine sont estimés de 0.79 Hm<sup>3</sup>. Les prélèvements en eau souterraine tout usage confondu sont de l'ordre de 7.715 Hm<sup>3</sup>.

**Les principaux usages de l'eau souterraine sont :**

- **L'eau potable, 78.95 %**
- **L'agriculture, 11.76 %**
- **L'industrie, 9.29%**

<sup>11</sup> Plan National de Développement Agricole.

#### 4- Les prélèvements en eaux de surfaces :

L'usage principale de l'eau de surface sur le bassin de l'Oued Kebir Ouest est agricole avec des prélèvements qui atteints 19.513 Hm<sup>3</sup>. Seuls les prélèvements dans le barrage Zit Emba sont destinés à l'eau potable. L'eau du barrage assure également le complément indispensable de l'irrigation.

En 2006, les prélèvements mensuels d'alimentation en eau potable dans le barrage sont globalement stables, avec une variation de plus ou moins 0.1 de Hm<sup>3</sup> selon les mois, pour l'irrigation on ne prélève que durant la période estivale.

**Tableau 47. Prélèvements mensuels en eau du barrage de Zit Emba.**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
AEP <sup>12</sup>	1.003	0.867	0.906	0.96	1.013	0.984	1.019	1.018	0.98	0.555	0.982	0.961
AEA <sup>13</sup>						2.117	1.333		0.938	0.70		
Total	1.003	0.867	0.906	0.96	1.013	3.101	2.352	1.018	1.918	1.255	0.982	0.961

Annuellement, des prélèvements de 11.248 Hm<sup>3</sup> pour l'usage domestique, dont 9.5 Hm<sup>3</sup> transféré à l'extérieur du bassin versant à fin de combler les besoins de la ville de Skikda en AEP.

Les eaux du barrage contribuées également avec 5.088 Hm<sup>3</sup> à l'irrigation des terres agricoles, il est à noter que les prélèvements à usage agricole sont concentrés durant la période des basses eaux.

Pour l'irrigation des terres privées, 14 Hm<sup>3</sup> sont prélevés directement dans les cours d'eau à l'aide des motopompes.

Les eaux des deux sources qui sont de l'ordre de 0.788 Hm<sup>3</sup>, sont captées et sevrées à la population de la commune de Azzaba.

Les prélèvement en eau de surface sont de l'ordre 31.124 Hm<sup>3</sup>, dont 19.088 Hm<sup>3</sup> destinés à l'irrigation et 12.036 Hm<sup>3</sup> à l'AEP.

**Les principaux usages de l'eau de surface sont :**

- **L'agriculture, 61.33%**
- **L'eau potable, 38.67%**

<sup>12</sup> Alimentation en Eau Potable.

<sup>13</sup> Alimentation en Eau Agricole.

Le tableau suivant récapitule les prélèvements en eau dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest pour les principaux usagers.

**Tableau 48. Usagers de l'eau et type de prélèvement dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.**

Usagers de l'eau	Prélèvements			
	Eau souterraine (Hm <sup>3</sup> )	Eau superficielle (Hm <sup>3</sup> )	Total	
			(Hm <sup>3</sup> )	(%)
Agricole	1.000	19.088	20.088	51.72
Potable	5.925	12.036	17.961	46.24
Industriel	0.790	/	0.790	2.03
Total	7.715	31.124	38.839	100.00

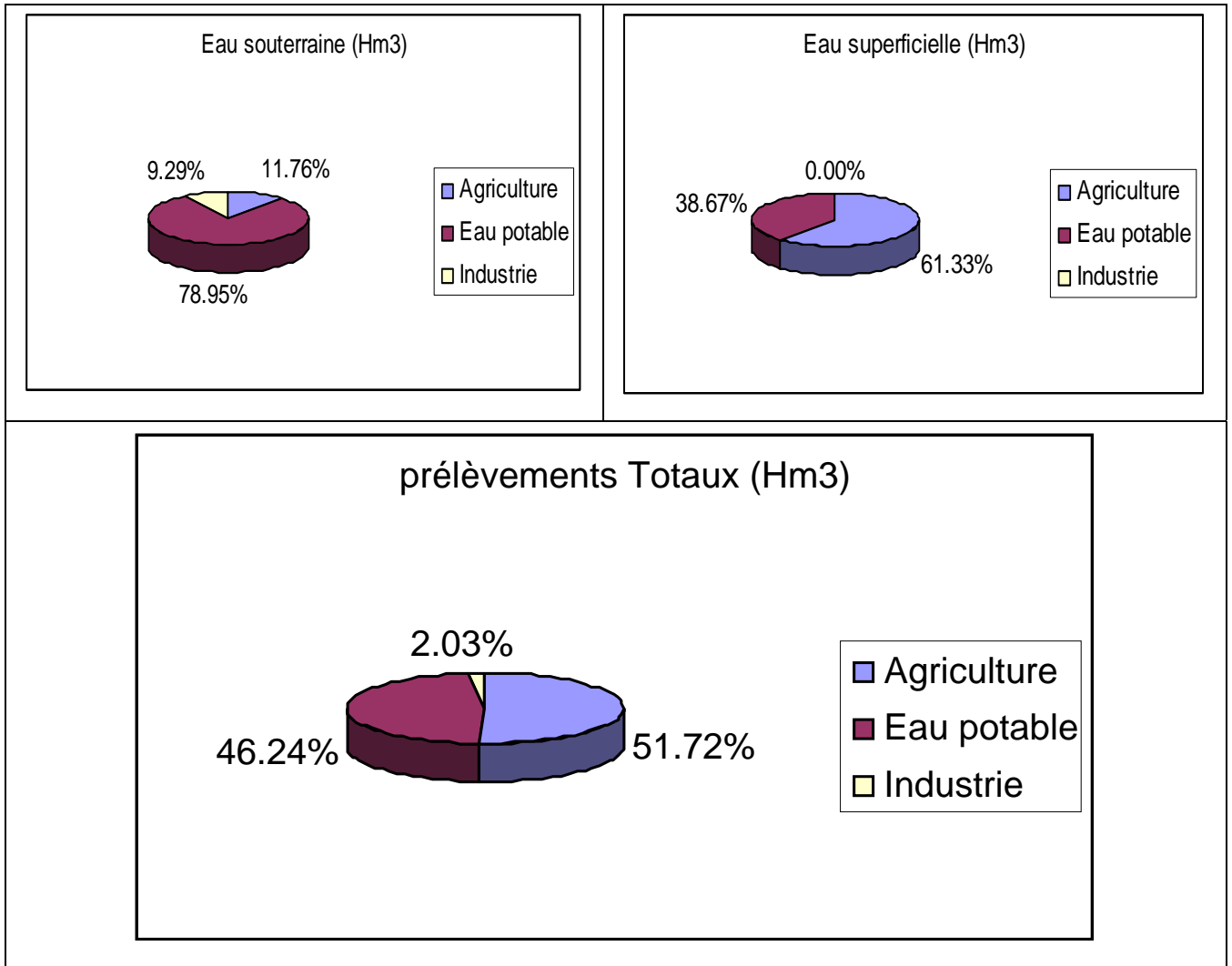


Fig. 44. Répartition des prélèvements par type d'eau et par usager.

**L'indice d'exploitation des ressources renouvelables :**

Cet indicateur mesure la pression relative des prélèvements annuels sur les ressources d'eau douce naturellement renouvelables conventionnelles (MARGAT J .VALLEE D 2000), donné par la formule suivante :

$$IER = \left( \frac{P}{R} \right) \times 100$$

Avec :

IER : Indice d'exploitation des ressources en eau renouvelables.

P : Somme des volumes des prélèvements annuels en eau naturelle renouvelable conventionnelle pour toutes utilisations, incluant les pertes lors du transport, en référence à une année spécifiée ; égale à 38.839 Hm<sup>3</sup>.

R : Volume du flux annuel moyen de ressources en eau naturelle renouvelable, égale à 214.727 Hm<sup>3</sup>.

D'ou **IER = 18.08** .

La valeur de l'IER comprise entre 10 et 20 indique la nécessité de renforcer les efforts de gestion des ressources et d'investissements dans le domaine de l'eau. Malgré que la pression sur les ressources est encore faible.

**CONCLUSION :**

Le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest reçoit, pour une année pluviométrique moyenne, un apport d'eau naturelle qui dépasse les 717 Hm<sup>3</sup>, plus de deux tiers absorbée par l'évapotranspiration, et seulement 214.727 retrouvée dans le bassin partagée entre ruissellement et infiltration.

Les ressources mobilisables en eau de surface sont de l'ordre de 73.57 Hm<sup>3</sup>, dont seule 58.613 sont mobilisées, soit 80% environ, et 31.124 Hm<sup>3</sup> réellement exploitées, qui correspondent à 42.31% du ressources mobilisables et 53.10% des eaux mobilisées.

9.5 Hm<sup>3</sup> sont transférées à partir du barrage de Zit Emba vers le bassin du Saf Saf a fin de combler la carence affectée le secteur de l'eau potable dans la ville de Skikda.

Quant aux eaux souterraines, 15 Hm<sup>3</sup> sont mobilisables, 7.715 Hm<sup>3</sup> mobilisées et exploitées, soit 51.43%

Les principaux usagers de l'eau de surface dans le bassin sont l'agriculture avec 61.33 % et l'AEP avec 38.67%, pour l'eau souterraine l'AEP par 78.95 %, l'agriculture 11.76 % et l'industrie par 11.76%. Ce qui donne au bassin leur vocation agricole ou les prélèvements dans les deux types d'eau atteignent les 51%.

L'indice d'exploitation des ressources naturelles renouvelable, égale à 18.45, indique qu'il n'y a pas encore des pressions sur la ressource en eau.

## **CHAPITRE VII BESOINS ET DEMANDES EN EAU DANS LE BASSIN VERSANT**

### **INTRODUCTION :**

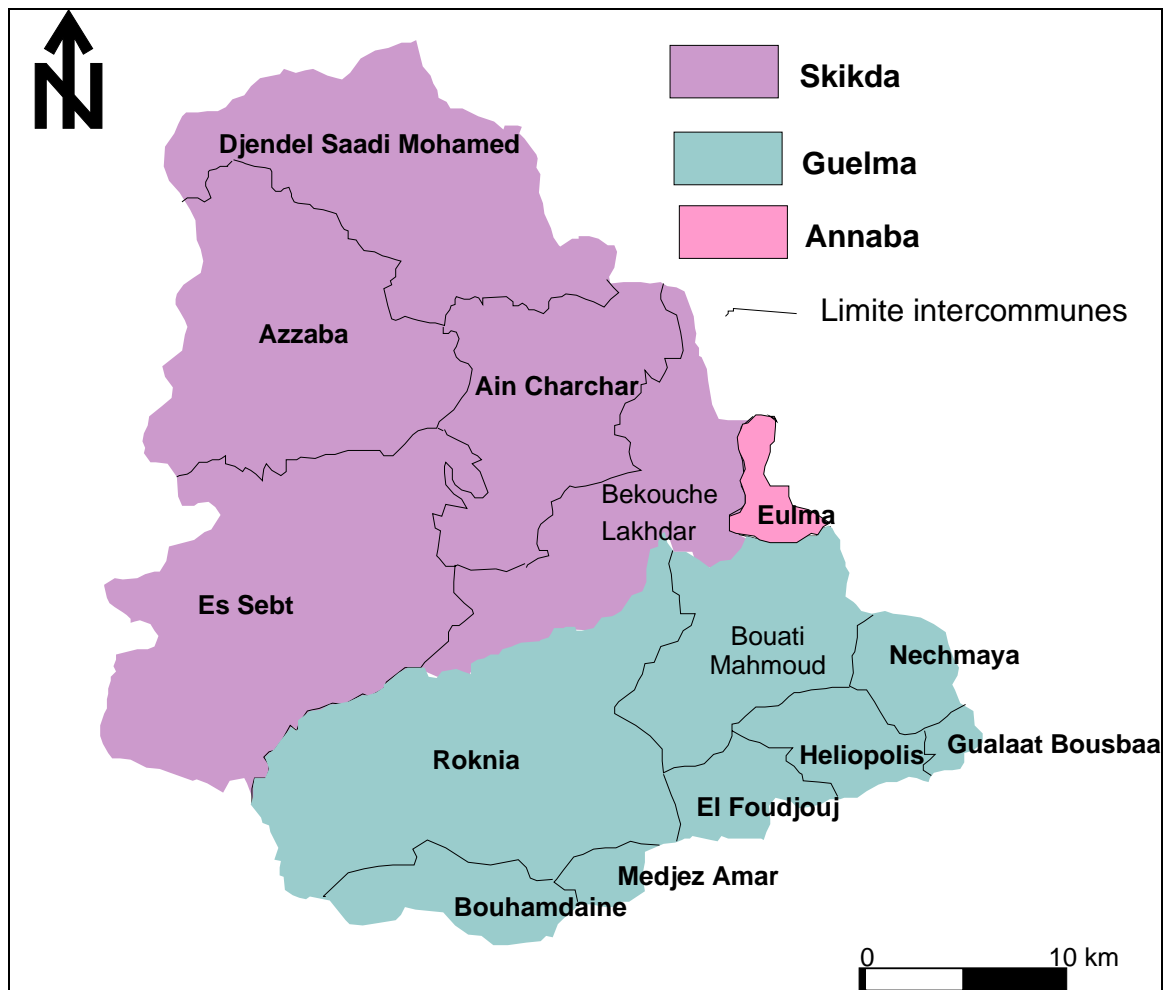
Les politiques nationales de l'eau accordent presque toujours une place prioritaire à la demande en eau de consommation domestique, mais en pratique, on la considère comme négligeable par rapport à la demande des autres secteurs, ce qui est un tort. S'il est vrai qu'en général l'usage domestique ne compte que pour 10 à 20 % de l'utilisation de l'eau dans le pays et que l'agriculture utilise environ 60 à 80 %, il y a plusieurs remarques à faire sur cette constatation.

Hydrologiquement, la quantité d'eau reçue par la pluviométrie ne varie pas. Ce qui peut varier c'est le ruissellement et l'infiltration. Ces variations sont fonction du mode d'occupation de l'espace, des activités économiques, des actions anthropiques et de l'incompréhension humaine du cycle hydrologique. De ce fait, avant toute confrontation entre les ressources disponibles et les besoins, ne faudrait-il pas tenir compte de la capacité de la société à s'adapter à des styles de vie qui prendraient en considération les conditions hydrologiques du milieu? Dès lors, le problème de l'eau ne devrait-il pas être perçu comme étant un dilemme anthropo-sociologique au lieu d'être réduit à un questionnement économique et technologique? En d'autres termes la question fondamentale n'est pas de savoir si la quantité d'eau disponible en Kébir Ouest sera suffisante pour satisfaire les différents besoins de la population, mais bien comment la société va se comporter par rapport aux ressources disponibles et comment la population, s'organisera-t-elle pour gérer rationnellement ses ressources en eau en ayant soin bien entendu de faire appel à la recherche scientifique pour développer et utiliser de nouvelles technologies (par exemple la ré-utilisation des eaux usées après traitement) ?

## I - ORGANISATION ADMINISTRATIVE

Sur le plan administratif, le bassin du Kébir Ouest à Ain Charchar s'étend principalement sur les deux wilayas, Skikda et Guelma, ( Fig.38 ).

Sur la Wilaya de Skikda, il regroupe la Commune de Djendel Saadi Mohamed, Azzaba, Es Sebt, Ain Charchar et Bekouche Lakhdar ; et dans la Wilaya de Guelma englobant la commune de Roknia, Bouati Mahmoud, El Foudjoug, Heliopolis, et partiellement Bouhamdaine, Medjez Amar, Gualaat Bousbaa et Nechmaya.



**Fig.45. Découpage administratif du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest à Ain Charchar (ABH csm, 1999)**

**II-USAGERS DE L'EAU DANS LE BASSIN :**

Un "Usager" est un utilisateur de l'eau (industriels, , agriculteurs, population).

**II.1- Population :**

L'étude démographique dans un bassin hydrographique pose un problème de zonage, car les données sont collectées dans la plupart des cas selon les limites administratives.

Le bassin du Kebir Ouest ne fait pas exception ; nous avons obtenu les données de population par communes, d'une part, de la direction de l'hydraulique (DHW) de Skikda et Guelma, et, d'autre part, de l'Office National de Statistique (ONS). Les communes retenues dans ce chapitre sont celles qui se situent dans les limites du bassin.

Si nous retenons la limite du bassin (voir Figure 1), seulement 7 communes sont prises en compte dans l'analyse : Azzaba, Djendel Saadi Mohamed, Es Sebt, Ain Charchar et Bekouche Lakhdar dans la wilaya de Skikda, Roknia et Bouati Mahmoud dans la wilaya de Guelma.

Les données de population des communes entre partiellement dans le territoire du bassin, ne sont pas prise en considération parce que la majorité de leurs surfaces se localise à l'extérieur de la limite du bassin.

Lors du recensement de 1998, la population dans le bassin s'est élevée à 119461 habitants dont 53998 en milieu urbain soit 45.2 %, 54.34 % de la population urbaine dénombrée à la commune de Azzaba, et 65463 en milieu rural soit 54.8 % (Tableau 37).

**Tableau 49. Evolution de la population par commune dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest**

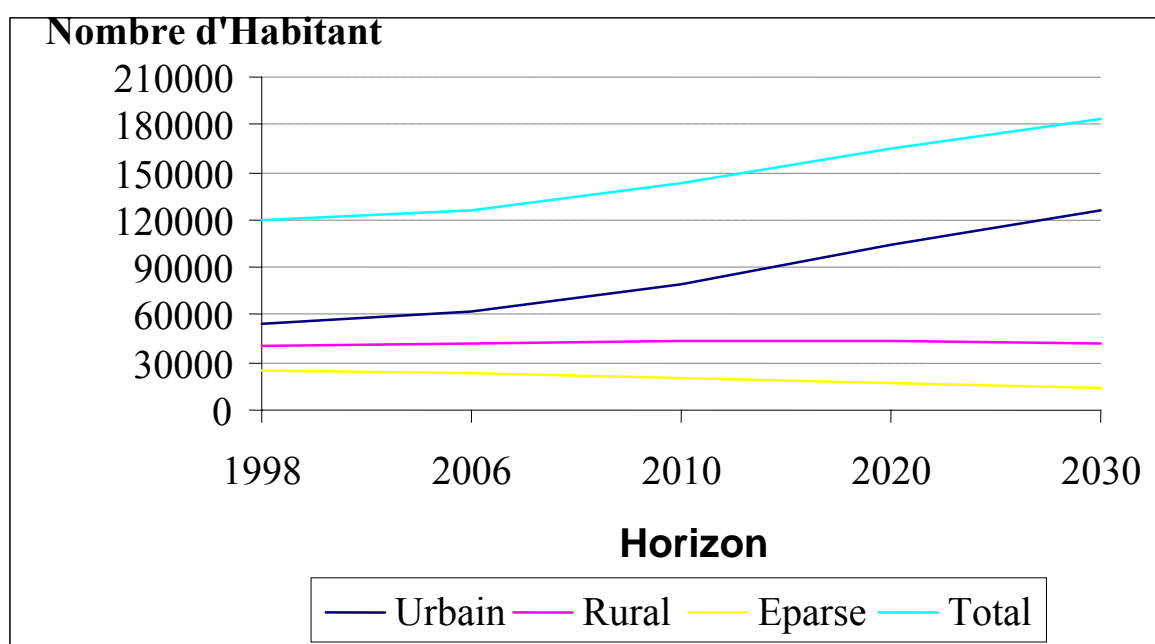
Commune	Population Urbaine					Population Rurale					Population Eparse				
	1998	2006	2010	2020	2030	1998	2006	2010	2020	2030	1998	2006	2010	2020	2030
Azzaba	29344	33943	45113	61490	77116	16092	15978	15964	15653	14419	3557	3335	2972	2544	2083
Djendel S M						5117	5357	5806	6271	6601	2714	2545	2268	1941	1590
Ain Charchar	10060	11290	13954	18209	20577	1447	1457	1310			2210	2072	1847	1581	1294
Bekouche L	6291	7405	9558	12485	15759	4579	4263	3780	2886	1303	3222	3021	2692	2305	1887
Es Sebt	8303	9023	10417	11943	13094						7587	7113	6340	5427	4444
Roknia						6811	7243	8170	9179	9894	3303	3054	2691	2279	1844
Bouati M						6873	7398	8508	9692	10512	1950	1803	1589	1345	1089
<b>TOTAL</b>	<b>53998</b>	<b>61661</b>	<b>79042</b>	<b>104127</b>	<b>126546</b>	<b>40919</b>	<b>41696</b>	<b>43538</b>	<b>43681</b>	<b>42729</b>	<b>24543</b>	<b>22943</b>	<b>20399</b>	<b>17422</b>	<b>14231</b>

**Population total :****Tableau 50. Évolution de la population totale du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.**

Population	Horizon				
	1998	2006	2010	2020	2030
Urbaine	53998	61661	79042	104127	126546
Rurale	40919	41696	43538	43681	42729
Eparse	24543	22943	20399	17422	14231
Total	119460	126300	142979	165230	183506

La population du bassin atteint actuellement 126300 habitant, avec une densité de l'ordre de 112 hab/km<sup>2</sup>, dépassera à l'horizon 2030 les 183500 habitant, avec un taux d'accroissement de 1.46% entre 2010-2020 et 1.05% entre 2020-2030. La densité sera en 2030 de 162 hab/km<sup>2</sup>.

Seule la population urbaine qui présentera une augmentation considérable dépassant le 100%. Le monde rural reste presque stable, alors que la population du monde épars aura une diminution de l'ordre de 38%. Cela peut être s'expliquer par la continuation de l'exode rural vers les ville.

**Fig. 46. Evolution de la population du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.**

**II.2-Agriculture :**

Le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest est un bassin à vocation agricole, à cause de la superficie importante des terres agricoles. Qu'elle est de l'ordre de 51516 hectares.

Les plus grandes superficie agricoles sont détenues par :

- La commune d' EsSebt avec plus de 9000 ha, ou elle recouvre les bas piémonts d'EsSebt sur des pentes fortes (>15%).
- L'axe Azzaba-Ain Charchar d'environ 7800 ha, présente une occupation céréalière.
- Les communes de Roknia et Bouati Mahmoud qui détiennent 57% des terres cultivées du sous bassin de l'Oud El Hammam. Avec des superficies successivement de 3157 et 4220 ha.

**Tableau 51. Superficie irriguée au bassin versant de l'Oued Kebir Ouest  
(Compagne 2006)**

<b>Commune</b>	Superficie agricole totale (SAT) en (ha)	Superficie agricole utile (SAU) en ha	Superficie irriguée (ha)
Azzaba	9092	6739	884.00
Ain Charchar	6232	5000	835.00
Djendel	7057	4653	820.00
Es Sebt	13019	8181	113.00
Bekouche Lakhder	8739	6124	1008.00
Bouati Mahmoud	4220	2957	487.00
Roknia	3157	1984	274.00
<b>Total (bassin versant)</b>	<b>51516</b>	<b>35638</b>	<b>4421</b>

Le potentiel en terres irriguées du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest est estimé de 4421 ha (selon les données de la DSA de Skikda et de Guelma), ce qui représente 19.41% de superficie agricole totale. A ces terres rajoute le périmètre irrigué de Zit Emba d'une superficie de 6475 ha, la première tranche de 2516 ha est réalisées, reste la deuxième tranche de 3959 ha en cours de réalisation. Au total la superficie irriguée en 2006 est de 10896 ha.

La moitié de la surface agricole est constituée par des cultures maraîchères ; la plupart d'entre eux se trouvent en dehors des périmètres irrigués. Les cultures industrielles occupent aussi une partie notable du bassin. Les cultures fruitières sont les activités agricoles non négligeables.

### II.3- L'industrie :

L'industrie dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest est considérée comme un utilisateur d'une importance insignifiante par rapport des deux premiers usagers.

Elle se représente par l'unité de mercure à EsSebt, l'unité de production d'emballage métallique à Azzaba et quelques conserveries, à savoir celle de Bouati Mahmoud, qui n'utilise l'eau que temporairement.

### III-PROJECTION DES BESOINS :

#### III.1-Evolution des besoins en eau à usage domestique (AEP<sup>14</sup>):

Les besoins en eau potable de l'ensemble du bassin estimés sur la base d'une dotation journalière de 200 l/hab/jour pour la population urbaine et 150 pour les deux autres types de population, en appliquant la formule suivante :

$$Q = N_{Hab} \times q \times N_{j/an}$$

Avec :

Q étant le besoin en eau potable de la population en m<sup>3</sup> par an.

$N_{Hab}$  : Le nombre d'habitant ;

q : La dotation journalière en m<sup>3</sup> par habitant et par jour ;

$N_{j/an}$  : Le nombre de jour de l'année.

Pour l'ensemble des horizons considérés les besoins sont donnés dans le tableau suivant.

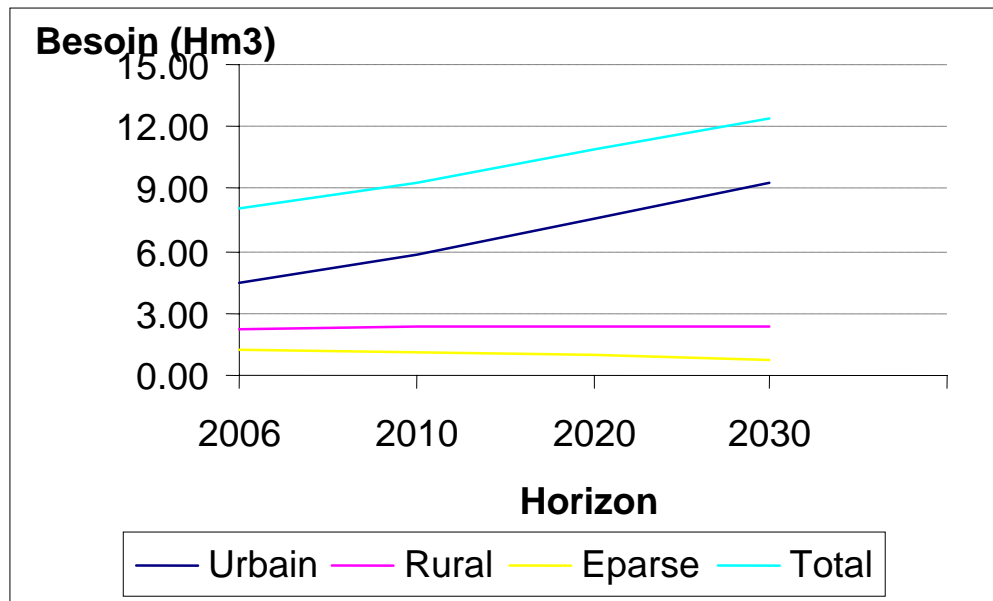
**Tableau 52. Evolution des besoins en eau à usage domestique en Hm<sup>3</sup> dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest selon type de population**

Population	Horizon			
	2006	2010	2020	2030
Urbain	4.50	5.77	7.60	9.24
Rural	2.28	2.38	2.39	2.34
Eparse	1.26	1.12	0.95	0.78
Total	8.04	9.27	10.95	12.36

On constate selon ces prévisions, qu'entre 2006 et 2030, alors que les besoins du monde urbain auront doublés, ceux du monde épars auront diminué de 38%. Les besoins de la population rurale se maintiendront presque stables.

Les besoins totaux en eau à usage domestique en 2030 seront de l'ordre de 12.36 Hm<sup>3</sup>,

<sup>14</sup> Alimentation en Eau Potable.



**Fig 47. Evolution des besoin en eau à usage domestique au bassin versant de l'Oued Kebir Ouest**

### III.2-Evaluation des besoins en eau d'irrigation (AEA<sup>15</sup>):

Les potentialités du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest, en eau souterraines et superficielles et en sol sont importantes cela a permis la valorisation de la petite et moyenne hydraulique et aussi l'irrigation des grands périmètres. Les besoins totaux en eau pour l'agriculture sont fonction des conditions du climat et des indices économique de la région.

Les besoins en eau d'irrigation dépendent de plusieurs facteurs, la surface irriguée, sa localisation, le type de culture, les précipitations et l'évaporation sur la zone étudiée.

Avant d'évaluer les quantités d'eau supplémentaires qu'il faut apporter pour que les plantes ne souffrent pas de la sécheresse, il convient de faire la distinction entre les besoins en eau des cultures et les besoins en eau d'irrigation. Il fallu noter aussi que les exigences en eau par espèces végétales sont variables et ne peuvent être définies avec exactitude.

Cependant, nous pourrions approximer globalement et rapidement les besoins en eau d'irrigation en utilisant la méthode suivante :

La quantité d'eau à apporter par irrigation est déterminée sur la base du bilan d'eau de C.W.THORNTHWAITE, qui est correspondante au déficit agricole.

<sup>15</sup> Alimentation en eau agricole.

**Tableau 53. Les résultats du déficit agricole par station:**

Station pluviométrique	Déficit Agricole (mm)
Azzaba	494.1
Ain charchar	445.98
Bekouche lakhdar	498.13
Bouati mahmoud	430.51

Les besoins annuels en eau d'irrigation sont égaux au produit de la superficie irriguée en mètre carré fois le déficit agricole en mètre.

La valeur moyenne du déficit agricole sur l'ensemble du bassin, est de 467.18 mm. Soit 0.467 m.

10896 ha, étant la superficie des terrains agricoles irrigués sur le bassin en 2006, soit  $108.96 \times 10^6 \text{ m}^2$ .

Ce qui représente un volume annuel de :  $50.88 \text{ Hm}^3$

Cette valeur correspondante donc à  $4670 \text{ m}^3$  par hectare et par an, on constate qu'elle est voisine aux besoins en eau d'irrigation des zones côtières qui sont de  $4500 \text{ m}^3/\text{ha}$  (normes établies suivant les grandes régions bioclimatiques).

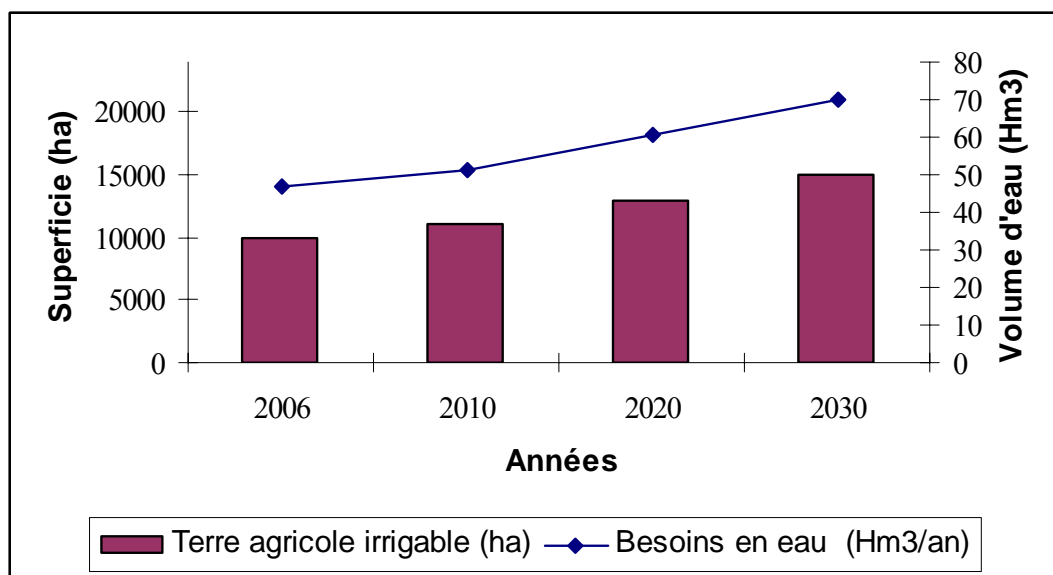
**- Besoins futurs en eau d'irrigation :**

L'évolution des besoins en eau pour l'agriculture est liée directement à l'augmentation des terres agricoles irrigable ; on considère qu'il n'y aura pas des politiques de tarification d'eau à usage agricole qui influencent sur la demande cette ressource. En projetant une augmentation de 1000 ha toute les cinq années à venir, alors, les besoins en eau augmentent comme c'est illustré dans le tableau qui suit :

**Tableau 54. Evolution des besoins en eau pour l'agriculture (2006-2030)**

Année	2006	2010	2020	2030
Terre agricole irrigable (ha)	10896	11000	13000	15000
Besoins en eau ( $\text{Hm}^3/\text{an}$ )	50.88	51.37	60.71	70.05

En terme de besoin en eau agricole, actuellement il est de 50.88 Hm<sup>3</sup>, à moyen terme sera 60.71Hm<sup>3</sup> et 70.05 Hm<sup>3</sup> à long terme, soit une augmentation de 37.67%.



**Fig. 48. Evolution dans le temps de la demande en eau pour l'agriculture (2006-2030)  
Dans le Bassin versant de l'Oued Kebir Ouest**

### III.3- Evolution des besoins en eau de l'industrie (AEI<sup>16</sup>) :

L'industrie troisième consommateur en eau dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest, avec un volume annuel de 0.79 Hm<sup>3</sup>, ce volume consommé par l'unité de production de mercure (ENOF) allouée par 725 m<sup>3</sup>/ jour, l'entreprise d'emballage métallique (EMB) de 250 m<sup>3</sup>/jour et quelques usines agroalimentaires tel que la conserverie de Bouati Mahmoud.

**Tableau 55. Evolution des besoins en eau de l'industrie**

Horizon	2006	2010	2020	2030
besoins en eau (Hm <sup>3</sup> /an)	0.79	0.79	1.58	2.37

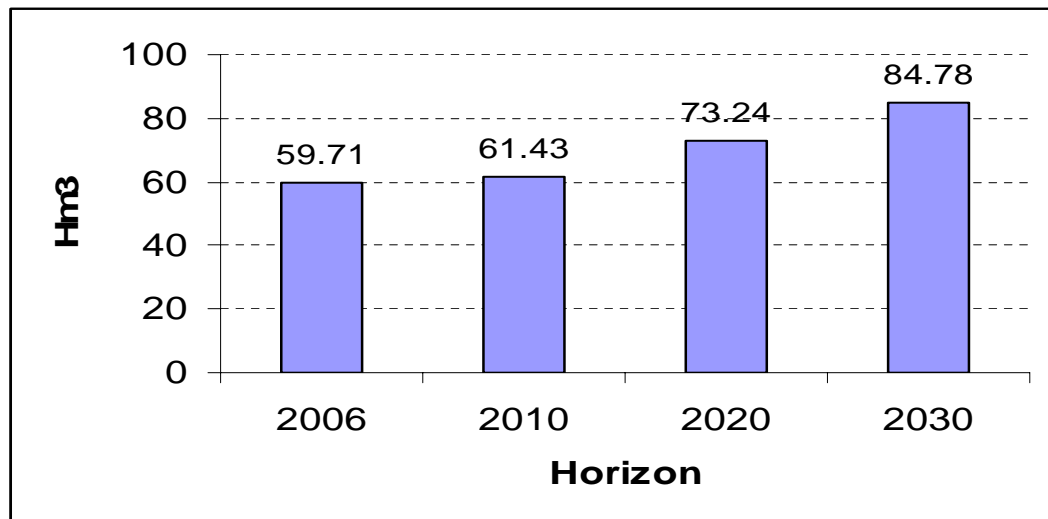
<sup>16</sup> Alimentation en eau industrielle.

**IV- EVOLUTION DES BESOINS TOTAUX EN EAU :**

Les besoins en eau projetés dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest, pour satisfaire les différents usagers, sont en augmentation d'un horizon à autre (Fig.50), et ça est dus surtout à l'augmentation de nombre d'habitant.

**Tableau 56. Evolution des besoins en eau dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.**

Horizon	2006	2010	2020	2030
<b>besoins en eau (Hm<sup>3</sup>/an)</b>	59.71	61.43	73.24	84.78

**Fig. 49. Evolution des besoins en eau totaux (2006-2030)**

## V- ESTIMATION DES DEMANDES EN EAU POUR LES DIFFERENTS HORIZONS

Les demandes peuvent être inférieurs aux besoins (soit par déficience des ressources mobilisées, c'est-à-dire de l'offre, soit par incapacité technique ou économique des utilisateurs : sous-équipement, insolvabilité...) ou supérieures à ceux-ci (gaspillage). Et c'est le cas dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.

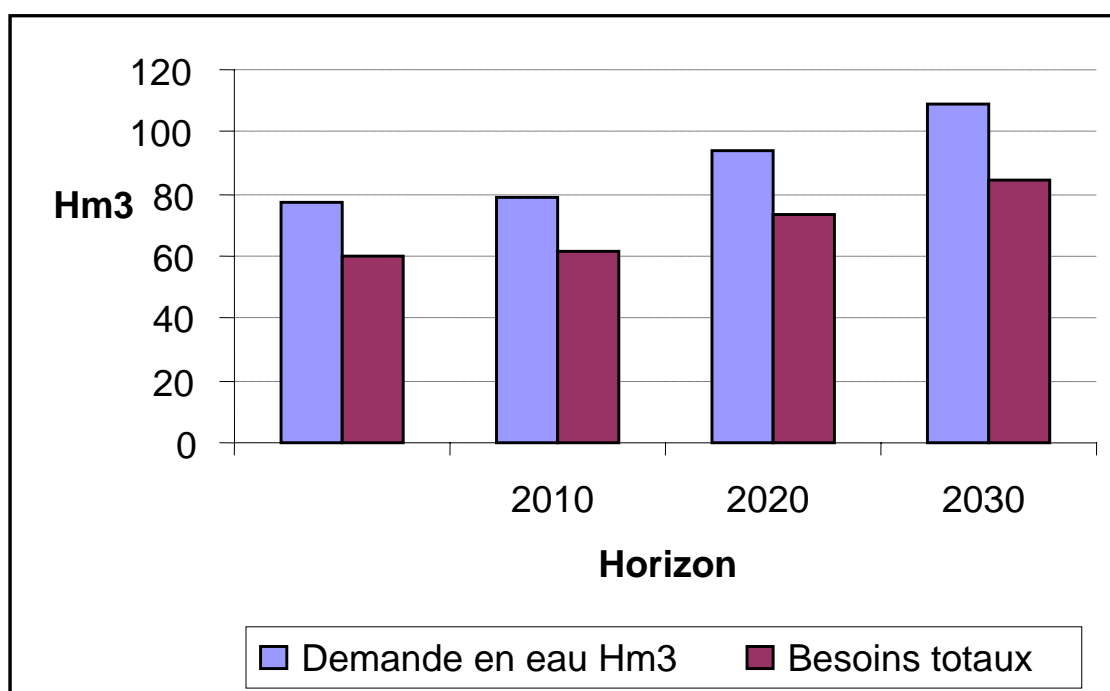
Pour l'ensemble des horizons prévus, Le scénario tendanciel proposé, extrapole la situation actuelle jusqu'en 2030 avec les hypothèses suivantes:

- Les pertes sur réseaux d'AEP sont de l'ordre de 25%.
- Les pertes sont de 30% sur les réseaux d'irrigation.
- Les pertes en eau de l'industrie sont de 30%.

En tenant compte de ces pertes, et écartant toute intervention pour économiser l'eau on aboutit au tableau et figure présentant l'évolution de la demande en eau.

**Tableau 57. Evolution de la demande en eau dans le bassin versant (2006-2030)**

Horizon	2006	2010	2020	2030
AEP	10.05	11.59	13.68	15.45
irrigation	66.14	66.78	78.92	91.07
industrie	0.79	0.79	1.58	2.37
Demande en eau Hm <sup>3</sup>	76.98	79.16	94.18	108.89



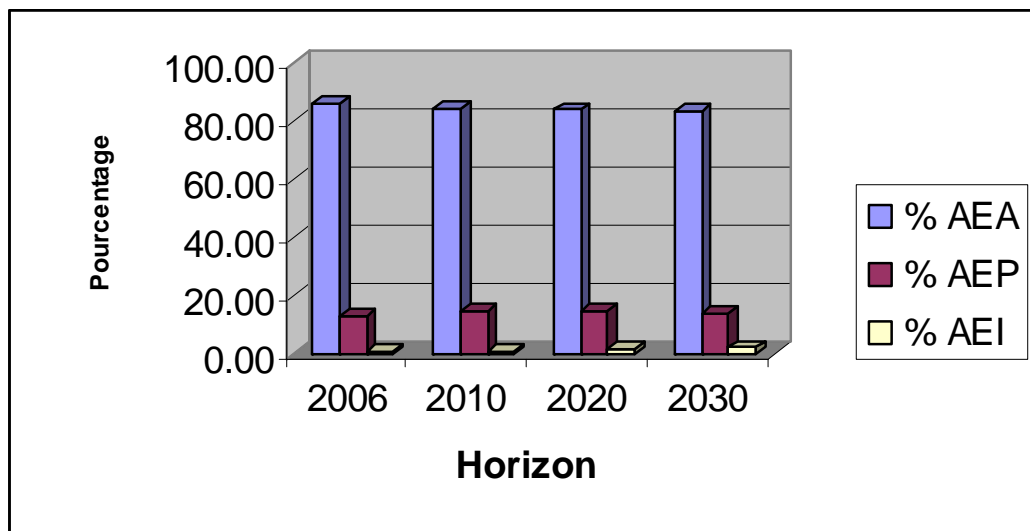
**Fig.50. Evolution des demandes et besoins en eau (2006-2030)**

Les demandes en eau estimés d'environ 77 Hm<sup>3</sup> actuellement, dépassent 94 à moyen terme et seront de l'ordre de 109 Hm<sup>3</sup> à long terme.

L'estimation des demandes en eau actuelles et futures sur la base d'un scénario tendanciel présente un écart de 17 hm<sup>3</sup> par rapport aux besoins. Cette valeur représente la quantité d'eau perdue soit par les fuites d'eau entre le point de captage et le point d'utilisation, soit le gaspillage d'eau lors de l'utilisation pour les divers usages.

#### Poids de l'irrigation dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest

L'irrigation est le premier consommateur d'eau dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest sans aucun concurrent, avec des demandes actuelles et projetées considérables, présentent un pourcentage de plus de 80% (Fig. 51)



**Fig.51. Répartition des demandes en eau dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest en (%)**

Le secteur de l'eau potable saisit moins de 15% des demandes en eau, alors que le troisième secteur qui est l'industrie ne retient que 1 à 2% des demandes totaux.

Cette répartition affirme la vocation agricole du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.

## CONCLUSION

L'estimation des besoins en eau pour les trois usagers principaux, dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest, actuellement et dans les trois horizons (2010,2020 et 2030), montre une forte augmentation, de 59.71 Hm<sup>3</sup> en 2006 à 84.78 Hm<sup>3</sup> en 2030 passant par 61.43 et 73.24 en 2010 et 2020 successivement.

L'irrigation est le premier consommateur d'eau dans le bassin versant, avec plus de 80% des demandes actuelles et projetées, vu la grande superficie agricole et le type des cultures irriguées et le sol.

L'augmentation des besoins en eau potable dans le temps due essentiellement à l'augmentation de la population urbaine.

L'industrie est jugée un utilisateur faible en matière d'eau, qui pompe des quantités d'eau négligeable par rapport aux autres usagers.

Les demandes en eau actuelles et projetées, sont élevés par rapport aux besoins,cette différence est générée par le gaspillage d'eau lors de l'utilisation et des pertes dans les différents réseaux, ces demandes présentent la même allure que celle des besoins , allant de 76.98 Hm<sup>3</sup> actuellement à 108.89 en 2030.

De manière générale, les problématiques liées à l'aspect quantitatif de l'eau dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest sont :

- ◆ De la demande liée à la croissance de la population et sa concentration dans les zones urbaines – conjuguant à la fois plus de consommation pour les usagers existants et la croissance du nombre des usagers –
- ◆ Des pertes importantes dans les circuits de distribution ou de production (jusqu'à 40 et 50 % !),
- ◆ De la consommation élevée et toujours croissante des consommations liées aux productions agricoles et céréalières,
- ◆ De nombreuses sur-consommations liées à de mauvais comportements ou une information insuffisante.

# **CHAPITRE VII**

## **PERSPECTIVE D'UNE GESTION INTEGREE DES EAUX DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OUED KEBIR OUEST**

### **INTRODUCTION**

La gestion communautaire des ressources naturelles, et plus précisément la gestion de l'eau, doivent faire partie intégrante des vastes approches adoptées pour résoudre les problèmes de pénurie. Gérer localement permet de démocratiser et de décentraliser la prise de décisions et l'obligation de rendre compte. Bien orchestrée, la gestion locale donne aux gens (surtout aux pauvres et aux défavorisés) la possibilité de prendre part à des décisions qui façonnent leur avenir. Et elle encourage l'intégration du savoir traditionnel aux avancées scientifiques afin de favoriser une gestion efficace et équitable des ressources. Ces moyens devraient permettre que la pénurie d'eau et la dégradation de cette ressource puissent se transformer en approvisionnements durables.

La gestion intégrée de l'eau par bassin versant est un processus qui favorise la gestion coordonnée de l'eau et des ressources connexes à l'intérieur des limites du bassin versant en vue d'optimiser, de manière équitable, le bien-être socio-économique qui en résulte, sans pour autant compromettre la pérennité des écosystèmes vitaux.

**I- Nouvelle stratégie de la gestion des eau en Algérie :**

Le Ministère algérien de l' Equipement et de l' Aménagement du Territoire (Chargé de l'Hydraulique) a commencé à élaborer, dès 1993, les bases de ce qu'il a été convenu d'appeler la Nouvelle Politique de l'Eau. Cette politique s'articule autour de trois grands principes :

**◆ L'eau est un bien économique:**

On doit donc au moins s'attacher à déterminer le coût réel de l'eau distribuée. Le prix auquel on la fait ensuite payer à l'utilisateur relève d'un autre niveau de décision politique, lié à des contraintes économiques et sociales. Ceci étant, le prix du mètre cube d'eau a connu, ces dernières années, des augmentations substantielles, et la taxe d'assainissement, symbolique jusqu' en 1993, a été d'abord portée à 10 % puis à 20 % de la facture d'eau potable. Cette notion de l'eau, bien économique ne peut exister sans des entreprises de gestion de l'eau, soumises aux principes de la vraie gestion commerciale et de la concurrence, dans le cadre de contrats passés avec les maîtres d'ouvrages et les collectivités locales.

**◆ L'eau est rare et vulnérable :**

À ce titre, elle doit faire l'objet d'une protection quantitative et qualitative. La gestion de l'eau doit être assurée de façon intégrée, à l'échelle d'une unité naturelle qu'est le bassin hydrographique. On doit donc à la fois mettre en place les instruments de cette gestion par bassin, mais aussi l'ensemble des outils réglementaires, nécessaires pour assurer la protection quantitative et qualitative des ressources en protégeant au mieux les écosystèmes.

**◆ L'eau est l'affaire de tous :**

Il faut donc apprendre à développer la concertation, pour que les décisions prises ne soient plus le fait d'un décideur autoritaire et unique, mais plutôt celui d'un consensus autour d'objectifs discutés puis arrêtés d'un commun accord.

## **II- Description des institutions de gestion de l'eau en Algérie :**

### **1-Conseil supérieur de l'eau : (CSE)**

Organe de coordination intersectoriel institué en 1996 par le décret 96-472 du 18 décembre 1996, le CSE est présidé par le ministre chargé de l'hydraulique. Il regroupe tous les secteurs concernés par l'eau.

### **2-Ministère des ressources en eau : (MRE)**

Principal département ministériel chargé de la mise en œuvre de la politique de l'eau en Algérie. Localement, le MRE intervient par le biais de 48 directions de l'hydraulique.

### **3-Agence Nationale des Ressources Hydrauliques :(ANRH)**

Dont la mission principale est d'établir et de gérer l'inventaire des ressources en eau (et en sols irrigables), assume un rôle important dans le secteur de l'eau. Aussi, la modernisation du secteur de l'eau doit nécessairement inclure la mise à niveau de cette agence. De là, la recherche de sa modernisation et de son renforcement.

Les résultats à atteindre sont orientés principalement vers l'introduction et la maîtrise d'outils techniques et managériaux modernes.

Cet objectif sera atteint à travers les activités qui seront menées et qui ont été définies comme suit :

1. Organiser et moderniser les moyens de l'ANRH au niveau central et régional
2. Concevoir et mettre en œuvre un système de gestion intégrée de l'information .
3. Introduire et utiliser des outils modernes pour l'inventaire des ressources en eau.
- 4 Adapter la gestion des ressources humaines aux exigences du travail.
- 5 Etablir un système d'évaluation régulière des performances de l'ANRH.

### **4-L'algérienne des eaux :(ADE),**

Qui a assumé le rôle de coordination et de planification au niveau de toute l'Algérie doit, à travers les Directions Régionales existantes, assurer une gestion rationnelle de la ressource par une restructuration de l'ensemble de ses structures et une réorganisation de sa gestion en introduisant de nouveaux concepts managériaux.

Les activités qui ont été définies et qui devaient être menées, sont les suivantes :

1. Améliorer la communication avec l'abonné par l'introduction de mécanismes permettant le rapprochement des deux partenaires
2. Améliorer la situation financière par le biais des activités pilotes
3. Concevoir et mettre en œuvre de nouvelles procédures et de nouveaux modèles de gestion.
4. Améliorer les performances du personnel par la conception et la mise en œuvre de mécanismes et de systèmes d'évaluation et motivation du personnel.
5. Concevoir et mettre en œuvre de nouvelles procédures de gestion des réseaux pour une économie de l'eau et une augmentation des ressources à distribuer.
6. Améliorer le contrôle de la qualité par le développement et a mise en œuvre de nouvelles procédures utilisant des moyens simples et efficaces pour le suivi de la qualité.

#### **5-Office National de l'Assainissement : (ONA).**

Dont la mission est d'assurer un service public efficace en matière d'assainissement lui permettant en même temps, une valorisation des produits provenant de l'épuration des eaux et une protection et préservation de la ressource hydraulique et de son environnement.

Les activités inscrites, visaient à:

1. concevoir un plan guide dynamique du système d'assainissement et son utilisation nationale.
2. concevoir et mettre en œuvre un système pilote d'assainissement en milieu urbain
3. concevoir et mettre en œuvre un système pilote d'assainissement en milieu rural

Le plan guide du système d'assainissement sera amélioré et perfectionné sur la base des résultats qui seront obtenus au niveau des systèmes pilotes en milieux rural et urbain

**6-Agence des Bassins Hydrographiques (ABH)**

Etablissement chargé de la gestion intégrée des ressources en eau à l'échelle du bassin versant hydrographique en s'appuyant sur des comités de bassins constitués des représentants de l'Etat, des collectivités locales et des usagers.

Selon le décret 96-100 du 6 mars 1996, les agences ont essentiellement pour mission d'assurer un lien entre l'utilisateur, le gestionnaire de la ressource et le décideur en matière de planification pour l'utilisation de cette ressource à l'échelle du Bassin Hydrographique, à cet effet elle doit disposer d'outils puissants et performants permettant une vision en temps réel de la situation et de l'état de la ressource au niveau d'une zone définie.

**7-Direction des Etudes d'Aménagement Hydraulique : (DEAH)**

Dont la mission est de fournir aux décideurs les outils nécessaires à une prise de décision rationnelle dans le cadre d'une gestion intégrée des ressources en eau permettant d'assurer une distribution équitable de la ressource entre les différents utilisateurs et une préservation et protection du milieu hydrique et de son environnement.

1. Définir les modalités d'élaboration d'un plan directeur par la mise en place d'une cellule de travail à même de définir les responsabilités et de relancer l'intérêt auprès des décideurs
2. Analyser la situation actuelle en matière d'information à travers des études sur la situation organisationnelle, les circuits d'informations, les besoins d'information ainsi qu'une évaluation des moyens disponibles( ressources humaines, moyens matériels et financiers)
3. Concevoir un système de gestion intégrée de l'information par la définition d'une architecture et des éléments clé du nouveau système (structure des banques de données, méthodologie de mise en œuvre des systèmes d'information, normes et standard du système etc.)
4. Elaborer un planning coûts - délais pour la mise en œuvre
5. Déterminer les modalités de réalisation du Plan Directeur de Gestion Intégrée de l'Information (PDGII).

La mise en œuvre, pour la réalisation Système de Gestion Intégrée de l'Information sera subordonnée à l'approbation par les autorités de tutelle du plan Directeur de Gestion.

#### **8-Agence Nationale des Barrages et des Transferts : (ANBT)**

Etablissement public chargé d'assurer à travers tout le territoire national la maîtrise d'ouvrages délégués des infrastructures de mobilisation et de transfert.

#### **9-Office National de l'irrigation et du Drainage (ONID)**

Etablissement public chargé d'assurer à travers tout le territoire national la maîtrise d'ouvrages délégués des infrastructures d'irrigation et de drainage, de prendre en charge le service public de l'eau agricole.

#### **10-Offices des Périmètres Irrigués (OPI)**

Etablissements publics chargés de la gestion des grands périmètres irrigués. Il existe 4 OPI (Tarf, Mitidja, Chelef, Habra) dont les missions sont définies dans un cahier de charges-type relatif à la concession de gestion, d'exploitation et d'entretien des périmètres irrigués. En contrepartie de ces prestations, les offices perçoivent le produit de la redevance d'eau selon la tarification en vigueur. Des subventions sont également prévues pour compenser les différences entre les charges réelles d'exploitation fixées par le cahier des charges et le produit des ventes d'eau.

#### **11-Offices des Périmètres Irrigués de Wilaya (OPI W)**

Etablissements publics chargés de la gestion des grands périmètres irrigués localisés dans certaines wilayat, il existe sept offices de Wilaya dont les missions sont définies dans un cahier des charges-type relatif à la concession de gestion, d'exploitation et d'entretien des périmètres irrigués. En contrepartie de ces prestations, les offices perçoivent le produit de la redevance d'eau selon la tarification en vigueur. Des subventions sont également prévues pour compenser les différences entre les charges réelles d'exploitation fixées par le cahier des charges et le produit des ventes d'eau.

### **III- Confrontation offre/demande dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest :**

La confrontation conceptuelle entre les demandes d'eau et l'offre (=ressources) a le sens d'une comparaison des résultats des confrontations réelles situées dans le milieu naturel, entre les actes de demandes en quantité, réalisés ou projetés, et le système de ressource.

La confrontation entre les demandes d'eau- actuelles et projetées- et les ressources exploitables sert en principe à constater l'adéquation des ressources (elles sont significativement supérieures aux demandes, en quantité et qualité), ou à révéler les problèmes posés par l'éventualité d'une pénurie d'eau à plus ou moins long terme.

Le potentiel en ressources renouvelables représente 214,727 millions de m<sup>3</sup> par an, les réserves en eau souterraines estimées à 15 millions de m<sup>3</sup>, emmagasinés dans les aquifères continus (généralement liés aux plaines alluviales), et les aquifères discontinus (généralement des faciès calcaires karstiques). 126,157 millions écoulées vers le bassin Kébir Magroune à travers l'exutoire. Globalement on a un potentiel mobilisable de 88.57 millions de m<sup>3</sup> par an.

### **1- L'indice de pénurie :**

C'est la disponibilité en eau par mètre cube et par habitant dans l'ensemble du bassin versant.

Les seuils proposés par Falkenmark et Widstrand (1995), fournissent des ordres de grandeur utiles pour apprécier le problème d'eau douce dans le monde. Ce problème dépendra beaucoup de la croissance de la population jusqu'en 2030. En comparant les données de population en 2006 jusqu'à 2030 avec les données les plus courantes de disponibilité en eau,

**Tableau.58. Seuils de l'indice de pénurie. (Falkenmark et Widstrand, 1995)**

<b>Seuil</b>	<b>Indication</b>
<b>Moins de 500 m<sup>3</sup></b>	seuil de pénurie
<b>De 500 à 1000 m<sup>3</sup></b>	seuil de tension
<b>De 1000 à 3000 m<sup>3</sup></b>	ressources suffisantes à l'heure actuelle
<b>Au dessus de 3000 m<sup>3</sup></b>	ressources abondantes

Le calcul de l'indice de pénurie dans le bassin versant pour les quatre horizons a abouti aux résultats illustrés dans le tableau suivant.

**Tableau 59. Indice de pénurie d'eau au bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.**

Horizon	2006	2010	2020	2030
Nombre d'habitant	126300	142979	165230	183506
Mètre cube d'eau par personne par an	1116.39	986.16	853.36	768.37

Actuellement, l'indice de pénurie dépasse 1000 m<sup>3</sup> par habitant ce qu'il indique que l'eau est considéré comme ressources suffisantes à l'heure actuelle, mais cet **indice** établie montre que l'eau est déjà, ou va devenir, une contrainte majeure pour le développement dans le bassin versant étudié. En 2010, nous aurons le problème de pénurie d'eau. Ce qu'il indique l'importance de la maîtrise de la croissance démographique dans la diminution des problèmes d'approvisionnement en eau.

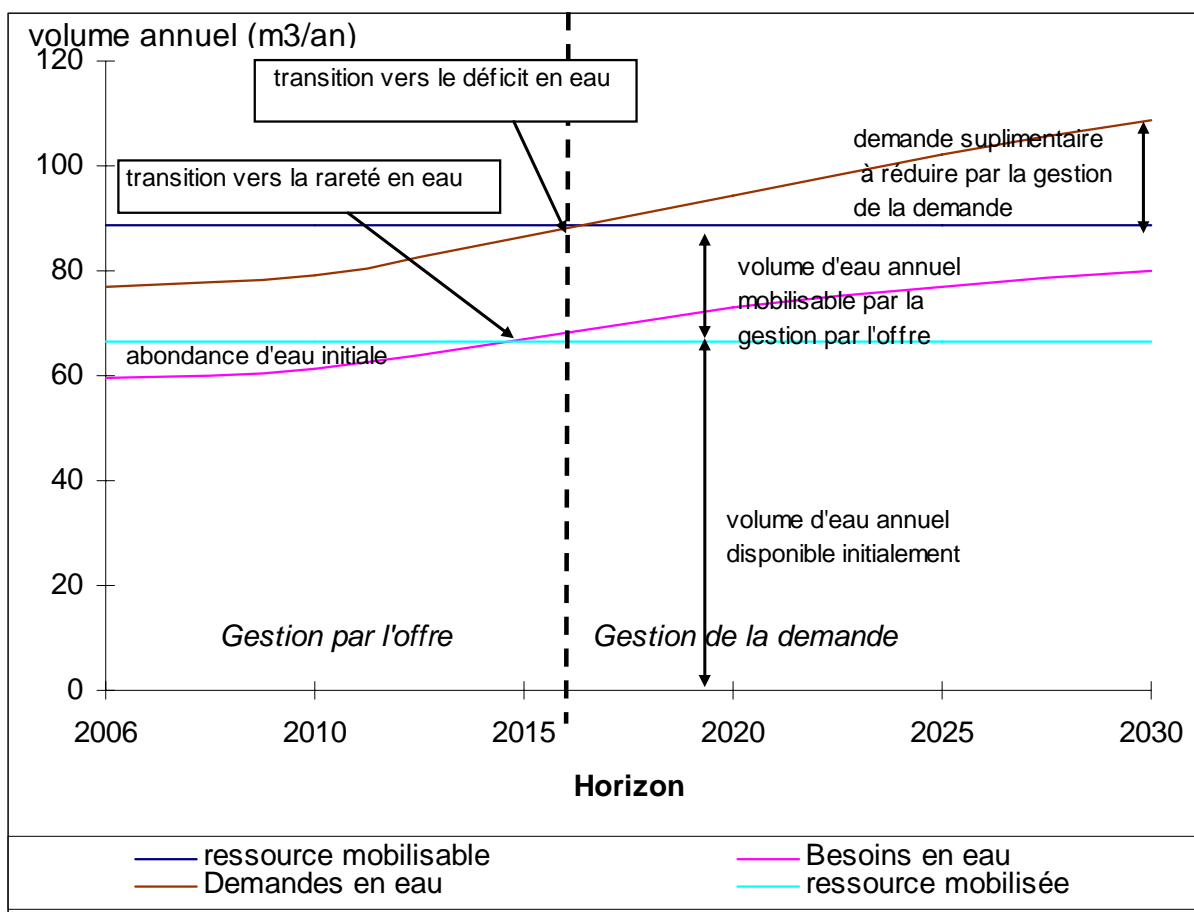
A moyen et long terme,

## **2- L'indice d'exploitation :**

Cette indicateur mesure la pression relative des prélèvements annuels (P) sur les ressources d'eau douce naturelles renouvelables conventionnelles (R), donné par la formule **(P / R) x 100**. Dans les conditions actuelles, l'indice d'exploitation des ressources, calculé dans le chapitre précédent, c'est à dire le rapport entre les prélèvements et le flux moyen annuel des ressources en eau naturelles renouvelables, qui est inférieur à 20 % est un indicateur pour un effort de gestion et d'investissement.

## **3-Courbe de confrontation offre/demande :**

La confrontation entre l'offre, représenté par les ressources mobilisés et celles mobilisable, et la demande en eau globale (tout usage confondis AEP, Irrigation et Industrie), est représentée par le graphe (fig. 53).



**Fig.52. Représentation graphique de la confrontation offre/demande en eau.**

Les résultats qu'on peut tirer de la figure 52 sont les suivants :

◆ **Abondance d'eau initiale :**

S'étalera jusqu'au 2015, les besoins en eau sont inférieurs à la quantité d'eau mobilisée dans le bassin versant,

◆ **Transition vers la rareté de l'eau dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest :**

En 2015, les besoins en eau atteignent la quantité d'eau mobilisée, à ce moment là sa sera la transition à la rareté de l'eau. L'approche de la gestion de l'offre poursuivie par la mobilisation des eaux en vue de combler les besoins ascendants.

◆ **Transition vers le déficit en eau :**

A partir de l'an 2016, les demandes en eau excéderont les ressources en eau conventionnelles existantes dans le bassin, et c'est à ce point ou la gestion par l'offre atteint à sa limite, et laisse la place à la nouvelle approche de la gestion de cette ressource

rare, c'est l'approche de la gestion de la demande, cette approche peut être confirmée dans le graphe en voyant la courbe de tendance des besoins au dessous des ressources disponibles même à long terme, et l'utilisation des ressources non conventionnelles reste la solution écartée dans notre bassin.

Donc, à long terme nous avons une demande d'environ 20 Hm<sup>3</sup> d'eau à réduire et pas à apporter, ce qu'il exige une réflexion solide sur une gestion rationnelle de la ressource eau dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest.

#### **IV. Passer de la gestion de l'offre à la gestion par la demande :**

##### **de quoi parle-t on?**

Le concept de " gestion de la demande " a émergé par opposition à la gestion par l'offre. En réalité ce concept est encore mal cerné, et la frontière exacte entre gestion par l'offre et gestion par la demande reste floue.

- La **préoccupation de gestion** concerne l'identification des moyens et outils susceptibles d'être mis en oeuvre pour intervenir sur les demandes en eau de la production à la consommation. Prétendre gérer c'est avoir la capacité d'infléchir la consommation et les usages dans un sens ou l'autre. Ceci en tenant compte non seulement de critères économiques, financiers ou techniques, mais aussi de la rareté de la ressource, de l'aspect vital du besoin d'eau pour toute vie, d'un nécessaire équité d'accès. En ce sens le concept de gestion lui-même est questionné au-delà de son acception économique restrictive habituelle. Il s'agit plus ici d'une gestion telle que qualifiée dans certains textes juridiques de « bon père de famille » à savoir intégrant la notion de patrimoine, de justice et d'équité dans la partage.

- **La demande** est caractérisée par un ensemble variable dans le temps et dans l'espace de comportements, habitudes, besoins, mécanismes, intérêts, qui déterminent des usages de l'eau.

Plusieurs options sont envisageables en matière de gestion de la demande (Treyer, 2001). D'une part, il existe une gestion "au sens faible", centrée sur la réduction des pertes et la modification du comportement des usagers que l'on cherche à influencer par diverses mesures : tarification, subvention, vulgarisation, organisation du système de production. D'autre part, on peut parler d'une gestion de la demande "au sens fort" qui s'intéresse aux problèmes de l'efficience de l'allocation et de la redistribution de l'eau entre usages. L'État doit alors passer d'une position de garant de

l'approvisionnement en eau à une position, plus délicate, d'arbitre ou de décideur de cette allocation entre les différents secteurs économiques.

#### **IV.1- Principaux axes d'intervention et principes d'une approche de gestion des demandes en eau : le principe CROIRRE ?**

- **C** onserver : agir sur la préservation des ressources en eau rares
- **R** éutiliser : favoriser les réutilisations possibles
- **O** ptimiser : maîtriser les emplois de l'eau dans le meilleur rapport quantité/utilité/coût
- **I** nnover : dans les outils comme dans les approches
- **R** éduire ou supprimer les fuites et les pertes
- **R** éorienter : aller dans le sens d'une ré-allocation des flux et la réduction des conflits d'usage
- **E** duquer les usagers

Ceci pour corriger les principaux défauts connus et agir ainsi sur le gisement potentiel d'économies possibles sur les : pertes, fuites, manque d'efficacité et d'efficience dans les usages agricoles et industriels, sur-consommations inutiles, pollutions, non – réutilisation, utilisation non appropriée d'eau de qualité pour des besoins qui ne le nécessitent pas, tarification non appropriée.

#### **IV.2- Quelles économies peut-on attendre de la mise en oeuvre d'une politique de gestion de la demande en eau ?**

##### **1/ Perspective d'une politique de lutte contre les fuites :**

Cet essai de gestion est fondé sur l'adaptation des données du projet « Soutien au MRE<sup>17</sup> pour l'Etablissement des Plans Directeurs de l'Aménagement des Ressources en Eau (PDARE) »

Le programme « Gestion Intégrée des Ressources en Eau » de la coopération algéro-allemande réalisé par le Ministère Algérien des Ressources en Eau (MRE) et la GTZ<sup>18</sup> comprend, dans sa composante 1, le projet « Soutien au MRE pour l'Etablissement des Plans Directeurs de l'Aménagement des Ressources en Eau (PDARE) ». Ce projet prévoit une assistance technique aux Agences de Bassin Hydrographique (ABH) en introduisant et en appliquant les méthodes et les outils nécessaires pour la préparation des PDARE.

---

<sup>17</sup> Ministère des Ressources en Eau.

<sup>18</sup> GTZ : Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH

Les hypothèses retenues dans ce programme sont les suivantes :

### 1/ L'alimentation en eau potable :

Vu le niveau actuel élevé de pertes dans les réseaux de distribution d'eau potable en Algérie (40% de la demande en moyen, estimé de 25% dans le bassin), la réduction des pertes représente actuellement une tâche prioritaire qui ne peut être pris en charge par les opérateurs des systèmes AEP, par leurs propres moyens. Un rôle particulier est donc accordé aux mesures et programmes d'investissement permettant une remise en état des réseaux, dans les meilleurs délais.

La Figure 45 illustre l'évolution de la réduction des pertes attendue, selon les différentes mesures proposées.

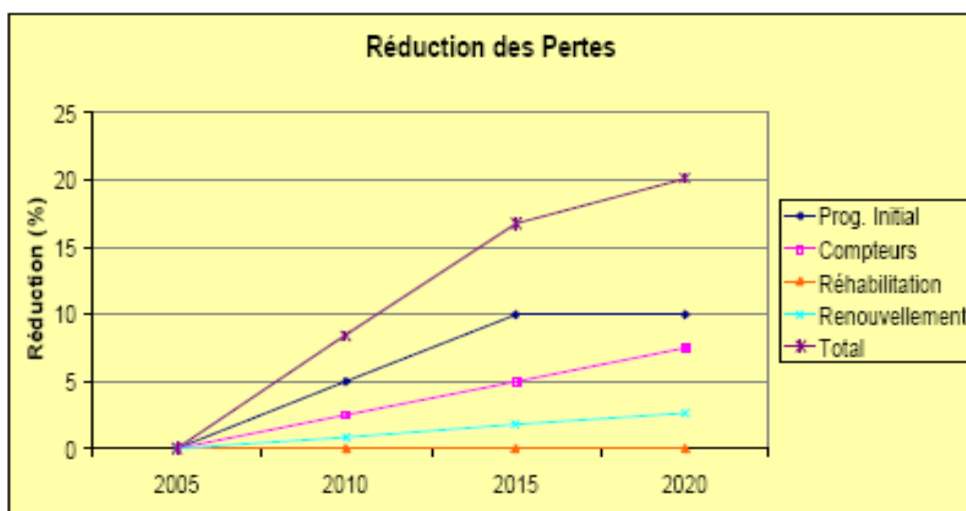


Fig.53. Evolution des Réductions des pertes selon les mesures proposées

### 2/ L'irrigation :

Comme il est esquissé dans le chapitre précédent, l'agriculture dans le bassin présente à la fois l'activité principale des habitants et leur source de vie, et un gros consommateur d'une source qui deviendra rare dans le moyen terme.

La croissance de la demande peut être réduite par l'introduction d'équipements permettant d'économiser l'eau dans l'irrigation agricole. A cet effet, et pour rendre l'irrigation plus performante, deux techniques peuvent être considérées :

1. L'aspersion : distribution de l'eau avec des équipements mobiles d'irrigation (rampes et asperseurs ; arrosage en pluie).
2. L'irrigation localisée : distribution de l'eau avec des équipements fixes et parfois partiellement enterrés (station de tête, système de fertilisation et réseau d'irrigation au « goutte-à-goutte »).

Tandis que les taux d'efficacité estimés de différentes techniques d'irrigation sont de :

1. ~ 70% pour l'irrigation gravitaire ;
2. ~ 75% pour l'aspersion ;
3. ~ 90% pour l'irrigation au goutte-à-goutte.

Considérant les taux d'efficacité mentionnés ci-dessus, un gain en eau de 4 % sera réalisé en 2010, de 15% en 2020 et arrivera à 20% en 2030.

## **2/ Perspective d'une politique de lutte contre le gaspillage :**

### **◆ Tarification de l'eau :**

La tarification de l'eau change lentement. En 1989, le m<sup>3</sup> d'eau coûtait 1 dinar algérien (DA.) pour la consommation domestique et 3 dinars pour l'industrie et le commerce. En 1990, la tarification se faisait selon un barème progressif. Trois tranches étaient déterminées pour la consommation domestique. La première va de 0 à 220 m<sup>3</sup> par an et coûte 1 dinar le m<sup>3</sup>. La seconde va de 221 à 330 m<sup>3</sup> par an et le m<sup>3</sup> coûte 1.75 dinars. La troisième, concerne ceux qui consomment plus de 330 m<sup>3</sup> par an. Le m<sup>3</sup> a été fixé à 2.50 DA. Les industriels, les artisans et les commerçants payent 2.50 DA le m<sup>3</sup> d'eau quelle que soit la consommation. D'après cette politique tarifaire. Il semble que la consommation domestique est pénalisée par rapport aux artisans, commerçants et industriels. Or ils polluent plus par leurs différents rejets.

Actuellement, l'eau domestique et industrielle est tarifée selon quatre catégories d'usage différentes, abonné ménager, administration, commerçant et industrie.

**Tableau.60. Tarification de l'eau par catégorie d'usage.**

<b>Catégorie d'usage</b>	<b>Type d'abonner</b>	<b>Tarification DA/m<sup>3</sup></b>
<b>Catégorie I</b>	abonné ménager	<i>PAR TRANCHE</i>
<b>Catégorie II</b>	administration	34.65
<b>Catégorie III</b>	commerçant	34.65
<b>Catégorie IV</b>	industrie	40.95

Pour la consommation domestique, quatre tranches ont été déterminées, allant de 6.30 DA/m<sup>3</sup> pour la première tranche (1-25 m<sup>3</sup>) à un prix de 40,95 DA pour une quatrième tranche au-delà de 82 m<sup>3</sup>.

Cette tarification malheureusement, n'est applicable dans l'ensemble du bassin qu'à la ville de AZZABA, avec un nombre qui dépasse les 4000 abonnés payeur. La tarification des eaux d'irrigation est forfaitaire et n'est pas appliquée dans le bassin.

Pour rendre cette politique plus efficace, la présence de l'ADE, l'établissement chargé de l'installation des compteurs et la facturation, doit être généraliser sur l'ensemble des communes à travers le bassin versant le plus tôt possible.

♦ **Sensibilisation à l'économie de l'eau :**

Le but de la sensibilisation est d'aiguiser la conscience du public à l'égard des problématiques liées à l'eau et d'amener les groupes cibles comme les agriculteurs dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest à collaborer au succès de l'économie et de la protection de l'eau, en utilisant les techniques d'irrigation les plus performantes, susceptibles à augmenter la production et diminuer la quantité de l'eau à apporter, et d'utiliser moins de pesticides et de fertilisants, et par conséquence préserver cette ressource rare.

## **CONCLUSION**

La nouvelle politique de l'eau en Algérie considère, depuis 1993, que l'eau est un bien économique qu'en doit y donner leur valeur (coût) réel, et que cette ressource est rare et vulnérable et doit faire l'objet d'une protection quantitative et qualitative, la gestion de l'eau doit subir à des décisions et des accord commun entre les différents acteurs et usagers. En effet, plusieurs organismes ont été créer cette dernière décennie pour renforcer cette politique.

Dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest la confrontation entre offre (ressources disponibles) et demandes en eau actuelles et futures a mis en évidence une pénurie d'eau à moyen et long terme. L'ampleur de ces demandes croissantes fait penser la transition vers l'approche de gestion la plus adéquate dans ce cas c'est celle dite : l'approche de la gestion de la demande qui forme l'opposé de la gestion par l'offre.

Il convient toutefois de réfléchir sur la gestion de la demande.

La gestion de la demande agir sur les économies possibles de l'eau peut infléchir les demandes aux besoins réels des usagers en eau.

## CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest à Ain Charchar, l'un des sous bassin du constantinois centre, situé au Nord-Est algérien.

Cette situation géographique a donnée au bassin leur comportement structurale de la petite Kabylie, présenté sous les huit grandes unités suivantes : Le socle kabyle (paléozoïque), La dorsale kabyle (chaîne calcaire), Le Néritique (Jurassique, créacé supérieur), Les séries de flyschs (Barrémien, Lutétien supérieur), Les séries telliennes (Néocomien Lutétien), L'Oligo-Miocène Kabyle, La Nappe Numidienne (Oligo-Moyen- Burdigalien inférieur), Les terrains Post-Miocènes.

En ce qui concerne l'hydrogéologie, qui est le produit de la géologie du terrain, on a pu identifier deux horizons aquifères au niveau de la plaine alluviale de l'oued Kebir Ouest, l'une est alluviale, l'autre est captive. Au niveau de la vallée de l'oued El Hammam, également, deux nappes, la première est phréatique, la deuxième est temporaire, elle se forme en saison pluviale.

Le relief du bassin est très diversifié, englobe les plaines avec plus de 30% de la superficie du bassin, les versants occupent la plus grande part 47%, les collines 20% et les montagnes avec moins de 1%.

Le couvert végétal peut être classé en deux domaines : le domaine forestier consacre 53.05 % de superficie du bassin et le domaine agricole occupant 45.58%.

L'analyse des caractéristiques morphométriques du bassin versant de l'Oued Kebir Ouest nous a permis de dégager les principaux paramètres qui ont une influence certaine sur le dynamisme des eaux surtout superficielles, qui y circulent.

La forme rectangulaire (allongée) du bassin, la dominance des classes altimétriques inférieur à 500 m et l'altitude moyenne est de 298.74 m.

Le relief du bassin est assez faible à forte.

Le temps de concentration long (>13 heures) pour la concentration des eaux et des crues, et la densité de drainage moyenne de l'ordre de 2.48 km/km<sup>2</sup>.

Le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest est soumis à un climat Méditerranéen, caractérisé par une période humide qui s'étale du mois d'octobre au mois de mai et une période sèche qui s'étend du mois de mai jusqu'au mois de septembre.

Les moyennes annuelles des précipitations variant entre 540 mm et 702 mm, sous une température moyenne annuelle de l'ordre de 18.32 °C.

Le bilan hydrique de la zone d'étude montre les caractéristiques suivantes : une évapotranspiration réelle représente 70.01 % des précipitations, ruissellement 14.25 %, alors que l'infiltration récolte 15.74 % des eaux de précipitations.

L'établissement du bilan hydrologique a fait ressortir un écoulement assez considérable qui se traduit par un coefficient d'écoulement de 13.69 % et d'un important déficit d'écoulement ( $D = 569.759$  mm soit 84.63 % de la lame d'eau précipitée) due principalement à une évaporation élevée. Caractérisé par deux périodes nettement opposées, une période des hautes eaux allant de décembre jusqu'au mois d'avril, avec un débit moyen mensuel qui atteint le  $12.386 \text{ m}^3/\text{s}$  en février, contre une période de basses eaux sur le reste de l'année, où le débit moyen mensuel s'abaisse à  $0.0075 \text{ m}^3/\text{s}$  au mois d'août. Le débit moyen mensuel durant la période d'observation est de l'ordre de  $3.791 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Pour les eaux souterraines, le faciès chimique sont le sulfaté calcique, en relation avec les roches réservoirs argilo-gréseuses

Pour les eaux souterraines l'interprétation des cartes de l'évolution des paramètres nous a montré que les eaux des puits avoisinant l'unité de production de mercure présentent de forte teneur en conductivité électrique.

Concernant les eaux de surfaces le faciès chimique dominant est le chloruré calcique (50%), indique ainsi la pollution des eaux superficielles.

Les valeurs de la conductivité électrique et des chlorures dépassent dans pratiquement tous les points de prélèvements les normes admissible (en relation avec le faciès dominant le chloruré calcique).

Le diagramme de WILCOX a montré pour les eaux de surface de la région d'étude représentent 85% d'une eau convenant à l'irrigation, et 15% d'une eau ne convenant pas à l'irrigation mais pouvant être sous certaines conditions.

Les méthodes de l'indice de perméabilité montre que les eaux des surfaces de notre zone d'étude sont bonnes à excellentes pour l'irrigation.

Les ressources mobilisables en eau de surface sont de l'ordre de  $73.57 \text{ Hm}^3$ , dont seule  $58.613$  sont mobilisées, soit 80% environ, et  $31.124 \text{ Hm}^3$  réellement exploitées, qui correspondent à 42.31% du ressources mobilisables et 53.10% des eaux mobilisées.  $9.5 \text{ Hm}^3$  sont transférées à partir du barrage de Zit Emba vers le bassin du Saf Saf a fin de combler la carence affectée le secteur de l'eau potable dans la ville de Skikda.

Quant aux eaux souterraines, 15 Hm<sup>3</sup> sont mobilisables, 7.715 Hm<sup>3</sup> mobilisées et exploitées, soit 51.43%

Les principaux usagers de l'eau de surface dans le bassin sont l'agriculture avec 61.33 % et l'AEP avec 38.67%, pour l'eau souterraine l'AEP par 78.95 %, l'agriculture 11.76 % et l'industrie par 11.76%. Ce qui donne au bassin leur vocation agricole ou les prélèvements dans les deux types d'eau atteignent les 51%.

L'indice d'exploitation des ressources naturelles renouvelable, égale à 18.45, indique qu'il n'y a pas encore des pressions sur la ressource en eau.

L'estimation des besoins en eau pour les trois usagers principaux, dans le bassin versant de l'Oued Kebir Ouest, actuellement et dans les trois horizons (2010, 2020 et 2030), montre une forte augmentation, de 59.71 Hm<sup>3</sup> en 2006 à 84.78 Hm<sup>3</sup> en 2030 passant par 61.43 et 73.24 en 2010 et 2020 successivement.

L'irrigation est le premier consommateur d'eau dans le bassin versant vu la grande superficie agricole et le type des cultures irriguées et le sol.

L'augmentation des besoins en eau potable dans le temps due surtout à l'augmentation de la population urbaine.

L'industrie est jugée un utilisateur faible en matière d'eau, qui pompe des quantités d'eau négligeable par rapport aux autres usagers.

Les demandes en eau actuelles et projetées, sont élevées par rapport aux besoins, cette différence est générée par le gaspillage d'eau lors de l'utilisation et des pertes dans les différents réseaux, ces demandes présentent la même allure que celle des besoins, allant de 76.98 Hm<sup>3</sup> actuellement à 108.89 en 2030.

La confrontation entre offre et demande mis en évidence une pénurie d'eau dans le bassin versant à moyen et long terme.

Face à la croissance soutenue de la demande en eau, la stratégie doit être engagée peut donc se résumer en quatre points.

1) À court terme, on recherche une maîtrise technique maximale de l'ensemble de la ressource en eau, par la mobilisation et la régularisation de la plupart des écoulements, mais aussi par la mise en place d'un réseau d'interconnexion permettant de mutualiser les problèmes d'approvisionnement et de qualité.

2) On reconnaît cependant que cette stratégie de mobilisation fait déjà face ou fera face à une saturation prochaine (à l'horizon 2020-2030) des flux d'eau conventionnelle

mobilisables par rapport aux besoins. Cela se traduit concrètement par un programme d'économies d'eau (en particulier pour l'agriculture irriguée), de réduction des pertes dans chaque secteur d'usage et de maîtrise des besoins. La gestion de la demande est donc reconnue comme nécessaire, imposée par des raisons environnementales (limitation de la ressource) et financières.

3) Les stratégies de gestion de l'eau recherchent la valorisation optimale de chaque mètre cube disponible, notamment par le biais de la tarification. Elles reconnaissent donc l'importance d'une décision d'allocation de la ressource entre usages. Cet impératif de rentabilisation d'une eau dont la mobilisation coûte de plus en plus cher renforce la priorité qui est donnée à l'alimentation en eau potable des agglomérations.

4) Enfin, on met l'accent sur l'importance de la protection du milieu naturel (zones humides à l'aval du bassin) et de la qualité des ressources. De plus, un vaste programme de stations d'épuration doit être lancé qui vise surtout à diminuer les rejets urbains. L'assainissement en zones rurales soulève des problèmes particuliers et reste pour le moment à un stade très rudimentaire, largement déphasé des efforts réalisés en matière d'alimentation en eau potable dans ces zones.

En général, il est possible d'économiser d'importantes quantités d'eau en agissant sur la demande en eau par

- La mise en oeuvre d'un ensemble de moyens et mesures micro- et macro-économiques (politiques de marché de l'eau, commercialisation, tarification de l'eau) ;
- L'introduction d'un système de quotas ou de rationnement ;
- Le développement de programmes éducatifs et de campagnes d'information et de sensibilisation à l'économie de l'eau.

Dans le cadre d'une gestion intégrée des ressources en eau, et selon une définition de l'Organisation Mondiale de Santé (OMS, 2001), la gestion de la demande en eau comprend :

- Une allocation efficiente de l'eau parmi les différents groupes d'utilisateurs en compétition ;
- Une amélioration de l'usage de l'eau, afin de minimiser le gaspillage et de réduire la consommation globale en maintenant les bénéfices sociaux de l'eau, en :
  - créant de systèmes (plus) performants de transfert et d'approvisionnement ;

- utilisant d'une façon efficace l'eau dans tous les groupes d'utilisateurs ;
  - introduisant des outils de rationaliser l'usage d'eau aux niveaux municipaux, agricoles et industriels ;
- Une allocation de l'eau aux usages les plus performants en termes de rendements économiques et sociaux.

# **Annexes**

**Annexe 1 :**

**Ajustement à une loi de Gauss des données pluviométriques  
St. Ain charchar**

Taille n= 30

Moyenne= 701.498002

Ecart-type= 217.668859

I.C. à (en%)= 80

U Gauss=

1.2817

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
499.20	366.80	1	0.0167	-2.128	366.80	238.19	130.52	319.78
440.10	440.10	2	0.0500	-1.645	440.10	343.39	252.97	413.65
682.20	480.80	3	0.0833	-1.383	480.80	400.41	318.68	465.19
613.80	499.20	4	0.1167	-1.192	499.20	442.05	366.26	503.24
602.65	514.20	5	0.1500	-1.036	514.20	475.90	404.62	534.48
659.10	530.30	6	0.1833	-0.903	530.30	505.03	437.37	561.62
576.06	541.10	7	0.2167	-0.783	541.10	531.00	466.33	586.07
726.66	555.70	8	0.2500	-0.674	555.70	554.75	492.60	608.63
976.30	574.20	9	0.2833	-0.573	574.20	576.86	516.85	629.85
480.80	576.06	10	0.3167	-0.477	576.06	597.75	539.57	650.10
981.10	578.37	11	0.3500	-0.385	578.37	617.72	561.09	669.64
530.30	602.65	12	0.3833	-0.296	602.65	637.00	581.68	688.69
574.20	607.60	13	0.4167	-0.210	607.60	655.78	601.55	707.44
555.70	613.80	14	0.4500	-0.125	613.80	674.21	620.86	726.01
790.50	616.50	15	0.4833	-0.042	616.50	692.43	639.78	744.56
706.40	620.00	16	0.5167	0.042	620.00	710.57	658.43	763.22
653.50	653.50	17	0.5500	0.125	653.50	728.79	676.98	782.13
514.20	659.10	18	0.5833	0.210	659.10	747.22	695.56	801.45
607.60	682.20	19	0.6167	0.296	682.20	765.99	714.30	821.32
616.50	706.40	20	0.6500	0.385	706.40	785.27	733.36	841.91
366.80	726.66	21	0.6833	0.477	726.66	805.24	752.90	863.43
962.50	764.70	22	0.7167	0.573	764.70	826.13	773.14	886.14
1021.70	790.50	23	0.7500	0.674	790.50	848.25	794.36	910.40
541.10	962.50	24	0.7833	0.783	962.50	872.00	816.93	936.66
764.70	976.30	25	0.8167	0.903	976.30	897.97	841.37	965.63
620.00	981.10	26	0.8500	1.036	981.10	927.10	868.52	998.38
1113.40	1021.70	27	0.8833	1.192	1021.70	960.94	899.76	1036.74
1171.30	1113.40	28	0.9167	1.383	1113.40	1002.58	937.80	1084.32
1118.20	1118.20	29	0.9500	1.645	1118.20	1059.61	989.35	1150.03
578.37	1171.30	30	0.9833	2.128	1171.30	1164.80	1083.21	1272.48

**Annexe 2 :**

**Ajustement à une loi de Gauss des données pluviométriques  
St. Bekouche Lakhdar.**

Taille n= 30

Moyenne= 684.737667

Ecart-type= 185.332908

I.C. à (en%)= 80

U Gauss=

1.2817

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
652.10	380.40	1	0.0167	-2.128	380.40	290.26	198.58	359.73
493.60	401.30	2	0.0500	-1.645	401.30	379.83	302.84	439.65
639.70	443.80	3	0.0833	-1.383	443.80	428.38	358.79	483.54
534.90	476.40	4	0.1167	-1.192	476.40	463.83	399.30	515.93
613.60	486.20	5	0.1500	-1.036	486.20	492.65	431.96	542.53
706.70	493.60	6	0.1833	-0.903	493.60	517.45	459.84	565.64
532.84	532.84	7	0.2167	-0.783	532.84	539.57	484.51	586.46
945.30	534.90	8	0.2500	-0.674	534.90	559.79	506.87	605.67
986.40	544.70	9	0.2833	-0.573	544.70	578.62	527.52	623.74
486.20	571.80	10	0.3167	-0.477	571.80	596.40	546.86	640.97
970.60	582.71	11	0.3500	-0.385	582.71	613.41	565.19	657.61
443.80	606.68	12	0.3833	-0.296	606.68	629.82	582.72	673.84
582.71	613.60	13	0.4167	-0.210	613.60	645.81	599.63	689.79
544.70	620.60	14	0.4500	-0.125	620.60	661.50	616.08	705.61
969.00	625.40	15	0.4833	-0.042	625.40	677.01	632.19	721.41
862.90	639.70	16	0.5167	0.042	639.70	692.46	648.07	737.29
825.60	652.10	17	0.5500	0.125	652.10	707.97	663.86	753.39
571.80	706.70	18	0.5833	0.210	706.70	723.67	679.68	769.84
625.40	798.80	19	0.6167	0.296	798.80	739.65	695.64	786.76
798.80	812.60	20	0.6500	0.385	812.60	756.07	711.86	804.29
380.40	815.80	21	0.6833	0.477	815.80	773.07	728.50	822.61
889.50	825.60	22	0.7167	0.573	825.60	790.86	745.74	841.95
812.60	862.50	23	0.7500	0.674	862.50	809.69	763.81	862.60
606.68	862.90	24	0.7833	0.783	862.90	829.91	783.02	884.97
476.40	889.50	25	0.8167	0.903	889.50	852.02	803.83	909.63
401.30	889.70	26	0.8500	1.036	889.70	876.82	826.95	937.51
889.70	945.30	27	0.8833	1.192	945.30	905.64	853.54	970.18
815.80	969.00	28	0.9167	1.383	969.00	941.10	885.94	1010.69
862.50	970.60	29	0.9500	1.645	970.60	989.65	929.83	1066.64
620.60	986.40	30	0.9833	2.128	986.40	1079.22	1009.75	1170.90

**Annexe 3 :**

**Ajustement à une loi de Gauss des données pluviométriques  
St. Bouati mahmoud**

Taille n= 30

Moyenne= 540.416668

Ecart-type= 186.537508

L.C. à (en%)= 80

U Gauss=

1.2817

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
659.45	187.10	1	0.0167	-2.128	187.10	143.37	51.10	213.30
416.90	298.67	2	0.0500	-1.645	298.67	233.52	156.03	293.73
673.75	301.65	3	0.0833	-1.383	301.65	282.39	212.35	337.91
420.60	334.70	4	0.1167	-1.192	334.70	318.08	253.12	370.51
562.39	343.35	5	0.1500	-1.036	343.35	347.08	286.00	397.28
556.80	353.60	6	0.1833	-0.903	353.60	372.04	314.06	420.55
516.80	387.02	7	0.2167	-0.783	387.02	394.30	338.89	441.50
392.51	392.51	8	0.2500	-0.674	392.51	414.66	361.40	460.83
831.91	409.00	9	0.2833	-0.573	409.00	433.61	382.18	479.02
409.00	416.90	10	0.3167	-0.477	416.90	451.51	401.65	496.37
827.77	420.60	11	0.3500	-0.385	420.60	468.62	420.09	513.11
301.65	461.60	12	0.3833	-0.296	461.60	485.14	437.73	529.44
353.60	462.26	13	0.4167	-0.210	462.26	501.24	454.76	545.51
387.02	516.80	14	0.4500	-0.125	516.80	517.03	471.31	561.43
678.43	552.27	15	0.4833	-0.042	552.27	532.64	487.52	577.32
552.27	556.80	16	0.5167	0.042	556.80	548.19	503.51	593.31
298.67	562.39	17	0.5500	0.125	562.39	563.80	519.41	609.52
619.61	581.78	18	0.5833	0.210	581.78	579.60	535.33	626.07
462.26	595.00	19	0.6167	0.296	595.00	595.69	551.39	643.10
581.78	619.61	20	0.6500	0.385	619.61	612.21	567.72	660.74
334.70	644.70	21	0.6833	0.477	644.70	629.32	584.47	679.19
689.90	659.45	22	0.7167	0.573	659.45	647.23	601.81	698.65
664.18	664.18	23	0.7500	0.674	664.18	666.18	620.00	719.44
343.35	673.75	24	0.7833	0.783	673.75	686.53	639.34	741.95
461.60	678.43	25	0.8167	0.903	678.43	708.79	660.29	766.77
187.10	689.90	26	0.8500	1.036	689.90	733.75	683.55	794.84
799.40	799.40	27	0.8833	1.192	799.40	762.76	710.32	827.71
644.70	827.77	28	0.9167	1.383	827.77	798.44	742.93	868.48
989.40	831.91	29	0.9500	1.645	831.91	847.31	787.10	924.80
595.00	989.40	30	0.9833	2.128	989.40	937.46	867.54	1029.74

**Annexe 4 :**

**Ajustement à une loi de Gauss des données pluviométriques  
St.Azzaba**

Taille n=	30	Moyenne=	607.022668			I.C. à (en%)=	80	U Gauss=	1.2817
		Ecart-type=	184.504225						
Valeurs de	Valeurs	Ordre de	Fréquence	Variable	Valeur	Valeur	Borne	Borne	
départ	classées	classement	expérimentale	réduite	expérimentale	théorique	inférieure	supérieure	
634.00	294.30	1	0.0167	-2.128	294.30	214.31	123.04	283.47	
612.19	314.30	2	0.0500	-1.645	314.30	303.47	226.83	363.03	
690.00	420.90	3	0.0833	-1.383	420.90	351.81	282.53	406.72	
461.70	424.43	4	0.1167	-1.192	424.43	387.11	322.86	438.97	
477.52	447.07	5	0.1500	-1.036	447.07	415.80	355.38	465.45	
670.60	461.70	6	0.1833	-0.903	461.70	440.49	383.13	488.46	
424.43	471.80	7	0.2167	-0.783	471.80	462.50	407.69	509.18	
821.80	477.52	8	0.2500	-0.674	477.52	482.63	429.95	528.31	
887.90	489.10	9	0.2833	-0.573	489.10	501.38	450.51	546.29	
471.80	493.80	10	0.3167	-0.477	493.80	519.08	469.76	563.45	
978.30	505.00	11	0.3500	-0.385	505.00	536.01	488.01	580.02	
447.07	505.16	12	0.3833	-0.296	505.16	552.35	505.46	596.17	
509.19	509.19	13	0.4167	-0.210	509.19	568.27	522.30	612.06	
493.80	510.00	14	0.4500	-0.125	510.00	583.89	538.67	627.80	
777.63	581.60	15	0.4833	-0.042	581.60	599.33	554.71	643.53	
638.40	609.70	16	0.5167	0.042	609.70	614.71	570.52	659.34	
489.10	612.19	17	0.5500	0.125	612.19	630.16	586.24	675.37	
505.16	625.30	18	0.5833	0.210	625.30	645.78	601.99	691.75	
635.70	634.00	19	0.6167	0.296	634.00	661.69	617.88	708.59	
625.30	635.70	20	0.6500	0.385	635.70	678.03	634.03	726.04	
294.30	638.40	21	0.6833	0.477	638.40	694.96	650.59	744.28	
911.30	670.60	22	0.7167	0.573	670.60	712.67	667.75	763.54	
609.70	690.00	23	0.7500	0.674	690.00	731.41	685.74	784.09	
420.90	777.63	24	0.7833	0.783	777.63	751.54	704.87	806.36	
505.00	821.80	25	0.8167	0.903	821.80	773.56	725.59	830.91	
314.30	836.39	26	0.8500	1.036	836.39	798.25	748.60	858.67	
836.39	887.90	27	0.8833	1.192	887.90	826.94	775.07	891.19	
581.60	911.30	28	0.9167	1.383	911.30	862.23	807.32	931.51	
975.60	975.60	29	0.9500	1.645	975.60	910.57	851.02	987.22	
510.00	978.30	30	0.9833	2.128	978.30	999.74	930.58	1091.01	

Annexe 5 :

**Tableau 5: Calcul du bilan hydrologique selon la méthode de C.W.Thornthwaite  
Station de Ain Charchar (1976/77-2005/06)**

<b>Mois</b>	<b>sep</b>	<b>oct</b>	<b>nov</b>	<b>dec</b>	<b>jan</b>	<b>fev</b>	<b>mar</b>	<b>avr</b>	<b>mai</b>	<b>jui</b>	<b>juil</b>	<b>aou</b>	<b>Total</b>
<b>Pmoy(mm)</b>	33.9	59	97.42	129.26	106.71	85.48	66.17	66.15	38.47	12.46	2.03	4.45	701.5
<b>T Moy(°c)</b>	23.5	20.8	16.5	13.7	12.4	12.7	14	15.5	18.6	21.9	24.7	25.5	18.32*
<b>k</b>	1.05	0.91	0.75	0.7	0.73	0.78	1.02	1.15	1.32	1.33	1.33	1.24	
<b>i</b>	10.41	8.66	6.1	4.6	3.96	4.1	4.75	5.55	7.31	9.36	11.23	11.78	87.8
<b>ETP(mm)</b>	109.26	75.09	39.86	26.13	22.55	25.21	39.67	54.27	88.08	121.04	152.13	150.69	903.98
<b>ETR(mm)</b>	33.9	59	39.86	26.13	22.55	25.21	39.67	54.27	88.08	62.85	2.03	4.45	458
<b>RFU(mm)</b>	0	0	57.56	100	100	100	100	100	50.39	0	0	0	
<b>ECO(mm)</b>	0	0	0	60.69	84.16	60.27	26.5	11.88	0	0	0	0	243.5
<b>DEF(mm)</b>	75.36	16.09	0	0	0	0	0	0	0	58.19	150.1	146.24	445.98

**Annexe 6 :**

**Tableau 6 : Calcul du bilan hydrologique selon la méthode de C.W.Thornthwaite  
Station de Bouati Mahmoud (1976/77-2005/06)**

<b>Mois</b>	<b>sep</b>	<b>oct</b>	<b>nov</b>	<b>dec</b>	<b>jan</b>	<b>fev</b>	<b>mar</b>	<b>avr</b>	<b>mai</b>	<b>jui</b>	<b>juil</b>	<b>aou</b>	<b>Total</b>
<b>P(mm)</b>	33.06	53.31	88.48	113.17	101.25	83.91	67.83	64.32	51.08	15.98	3.71	8.64	684.74
<b>T Moy(°c)</b>	23.5	20.8	16.5	13.7	12.4	12.7	14	15.5	18.6	21.9	24.7	25.5	18.32*
<b>k</b>	1.05	0.91	0.75	0.7	0.73	0.78	1.02	1.15	1.32	1.33	1.33	1.24	
<b>i</b>	10.41	8.66	6.10	4.60	3.96	4.10	4.75	5.55	7.31	9.36	11.23	11.78	87.80
<b>ETP(mm)</b>	109.26	75.09	39.86	26.13	22.55	25.21	39.67	54.27	88.08	121.04	152.13	150.69	903.98
<b>ETR(mm)</b>	33.06	53.31	39.86	26.13	22.55	25.21	39.67	54.27	88.08	78.98	3.71	8.64	473.47
<b>RFU(mm)</b>	0	0	48.62	100	100	100	100	100	63	0	0	0	
<b>Eco(mm)</b>	0	0	0	35.66	78.7	58.7	28.16	10.05	0	0	0	0	211.27
<b>DEF(mm)</b>	76.20	21.78	0	0	0	0	0	0	0	42.06	148.42	142.05	430.51

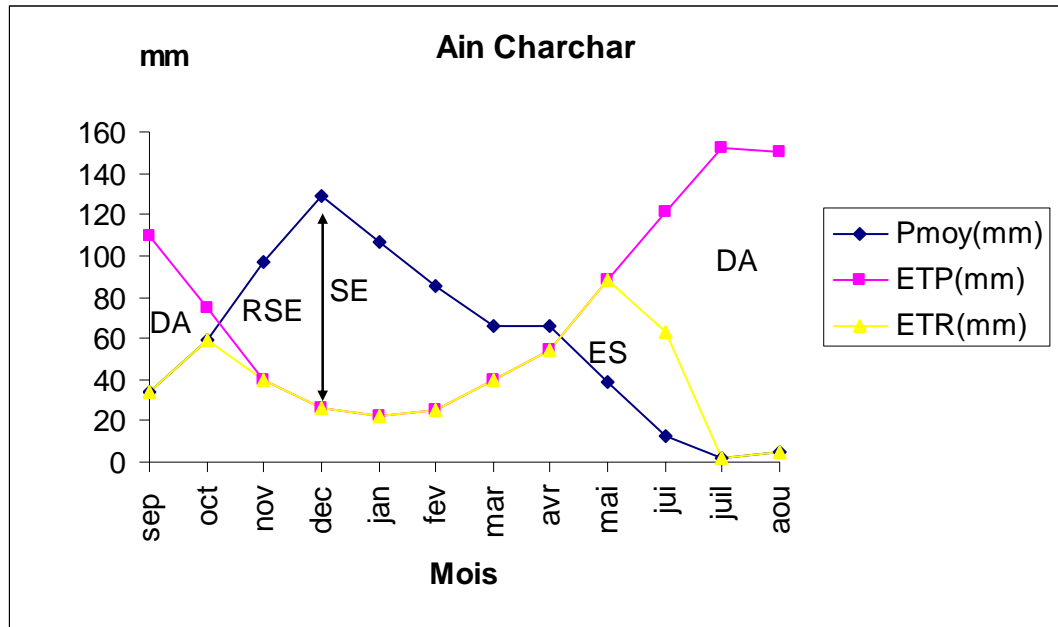
\* température moyenne annuelle.

**Annexe 7 :**

**Tableau 7 : Calcul du bilan hydrologique selon la méthode de C.W.Thornthwaite  
Station de Bekouche Lakhdar (1976/77-2005/06)**

<b>Mois</b>	<b>sep</b>	<b>oct</b>	<b>nov</b>	<b>dec</b>	<b>jan</b>	<b>fev</b>	<b>mar</b>	<b>avr</b>	<b>mai</b>	<b>jui</b>	<b>juil</b>	<b>aou</b>	<b>Total</b>
<b>P (mm)</b>	23.95	44.21	74.38	100.73	88.6	70.78	53.53	50.96	20.92	7.24	0.68	4.47	540.45
<b>T Moy(°c)</b>	23.5	20.8	16.5	13.7	12.4	12.7	14	15.5	18.6	21.9	24.7	25.5	18.32
<b>k</b>	1.05	0.91	0.75	0.7	0.73	0.78	1.02	1.15	1.32	1.33	1.33	1.24	
<b>i</b>	10.41	8.66	6.10	4.60	3.96	4.10	4.75	5.55	7.31	9.36	11.23	11.78	87.80
<b>ETP(mm)</b>	109.26	75.09	39.86	26.13	22.55	25.21	39.67	54.27	88.08	121.04	152.13	150.69	903.98
<b>ETR(mm)</b>	23.95	44.21	39.86	26.13	22.55	25.21	39.67	54.27	88.08	36.77	0.68	4.47	405.85
<b>RFU(mm)</b>	0	0	34.52	100.00	100	100	100	96.69	29.53	0	0	0	
<b>Eco(mm)</b>	0	0	0	9.12	66.05	45.57	13.86	0	0	0	0	0	134.6
<b>DEF(mm)</b>	85.31	30.88	0	0	0	0	0	0	0	84.27	151.45	146.22	498.13495

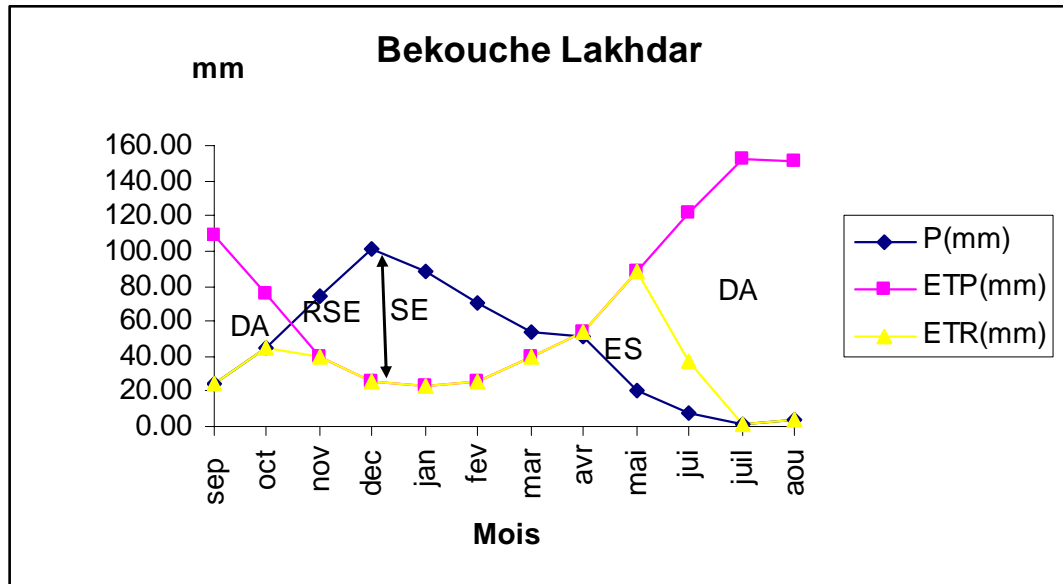
**Annexe 8 :**



DA : Déficit agricole ; SE : Surplus d'eau ; ES : Epuisement de stock ; RSE : Recharge du sol en eau.

**Fig. 1 : Représentation graphique du bilan de C.W.Thornthwaite**

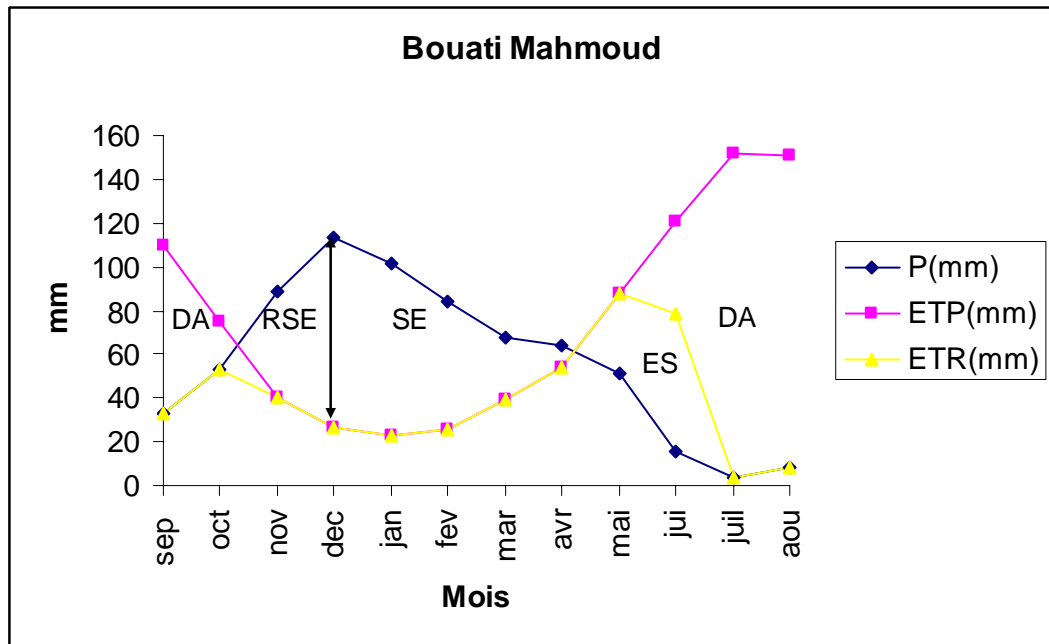
Annexe 9 :



DA : Déficit agricole ; SE : Surplus d'eau ; ES : Epuisement de stock ; RSE : Recharge du sol en eau.

Fig. 2 : Représentation graphique du bilan de C.W.Thornthwaite

Annexe 10 :



DA : Déficit agricole ; SE : Surplus d'eau ; ES : Epuisement de stock ; RSE : Recharge du sol en eau.

**Fig. 3: Représentation graphique du bilan de C.W.Thornthwaite**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- ARROUCHE .Y.E. (1988) Application des techniques de diagraphies dans le domaine de la prospection minière (gisement de Fendek-Azzaba). Mém ing d'état en géologie minière. Univ de Annaba pp.82.
- A.B.H.-C.S.M (de 1999 à 2004), *Les Cahiers de l'Agence*, Agence de Bassin Hydrographique Constantinois-Seybouse-Mellegue, Constantine.
- BENCHAIBA L (2006). Condition d'écoulement et impact sur la mobilisation des ressources en eau. Bassin versant de l'Oued Bouhamdene (W. DE GUELMA EST ALGERIEN). Mémoire de Magister en Hydraulique Option : Mobilisation des ressources hydriques. Université de Batna. 180 p.
- NO. R et al. (2004) Ressources en eau, usages et concurrences dans la Jeffara tunisienne. Documents de recherche n° 1. Laboratoire Population – Environnement – Développement, Unité Mixte de Recherche IRD – Université de Provence 151 . 38 p.
- CASTANY G (1968) Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Edition Dunod (1982). Université Pierre et Marie-Curie Paris VII.
- CASTANY G., 1982, *Hydrogéologie. Principes et méthodes*, Paris, Dunod, 236 p.
- CEMAGREF, 1989, *Hydrologie appliquée aux petits bassins*, Antony, Division Hydrologie, Hydraulique fluviale et souterraine, 528 p.
- COTE M., 1983, L'eau en Algérie, mise en oeuvre et utilisation. Essai de mise au point, Colloque : *L'eau en Algérie : ressources et utilisations*, Constantine, Institut des Sciences de la terre, 10-13 avril 1983, 16 p.
- COOPERATION TECHNIQUE ALGERO-ALLEMANDE (GTZ) ,2005 Soutien au MRE pour l'Établissement des Plans Directeurs d'Aménagement des Ressources en Eau (PDARE) - Phase 2004 – 2006 –
- DAOUD.A (2002) Les ressources en eaux en Tunisie. Bilan et perspective. Département de Géographie. Faculté des Lettres et Sciences Humaines de Sfax.

- PATRICK .M et al. (2007) La gestion intégrée des ressources en eau et le sous-secteur de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement domestiques, Cahier Thématique 9-F. IRC, Centre International de l'Eau et de l'Assainissement. Pays-Bas, 51 P.
- DAVID ETCHEVERRY (2001) Une approche déterministe des distributions des temps de transit de l'eau souterraine par la théorie des réservoirs. Thèse de Doctorat. Institut de Géologie Université de Neuchatel.
- FERRAH .A et YAHIAOUI. S, (2004) Eau et agriculture en Algérie, problématique et enjeux, GREDAAL. Algérie, 17 P.
- FEUILLETTE. S, (2001) Vers une gestion de la demande sur une nappe en accès libre : exploration des interactions ressources usages par les systèmes multi-agents, application à la nappe de Kairouan, Tunisie centrale, Thèse de doctorat, université Montpellier II, 350 P.
- GEORGES .G.(2004) Gestion intégrée de l'eau par bassin versant :concepts et application. Direction de la politique de l'eau, ministère de l'environnement, Canada. Pp.46
- HEOUAINE. A et TATAT .N, (2007) Qualité des eaux superficielles et souterraines de la région de Azzaba- Relation entre minéraux et solutions, mémoire d'ingénieur en hydrogéologie. 122 p. Université Badji Mokhtar- Annaba.
- LABORDE J.-P., (2000a) *Hydrologie de surface*, Cours Université de Nice – Sophia Antipolis, 191 p.
- LABORDE J-P., (2000b) *Hydrolab*. Logiciel de traitement statistique des données hydrologiques, Université de Nice- Sophia Antipolis.
- LOUBIER S. (2003) Gestion durable des aménagements hydraulique agricole : conséquences sur la tarification et les politiques publiques en hydraulique agricole. Thèse de Doctorat. Université de Montpellier.
- MARGAT J. VALLEE D (2000) Ressources en eau et utilisations dans les pays méditerranéens : Repères et statistiques.
- OFFICE NATIONAL DES STATISTIQUES, (1999) *Recensement général de la population et de l'habitat – RGPH 1998*, Alger, O.N.S, Collections statistiques.
- KHENTOUCH A (2005). Contribution à l'étude quantitative et qualitative de l'érosion dans le bassin versant de Oued Nefla (W. de Batna). Mémoire de Magister en Aménagement en milieu physique.113 p. Université de Batna.

- REYNAUD. A, (2000) Gestion durable d'une ressource naturelle, le cas du système aquifère GRONDIN, thèse de doctorat, université de Toulouse, 319 P.
- REMENIERAS. G, (1980) *L'hydrologie de l'ingénieur*, Paris, Eyrolles, 456 p.
- RAOULT.J.F., (1974) Géologie du centre de la chaîne numidique (N. du Constantine, Algérie). Thèse Sc. Paris.mém.soc.géol.de France. Pp.27-46.
- SELTZER. P., (1946) *Le climat de l'Algérie*, Alger, Institut de Météorologie et de Physique du Globe, Carbonnel, 219 p.
- VILLA.J.M., (1980) La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algéro-Tunisienne. Tome I et II. Thèse Doc. Univ. P. - M.- Curie (Paris VI).
- VODOSTRBI (1989-2000) Descriptif général du barrage Zit Emba sur l'oued ElHamam, ANB, Algérie.
- YOUNSI C. LAMARI S. (1988) Géologie et minéralisation du gisement de Mra-Sma I à HG (Pb, Zn) et de l'indice de Grayer à Pb(Hg) de la chaîne nord-numidique (Azzaba-Algérie). Mém d'ing d'état en géologie minière. Univ Houari Boumediene, Alger pp.73.

**CITE INTERNET CONSULTES :**

[www.abh.org.net](http://www.abh.org.net)

[www.hydrogeologie.com](http://www.hydrogeologie.com)

[www.legalis.net](http://www.legalis.net)

[www.inra.fr](http://www.inra.fr)

[www.mre.gov.dz](http://www.mre.gov.dz)

[www.ineris.fr](http://www.ineris.fr)

[www.oiseau.fr](http://www.oiseau.fr)

[www.riob.org](http://www.riob.org)

[www.semide.org](http://www.semide.org)

[www.univ-montp2.fr](http://www.univ-montp2.fr)

[www.u-picardie.fr](http://www.u-picardie.fr)

**LES CARTES :**

- ◆ Carte géologique de l'extrême Nord-est algérien (d'après J.M VILLA.1978).
- ◆ Carte topographique de Azzaba (1/50 000)
- ◆ Carte topographique de Bugeaud (1/50 000)
- ◆ Carte topographique de Cap de Fer (1/50 000)
- ◆ Carte topographique de Djebel Fil Fila (1/50 000)
- ◆ Carte topographique de Guelma (1/50 000)
- ◆ Carte topographique de Hammam Maskhoutine (1/50 000)
- ◆ Carte topographique de Penthièvre (1/50 000)
- ◆ Carte topographique de Philippeville (1/50 000)