

REPUBLICQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abbes Laghrour – Khenchela –

Institut des sciences de la Nature et de la Vie

Département de l'Ecologie et de l'Environnement

## Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de Master académique

Option : Génie de l'Environnement

### Thème

*CLASSIFICATION GEOCHIMIQUE DES EAUX  
DU LAC DU BARRAGE DE BABAR  
– KHENCHELA-*

#### Devant le Jury :

**Président :** KADI . K ,MCB , univ kenchela

**Examineur :** HALASSI . I ,MAA , univ kenchela

**Encadreur :** DIB . D ,MAA , univ kenchela

#### Présenté par :

\*DJEBAILI Narimene

\*HEZIL Sorya

Année Universitaire

**2011/2012**

## *Remerciement*

*Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur M<sup>eme</sup> Dib D, son précieux conseil et son aide durant toute la période de travail.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche, en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leur proposition.*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail surtout mes frères*



## *DEDICACES :*

*Nous prions Dieu de les garder à jamais dans nos mémoires.*

*A nos très chers parents ;*

*Nos merveilleuses mères, irremplaçables qui nous ont offert  
tout le courage et la volonté*

*d'étudier avec amour a fin devenir bénéfique,*

*Nos pères qui nous ont guidé et orienté vers le bon chemin  
la réussite*

*A nos frères, A nos sœurs*

*Et surtout Mer **Hezil Razki***

*Aux deus familles **Djebaili** et **Hezil**: nos oncles, et nos tantes*

*Nos très chères amies surtout **Miyada** .*

*Tous les étudiants de la promotion de génie d'environnement*

*A tous ceux qui nous sont chers*

*Merci pour tous !...*

***Narimene et Sorya***

# LISTE DES FIGURES

N <sup>o</sup>	TITRE DE FIGURES	Page
01	La carte de la situation géographique de la zone	02
02	Carte administratif de la wilaya de Khenchela	03
03	Carte géologique du bassin versant de l' Oued El Arab	06
04	Carte lithologique du bassin versant de l' Oued El Arab	08
05	La courbe hypsométrique	13
06	Le réseau hydrographique de bassin versant de Oued El Arab	16
07	Profile en long des principaux cours d'eau du bassin versant de Oued El Arab	18
08	Variation des température mensuelles à la station de Babar (2000-2010)	21
09	Evolution des précipitations annuelles à la station de Babar (2000-2010)	22
10	Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station de Babar(2000-2010)	22
11	Représentation graphique du bilan hydrique	25
12	Diagramme ombrothermique	29
13	Abaque de l'indice d'aridité annuel de De Martonne	30
14	Climagramme de L'EMBERGER	32
15	Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien Côte M., 1998)	33
16	situation des stations d'eaux ( S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , S <sub>3</sub> , S <sub>4</sub> )	37
17	Diagramme de piper des eaux de surface du bassin versant de Oued El Arab	39
18	Diagramme des analyses des eaux de surface du bassin versant de Oued El Arab	40

19	Evolution de la température de l'eau de surface dans le temps au niveau de la stations 1	42
20	Evolution de la conductivité électrique des eaux de surface dans le temps au niveau de la S1	43
21	Evolution du pH des eaux de surface dans le temps au niveau de la station 1	44
22	Evolution de la teneur du calcium des eaux de surface dans le temps au niveau de la S1	45
23	Evolution de la teneur du magnésium des eaux de surface dans le temps au niveau de la S1	46
24	Evolution de la teneur du Potassium des eaux de surface dans le temps au niveau de la S1	47
25	Evolution de la teneur du sodium des eaux de surface dans le temps au niveau de la S1	48
26	Evolution de la teneur des chlorures des eaux de surface dans le temps au niveau de la S1	49
27	Evolution de la teneur des Bicarbonates des eaux de surface dans le temps au niveau de la S1	50
28	Evolution de la teneur des Sulfate des eaux de surface dans le temps au niveau de la S1	51
29	Variation de l'évolution des éléments chimiques au niveau da la S1 pendant la période (2009-2012)	51
30	Diagramme de classification des eaux pour l'irrigation de Oued El Arab Selon la méthode du SAR	53



## \*\*\*LISTE DES ABRÉVIATIONS\*\*\*

---

### ❖ Première partie

**C<sub>t</sub>** : Coefficient de torrentialité.

**DA** : Déficit Agricole.

**D<sub>d</sub>** : Densité de drainage.

**D<sub>s</sub>** : Dénivelé spécifique.

**ETP** : l'évapotranspiration potentielle.

**ETR** : l'évapotranspiration réelle.

**EX** : l'excident.

**H<sub>max</sub>** : Altitude maximale.

**H<sub>min</sub>** : Altitude minimale.

**H<sub>moy</sub>** : Altitude moyenne.

**I** : Largeur du rectangle équivalent.

**I** : La lame d'eau infiltrée.

**I<sub>g</sub>** : Indice de pente globale.

**I<sub>m</sub>** : Indice de pente moyenne.

**K<sub>c</sub>** : Indice de compacité.

**L** : Longueur du rectangle équivalent.

**P** : périmètre.

**P** : pluviométrie.

**R** : Ruissellement.

**RFU** : Réserve Facilement Utilisable.

**S** : Surface.

**T<sub>c</sub>** : Temps de concentration.

**V<sub>v</sub>** : Vitesse de concentration.

## \*\*\*LISTE DES ABRÉVIATIONS\*\*\*

---

### ❖ Deuxieme partie

**C°** : Température.

**Ca<sup>++</sup>** : Calcium.

**CE** : Conductivité Electrique.

**Cl** : Chlorure.

**HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : Bicarbonate.

**K<sup>+</sup>** : Potassium.

**Mg<sup>++</sup>** : Magnésium.

**Na<sup>+</sup>** : Sodium.

**PH** : Potentiel d'Hydrogène.

**SAR** : Taux du sodium adsorbé.

**SO<sub>4</sub>** : Sulfate.

# LISTE DES TABLEAUX

N <sup>o</sup>	Titre de Tableau	Page
01	Les formations lithologiques du bassin versant de Oued El Arab	07
02	Répartition de l'altitude en fonction de la surface	13
03	Classification de l'ORSTOM	15
04	Récapitulatif des caractéristiques du bassin versant	19
05	Températures moyennes mensuelles et annuelles à la station de Babar pour la période (2000-2010)	20
06	Valeurs de l'ETP estimées par la formule de Thornthwaite	23
07	Calcul du bilan hydrologique à la station de Babar par la méthode de Thornthwaite	25
08	La lame d'eau ruisselée pour la station de Babar	27
09	La lame d'eau infiltrée estimée à l'aide du bilan hydrologique.	27
10	Les différentes composantes du bilan hydrologique pour la station de Babar.	27
11	Les coordonnées des stations : ( S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub> , S <sub>3</sub> , S <sub>4</sub> )	36
12	Faciès chimiques des eaux superficielles de barrage Babar	37
13	Faciès chimiques des eaux superficielles de l'Oued El Htiba et Oued Tamagra	38
14	Variation de la température dans le temps au niveau des quatre stations	41
15	Variation de la conductivité électrique en fonction du temps au niveau des quatre stations	42
16	Variation de Potentiel d'hydrogène en fonction du temps au niveau des quatre stations.	43
17	Variation de la teneur du calcium au niveau des quatre stations (mg/l)	44
18	Variation de la teneur du magnésium en fonction du temps au niveau des quatre stations(mg/l)	45
19	Variation de la teneur du Potassium en fonction du temps au niveau des quatre stations (mg/l).	46
20	Variation de la teneur du sodium en fonction du temps au niveau des quatre stations (mg/l)	47
21	Variation de la teneur des chlorures en fonction du temps au niveau des quatre stations (mg/l)	48
22	Variation de la teneur des Bicarbonates en fonction du temps au niveau des quatre stations (mg/l)	49
23	Variation de la teneur des Sulfate en fonction du temps au niveau des quatre stations (mg/l)	50

**Première partie : Géologie, Géomorphologie et hydroclimatologie du bassin versant**  
**Introduction Générale**

<b>CHAPITRE 1 : Géologie</b>	<b>02</b>
1.1. La situation géographique.....	02
1.2. Cadre géologique régional.....	04
1.3. Cadre géologique local.....	04
1.3.1. Le Crétacé supérieur.....	04
1.3.1.1. Maestrichtien supérieur.....	04
1.3.1.2. Maestrichtien inférieur.....	05
1.3.1.3. Campanien.....	05
1.3.1.4. Santonien et Coniacien.....	05
1.3.2. Le Crétacé moyen.....	05
1.3.2.1. Turonien (moyenne et supérieur).....	05
1.3.2.2. Turonien basal.....	05
1.3.2.3. Cénomaniens supérieur.....	05
1.3.2.4. Cénomaniens moyen.....	05
1.3.2.5. Cénomaniens inférieur.....	05
1.3.3. Le Crétacé inférieur.....	05
1.3.3.1. Le Barrémien.....	05
1.3.3.2. Albien.....	05
1.3.3.3. Aptien.....	06
1.3.4. Le Quaternaire.....	06
1.4. La lithologie.....	08
Conclusion.....	10
<b>CHAPITRE 2 : La Géomorphologie</b>	<b>11</b>
Introduction.....	11
2.1. Le milieu physique.....	11
2.1.1. Les montagnes.....	11
2.1.2. Les piedmonts.....	11
2.1.3. La plaine.....	11
2.2. Occupation actuelle des sol.....	11
2.3. Caractéristiques géomorphologiques du bas sin versant de Oued El Arab...	12
2.3.1. La surface du bassin versant.....	12
2.3.2. Le périmètre du bassin versant.....	12
2.3.3. Indice de compacité Kc.....	12
2.4. Répartition de l'altitude et Courbe hypsométrique.....	13
2.4.1. Les altitudes caractéristiques.....	13
2.4.1.1. Les altitudes minimale et maximale.....	13
2.4.1.2. L'altitude moyenne.....	13
2.4.2. Indice de pente moyenne ( $I_m$ ).....	15
2.4.3. Indice de pente globale ( $I_g$ ).....	15
2.4.4. Dénivelée spécifique ( $D_s$ ).....	15
2.5. Le réseau hydrographique.....	16
2.5.1. Caractéristiques du réseau hydrographique.....	16
2.5.1.1. Densité de drainage $D_d$ .....	16
2.5.1.2. Coefficient de torrentialité.....	18
2.5.1.3. Temps de concentration.....	18
2.5.1.4. Vitesse de concentration.....	19

2.6. Profil en long des principaux cours d'eau du bassin versant de Oued El Arab.....	19
Conclusion.....	20
<b>CHAPITRE 3 : Hydroclimatologie</b>	
Introduction.....	21
3.1. Etude des facteurs climatiques.....	21
3.1.1. La température.....	21
3.1.2. La Pluviométrie.....	22
3.1.2.1. Variations interannuelles des précipitations.....	22
3.1.2.2. Variations moyennes mensuelles des précipitations.....	22
3.1.3. Régime des vents.....	24
3.1.4. L'évaporation.....	24
3.1.4.1. Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP).....	24
3.1.4.2. Estimation de l'évapotranspiration réelle(ETR).....	24
3.1.5. Calcul du bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite.....	25
3.1.6. Interprétation du bilan hydrologique.....	27
3.1.7. Estimation du bilan d'eau.....	27
3.1.7.1. Les différentes composantes du bilan.....	27
3.1.7.1.1. Le ruissellement.....	27
3.1.7.1.2. Estimation de la lame d'eau infiltrée.....	28
3.2. Hydrologie.....	28
3.2.1. L'écoulement moyen annuel.....	29
3.2.2. Bilan hydrologique et le déficit d'écoulement.....	29
3.2.3. Estimation des Apports.....	29
3.2.3.1. Les Apports Liquides.....	29
3.2.3.2. Les apports solides.....	29
3.3. Caractérisation du climat.....	30
3.3.1. Diagramme ombrothermique.....	30
3.3.2. Indice de De Martonne.....	30
3.3.3. Climagramme de Louis Emberger.....	31
3.3.4. Indice de Paul Moral.....	33
3.3.5. Comparaison des indices climatiques.....	34
Conclusion.....	35
<b><u>Deuxième partie : Classification des eaux du barrage de BABAR</u></b>	
Introduction.....	36
4.1. Prélèvement.....	36
4.2. Méthode d'échantillonnage.....	36
4.2.1. Suivi chimique.....	36
4.3. Les faciès chimiques.....	37
4.4. Représentation graphique des faciès hydrochimiques.....	38
4.4.1. Diagramme de PIPER.....	38
4.4.2. Diagramme de SCHOELLER-BERKALOFF.....	39
4.5. Etude de l'origine du chimisme des eaux superficielles.....	40
4.6. Evolution des paramètres physiques en fonction du temps.....	41
4.6.1. Les paramètres physiques.....	41
4.6.1.1. La température (C°).....	41
4.6.1.2. Conductivité électrique (CE).....	42
4.6.1.3. Potentiel d'hydrogène (PH).....	43
4.6.2. Les Eléments chimiques.....	44
4.6.2.1. Les cations.....	44

**\*\*\*Table des matières\*\*\***

---

4.6.2.1.1. Le calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ).....	44
4.6.2.1.2. Magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ).....	45
4.6.2.1.3. Potassium ( $\text{K}^{+}$ ).....	46
4.6.2.1.4. Sodium ( $\text{Na}^{++}$ ).....	47
4.6.2.2. Les Anions.....	48
4.6.2.2.1. Chlorures ( $\text{Cl}^{-}$ ).....	48
4.6.2.2.2. Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^{-}$ ).....	49
4.6.2.2.3. Sulfates ( $\text{SO}_4^{-}$ ).....	50
4.7. Qualité des eaux pour l'irrigation.....	51
4.7.1. Classification de Richard.....	52
Conclusion.....	54
Conclusion Générale	

## INTRODUCTION GENERALE

Les écoulements superficiels en Algérie concernent principalement la partie septentrionale qui s'étend sur une superficie d'environ 300,000 km<sup>2</sup> au nord de la ligne Béchar-Laghouat-Biskra. [2]

Du fait de l'appartenance de l'Algérie à la zone aride et semi-aride, compte tenu de la nature des bassins-versants, les régimes hydrologiques algériens, ces caractéristiques rendent faciles la réalisation des barrages. [2]

L'Algérie dispose d'une grande capacité de réception avec seize grands bassins versants, comme le sous bassin versant de Oued El Arab qui appartient au bassin de Chott Melrhir. Le barrage de Babar a été construit pour satisfaire la demande en eau potable des villes de Babar, Checher, Ain Djerbaou, Bouhmama et Tamza, de même que pour l'irrigation en aval du barrage. [4]

Dans cette étude nous chercherons à connaître l'origine du chimisme des eaux de barrage Babar.

Pour réaliser cette étude, nous avons adopté la méthodologie suivante :

- ✓ Dans la première partie : Nous avons abordé trois chapitre :
  - **Le premier chapitre** : la géologie en temps que celle-ci influence la qualité des eaux de surface.
  - **Le deuxième chapitre** : nous avons essayé d'étudier les caractéristiques morphologiques du bassin versant qui jouent un rôle important sur le ruissèlement et donc sur le volume d'eau stocké et sur le comportement hydrologique.
  - **Le troisième chapitre** : nous avons abordé le coté hydroclimatologique à fin de déterminer les facteurs climatiques qui influent sur les débits instantanés au niveau de la station de Babar .
- ✓ Dans la deuxième partie : Nous avons achevé notre travail par une étude approfondie de la qualité des eaux du barrage de Babar et celle des Oueds qui l'alimentent.

## CHAPITRE 1 : Géologie

### 1.1 La situation géographique

Le lac de barrage de Babar appartient au sous bassin de Babar , commune Babar, et au bassin versant de chott Melghir.

Le barrage a été construit sur oued el Arab et son bassin versant a une superficie de 567 km<sup>2</sup> environ qui il est délimité par ; les montagnes des Aurés dont les principaux sont Dj – Chentgomma et Dj- Aidel au nord –ouest. Dj –Tdliste et Dj-Bougendag à l’Est et Sud –Est. la plaine de Khenchela au nord et au Nord-Est .entre les deux ensembles physiques des montagnes s’intercale une vaste plaine appelée haute plaine de Djahfa , qui est drainée par des oueds secondaires ( o . Tamagra et o. El Htiba ) qui se rejoignent (figure 1). [4]

D’une très grande superficie de l’ordre de 355000 ha soit 3550 km<sup>2</sup>, la commune de Babar en même temps chef lieu de daïra, occupe à elle seule 36% (plus du 1/3) de la surface totale de la wilaya de khenchela .

Sur le plan agro –écologique, cette commune constitue une composante de la zone montagneuse des monts des Nememcha qui s’étendent de la wilaya de Biskra à l’Ouest et Tébessa à l’Est.

C’est une commune qui se caractérise par une géomorphologie complexe où dominant deux types de relief :

\* Une zone montagneuse au nord et au centre (monts des Nememcha et de Zoui de plaine alluviale au sud (plateau présaharien).

Du point de vue relief, elle appartient à trois zones agro-écologiques bien distinctes qui sont du nord au sud :

- Les monts semi-arides de Zoui à vocation agropastorale.
- Les monts arides des Nememcha à vocation pastoral.
- Le plateau saharien de Negrine à vocation agricole.

Elle se caractérise aussi par sa faible densité de peuplement qui ne dépasse par les 08 Hab/km<sup>2</sup>, concentré dans la zone nord du chef lieu de la commune.

Sur le plan administratif, la daïra de Babar englobe sous sa tutelle uniquement la commune de Babar.

Elle est délimitée (figure 2) :

- à l’Est par la commune d’el Mahmel, Ouled Rechache et la wilaya de Tebessa.
- à l’Ouest par la commune de kheirane, Chachar et la wilaya de Biskra
- au Nord par la commune d’Ensigna.
- au Sud par la wilaya d’el oued.[1]





Fig n°2 : carte administratif de la wilaya de Khenchela.[2]

## 1.2. Cadre géologique régional

La géologie est une partie très importante dans toute étude hydrologique et hydrochimique. ainsi, la lithologie, la tectonique et la structure géologique jouent un rôle primordial sur la qualité des eaux suite à la dissolution des minéraux qui se trouvent dans la roche et sur la quantité d'eau qui ruissèle ou s'infiltré selon le type du terrain (perméable ou imperméable). R.Laffitte (1939) a remarqué que depuis le Trias, la région est formée par des dépôts épicontinentaux de faciès divers d'épaisseur variable. Dans cette période, la région présaharienne représentait une plate-forme qui se caractérisait par l'accumulation de différents sédiments.

Du point de vue tectonique, la région présaharienne se rapporte à l'Atlas tunisien séparé de l'Atlas saharien par le massif des Aurès avec un point culminant à 2328 m.[2].

## 1.3. Cadre géologique local

Les formations représentent dans la zone d'étude (figure 3) sont :

### 1.3.1. Le Crétacé supérieur

#### 1.3.1.1. Maestrichtien supérieur

C'est un assise constante et homogène de calcaires massifs blanchâtres grumeleux, en bancs décimétriques ou métriques, à large stratification oblique avec les empreintes d'inocérames ; il contient des modules de silex et des testes de lamellibranches. Les principaux affleurements

constituent le Djebel Tadleste et Djebel Bouzendag et aussi le sommet de Djebel Djahfa. L'épaisseur de ces formations ne dépasse pas les 95m.

#### **1.3.1.2. Maestrichtien inférieur**

Il est constitué par une alternance de marnes beiges et de calcaires ocre ou beiges avec une épaisseur de 40 m.

#### **1.3.1.3. Campanien**

Il comporte à sa base une barre de marnes crayeuses, en bancs décimétriques ou métriques. A la fin on a un passage de marnes avec une épaisseur de 65m. Au dessus se développe 150m de marnes noires à microfaune comparable qui est bien visible dans les différentes parties du bassin versant surtout sur les limites Sud.

#### **1.3.1.4. Santonien et Coniacien**

Ils s'agissent des marnes à la base et au sommet quelque barres de marno-calcaires, il se trouve essentiellement sur le flanc Sud de Djebel Djehfa. Il ne dépasse pas les 100m.

### **1.3.2. Le Crétacé moyen**

#### **1.3.2.1. Turonien (moyenne et supérieur)**

Il est formé par une alternance de marnes grises et des calcaires zoogéniques noduleux. La prédominance des intercalations calcaires crée une barre bien visible dans la morphologie au Nord-Ouest du bassin, avec une épaisseur de 150m.

#### **1.3.2.2. Turonien basal**

La base de cet ensemble est constituée par quelques mètres de marno-calcaires blanchâtres en plaquettes fines à cassures noirâtres bitumineuses. L'épaisseur de cette formation est de 200m.

#### **1.3.2.3. Cénomaniens supérieur**

Le sommet de cet étage est formé par des calcaires sous forme d'une barre avec des cassures écailleuses ayant un aspect bitumineux et à films centimétriques de marnes gris-bleu. Au sommet, on retrouve un niveau de nodules de pyrite qui constitue un repère constant dans la région. La formation a une épaisseur de 30 m.

#### **1.3.2.4. Cénomaniens moyen**

C'est une puissante formation qui débute par 650m de marne grise accompagnée sporadiquement de micrites gris blanchâtres à fins tests de lamellibranches.

#### **1.3.2.5. Cénomaniens inférieur**

Il s'agit de marne grise accompagnée de biomicrite argileuse grise avec des niveaux de glauconies et des empreintes d'ammonites, sur une épaisseur de 100m.

### **1.3.3. Le Crétacé inférieur**

#### **1.3.3.1. Le Barrémien**

Il affleure au Nord Ouest du bassin versant à (Dj.Aidel) sous forme d'une petite bande locale. Sa lithologie est constituée essentiellement de matériaux détritiques (grés, calcaires, gréseux, grés quartzeux, conglomérat et marnes vertes ou rouges.)

#### **1.3.3.2. Albien**

Il entoure régulièrement l'anticlinal de Khenchela en formant une ceinture plus au moins continue au dessus de l'Aptien. Ils'agit d'une alternance de grés et de marne grise, des dolomies et d'argiles grises. La limite inférieure correspond à une surface minéralisée dans les limites Nord-Ouest du bassin à Djebel El Aidel et Tadlist avec une épaisseur totale de 160 m.

**1.3.3.3. Aptien**

Il est formé essentiellement de bas à haut par:

- Une alternance d'oomicrite, d'oosparite et de calcaire marneux;
- Une alternance de grés blancs et d'oosparites grises;
- Une alternance de marne grise et d'oomicrite.

Cet étage est caractérisé par des calcaires dolomitiques fortement minéralisés (fer, azurite, malachite, barytine) largement développés au sommet des montagnes au N-W avec une épaisseur totale est de 330m.

**1.3.4. Le Quaternaire**

Il couvre une très vaste surface de (60%) de la surface totale du bassin avec une épaisseur assez limitée. Ce ci est du au processus d'érosion intensif qui provoque l'arrachement des formations superficielles sur les pentes raides.

Le Quaternaire se développe sur les pentes douces entre les deux chaînes de montagne qui limitent le bassin versant par le Nord-Ouest et le Sud-Est. En général, il est représenté par des alluvions qui forment deux terrasses: inférieure et supérieure

**A. Terrasse supérieure**

Les alluvions de la terrasse supérieure sont limitées et sont représentées par des terrains argileux et graveleux. Leur épaisseur totale ne dépasse pas les 5 m.

**B. Terrasse inférieure**

Les alluvions de la terrasse moyenne sont représentées en grande partie par des terrains argileux et plus rarement par des galets, des graviers, des limons sableux et argileux.

L'épaisseur de ces dépôts est en générale de 5 à 7 m. Dans les dépressions, l'épaisseur de cette formation peu atteindre 8 à 10 m.[4]

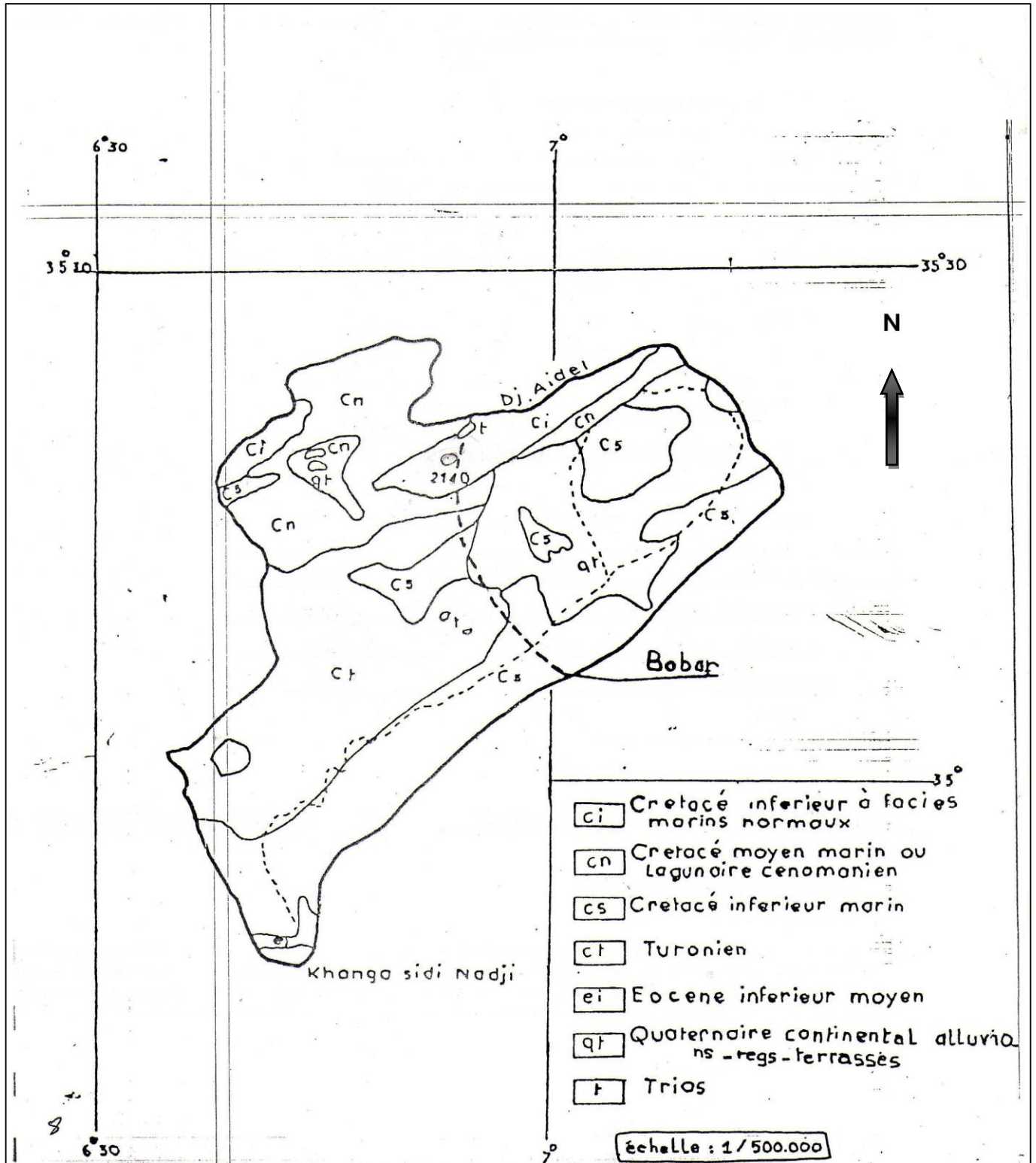


fig n°3 : Carte géologique du bassin versant de l' Oued El Arab [3]

#### 1.4. La lithologie

Du point de vue lithologique on peut classer les formations en quatre catégories (Tableau 1 et figure 4):

- ❖ Les marnes qui prédominent avec une stratification moyenne à forte. Ces marnes évoluent du vert clair au vert foncé et grise avec des teneurs variables de calcaire. Les marnes faiblement déformées s'alternent avec des couches calcaires à épaisseur variable ce qui leur donne le caractère de flysch.
- ❖ Les grés se présentent sous forme de petites taches qui affleurent surtout au Nord-Ouest de bassin et au Sud.
- ❖ Les calcaires fissurés se manifestent au Sud-Est, et au Nord-Ouest sous forme de bande qui s'étend de l'extrémité Sud vers l'extrémité Est.
- ❖ Les formations du Quaternaire occupent une surface très vaste, elles se développent entre les deux chaînes de montagne qui limitent le bassin. Elles sont constituées essentiellement de marnes, de graviers, d'argiles, de sables et de limons.[2]

**Tableau 01 : les formations lithologiques du bassin versant de Oued El Arab**

Formations	Perméabilité	Surface (km <sup>2</sup> )	Surface (%)
Marnes	impermeable	75	13
Grés	perméable	15	03
Calcaires fissurés	perméable	56	10
Marno-calcaire	perméable	40	07
Alluvions	perméable	381	67

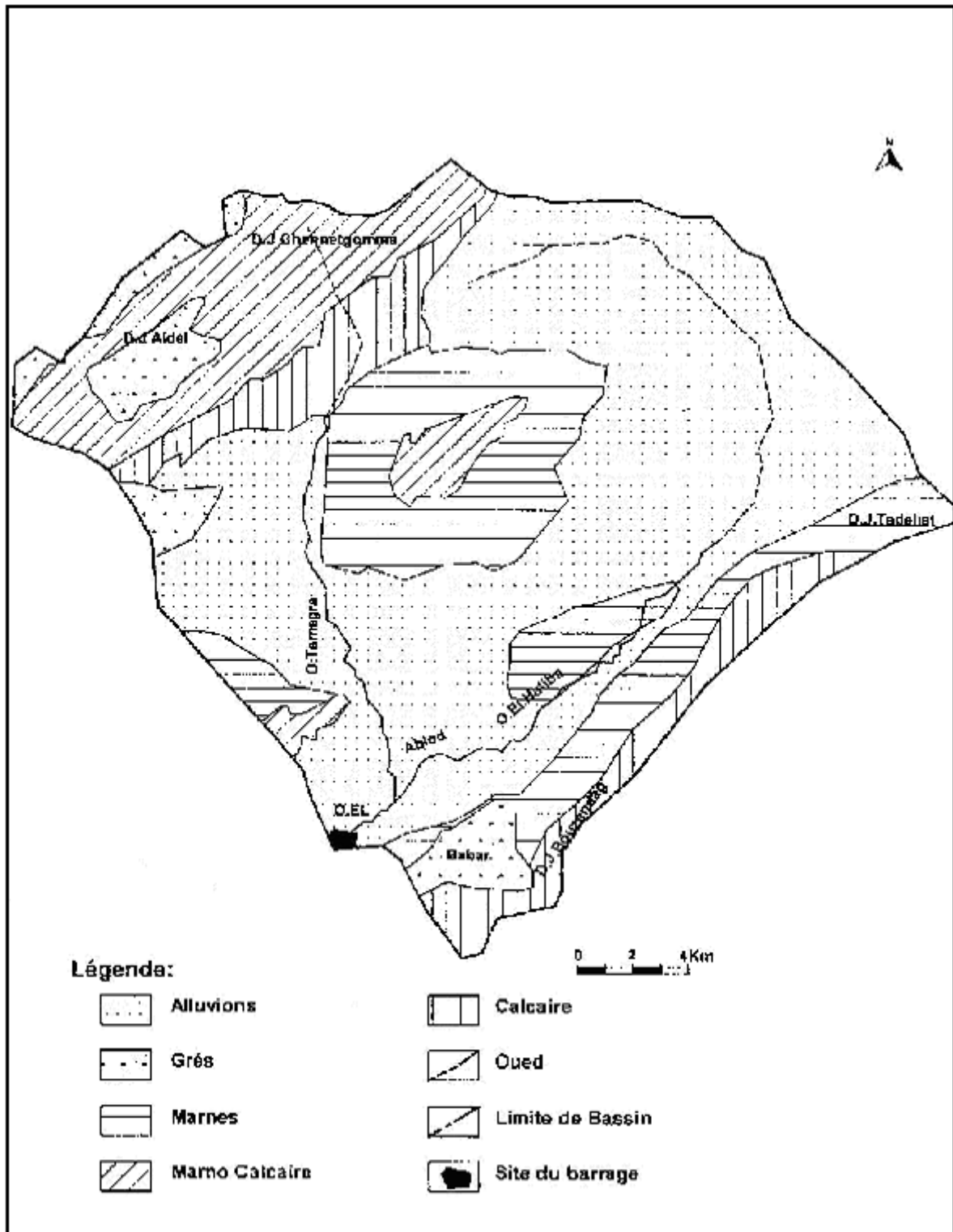


fig n°4 : Carte lithologique du bassin versant de l' Oued El Arab [2]

**Conclusion**

En général, la superficie du bassin versant est formée de marnes et de calcaire marneux du crétacé moyen et supérieure.

Les formations du quaternaire avec une épaisseur assez limitée expliquent que la zone d'étude à une perméabilité moyenne mais l'action de l'érosion reste importante sur la majorité de la surface du bassin, Cette action est surtout active sur les fortes pentes dépourvues de végétation.

## CHAPITRE 2 : La Géomorphologie

### Introduction

L'étude des caractéristiques morphologiques associée à une analyse hydrologique d'un bassin versant constitue une plate-forme très importante pour la compréhension du comportement hydrologique.

### 2.1. Le milieu physique

#### 2.1.1. Les montagnes

On retrouve ces reliefs au Nord-Ouest sur le massif des Aurès représentés par: DJ-Aidel (2092m), Dj-Chentgomma (2115m), Dj-Bezez (2141m) et à l'Est dans les massifs de Nememcha représentés par Dj –Bouzendag (1390m), Dj-Sguiguine (1453m), Dj-Tedliste (1507m). Au centre du bassin, on retrouve les massifs de Djebel Djahfa (1707m). L'ensemble ne constitue que 14% de la surface totale du bassin versant.[4]

#### 2.1.2. Les piedmonts

C'est une zone de translation entre les montagnes et la plaine; ils se situent au Sud-Est et au Nord-Ouest entre les altitudes 1200m-1400m avec une pente moyenne de 9%. Ces zones sont occupées par les forêts et ne représentent que 17% de la surface totale du bassin versant. [4]

#### 2.1.3. La plaine

Elle occupe la grande partie du bassin avec 60% de la surface totale du bassin versant. Elle se situe entre les deux chaînes montagneuses du bassin versant sur des altitudes inférieures à 1200m. Ces zones sont occupées par des céréalicultures (orge, blé) et drainées par OuedEl Htiba à l'Est et Oued Tamagra à l'Ouest.[4]

### 2.2. Occupation actuelle des sol

- **Secteur forestier**

a)- Les zones purement forestières: se trouvent au Nord- Ouest du périmètre ( Chentgouma): Sont occupées surtout par des forêts de Cèdre ( cedrus atlantica) en altitude (à partir de 1400 m) et de Pin d'Alep (pinus halepensis) plus bas, ou l'on retrouve aussi des maquis dégradés et des garrigues à chêne vert (Quercus ilex) , concurrencés déjà par une végétation pseudo – steppique.

b)- Les zones à vocation forestière: situées au centre ( plateau du Dj. Djahfa) et au Sud- Est du périmètre (Dj. Bouzendag, Dj sguiguine et Koudiat Koudine). Elles sont occupées par une végétation steppique à base d'Alfa ( Stippa tenacissima ) et d'Armoise blanche ( Artemisia herba alba) qui se dégrade de plus en plus chaque année. [1]

- **Secteur agricole**

L'agriculture de la zone du bassin versant est traditionnelle.

**a)- Les grandes cultures :**

C'est surtout la céréaliculture du blé dur et de l'orge cultivés dans les Ouled Azeddine ( plaine au Nord et Nord –Est), à Ain Lehma et Mrah Ghilène (cente Est) , les piémonts du Djebel Djahfa ( piémonts Est et Sud) et la plaine des Boutrid ( Est du Dj.Djahfa).

Au sud de l'oued Hatiba et sur la rive droite , une zone à vocation steppique a été défrichée au profit de la céréaliculture.

**b)- L'arboriculture :**

L'arboriculture fruitière est faiblement pratiquée. Les plantations sont isolées et se limitent aux initiatives individuelles des fellahs, La conduite d'un verger moderne est totalement ignorée dans cette zone.

**c)- Le maraichage :**

Il est conditionné par la présence de l'eau .On le trouve dans les zones limitrophes des oueds (Hatiba surtout ) , la zone des Ouled Azeddine grâce aux puits et autour du site du barrage (Lemkharif ) où les tentatives nécessitent un investissement.

**d)-Le pastoralisme :**

Avec la céréaliculture, le pastoralisme est la principale activité des fellahs. L'élevage est du mode extensif, il est basé sur les pâturages avec un complément en périodes difficiles (hiver, reproduction ,allaitement) .Ce complément est apporté sous forme de foin et d'orge en grain produit sur place dans les parcelles agricoles [1].

**2.3. Caractéristiques géomorphologiques du bassin versant de Oued El Arab**

Les caractéristiques morphométriques du sous bassin versant de Oued El Arab ont été déterminés à partir de la carte topographique (1/200000).de Khenchela.

**2.3.1 La surface du bassin versant**

elle est égale à 567km<sup>2</sup> environ.

**2.3.2. Le périmètre du bassin versant**

Le périmètre du bassin versant a été estimée à 95km.

**2.3.3. Indice de compacité Kc**

Cet indice est obtenu à l'aide de la formule suivante :

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{3.14 \times S}}$$

Avec

P : Périmètre du B.V, P=95km

S : surface du bassin versant, S = 567 km<sup>2</sup>

A.N :

$$K_c = \frac{95}{2\sqrt{3.14 \times 567}} \longrightarrow K_c = 1.12$$

Si:

$KC \leq 1$   $\longrightarrow$  Bassin versant de forme circulaire.

$KC = 1,12$   $\longrightarrow$  Bassin versant de forme carrée.

$KC > 1,12$   $\longrightarrow$  Bassin versant allongé.

Dans notre cas  $K_c = 1,12$  donc le bassin versant de Oued El Arab à une forme carrée.

## 2.4. Répartition de l'altitude et Courbe hypsométrique

Les fréquences altimétriques sont présentées dans le (tableau 2) et par la courbe hypsométrique du la (figure 5). Ces représentations montrent l'importance et la distribution de chaque tranche d'altitude dans notre bassin. Ceci a permis de dire que 70.6% de la surface du bassin se situent entre les cotes (900 et 1400), alors que 13.14 % de la surface totale se trouvent à une altitude supérieure à 1400 m. [4]

### 2.4.1. Les altitudes caractéristiques

#### 2.4.1.1. Les altitudes minimale et maximale

Elles sont obtenues à partir des cartes topographiques. L'altitude maximale représente le point le plus élevé du bassin tandis que l'altitude minimale représente le point le plus bas, généralement à l'exutoire.

Ces données deviennent importantes lors des développements de certaines relations faisant intervenir des variables climatologiques telles que la température, les précipitations et le couvert neigeux. Elles déterminent l'amplitude altimétrique du bassin versant et interviennent aussi dans le calcul de la pente. Ces caractéristiques sont respectivement égales à :

- $H_{\max} = 2326\text{m}$
- $H_{\min} = 900\text{m}$

#### 2.4.1.2. L'altitude moyenne

L'altitude moyenne se déduit de la courbe hypsométrique ou de la lecture d'une carte topographique. On peut la définir en divisant le volume montagneux (V) par la surface du bassin versant (S);

$$H_{\text{moy}} = \frac{V}{S}$$

Le volume V est obtenu comme suit :

$$V = \frac{S_i (H_1 + H_2)}{2}$$

Si : Surface partielle en km<sup>2</sup> entre deux courbes de niveau.

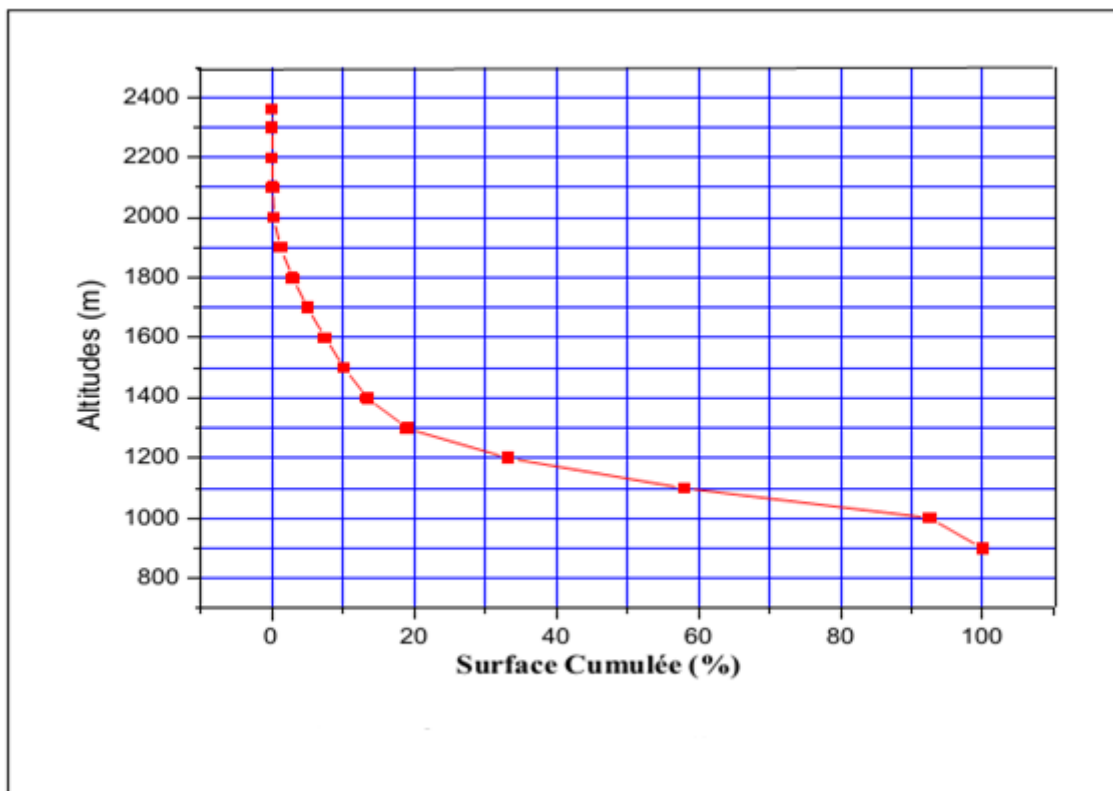
$$H_{\text{moy}} = \frac{\sum S_i \cdot H_i}{S}$$

➤ H<sub>moy</sub>=1190 m

L'application des formules précédentes a permis de dresser le (tableau 2).

**Tableau 2 : Répartition de l'altitude en fonction de la surface**

Altitude (m)	Surfaces partielles		Surfaces cumulées	
	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
2000	1.00	0.18	1.00	0.18
2000-1900	5.70	1.00	6.70	1.18
1900-1800	9.80	1.73	16.50	2.91
1800-1700	11.70	2.06	28.20	4.97
1700-1600	14.20	2.50	42.40	7.47
1600-1500	15.20	2.68	57.60	10.20
1500-1400	18.50	3.26	76.10	13.14
1400-1300	44.72	5.61	107.90	19.00
1300-1200	80.00	14.20	188.70	33.20
1200-1100	140.40	24.80	329.10	58.00
1100-1000	196.00	34.60	525.10	92.60
1000-900	41.90	7.38	567.00	100.00



**Fig n° 5 : La courbe hypsométrique [4].**

**2.4.2. Indice de pente moyenne ( $I_m$ )**

Il est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$I_m = \frac{H_{max} - H_{min}}{\sqrt{S}}$$

$H_{max}$  : Altitude maximale observée sur le bassin versant;  $H_{max} = 2326$  m

$H_{min}$  : Altitude minimale observée sur le bassin versant;  $H_{min} = 900$  m

$S$  : surface du bassin versant ;  $S = 567$  km<sup>2</sup>

A.N :

$$I_m = \frac{2326 - 900}{\sqrt{567}} = 59.89 \text{ m/km}$$

$$I_m = 59.89$$

**2.4.3. Indice de pente globale ( $I_g$ )**

Il est calculé de la manière suivante: sur la courbe hypsométrique, on prend les deux points de telle sorte que la surface supérieure et inférieure soit égale à 5% de la surface totale ( $S$ ), on aura les altitudes  $H_{5\%}$  et  $H_{95\%}$  avec lesquelles on calcule l'indice de pente globale à l'aide de la formule suivante:

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

$D$  : la dénivelée entre  $H_{5\%}$  et  $H_{95\%}$

$$\longrightarrow D = H_{5\%} - H_{95\%}$$

$L$  : longueur du rectangle équivalent ;  $L = 23.81$  km

A partir de la courbe hypsométrique on tire:

$$H_{5\%} = 1695 \text{ m}$$

$$H_{95\%} = 975 \text{ m}$$

D'où

$$\implies D = H_{5\%} - H_{95\%} = 1695 - 975 = 720 \text{ m}$$

Ce qui nous permet de calculer l'indice de pente globale.

$$I_g = \frac{720}{23.81} = 30.24 \text{ m/km}$$

**2.4.4. Dénivelée spécifique ( $D_s$ )**

Elle est définie comme étant le produit de l'indice de pente globale ( $I_g$ ) par la racine carrée de la surface du bassin versant.

$$D_s = I_g \sqrt{S}$$

A.N:

$$D_s = 30.24 \sqrt{567}$$

$$\text{soit } D_s = 720.07 \text{ m}$$

D'après la deuxième classification de l'ORSTOM (Office de Recherche Scientifique de Territoire d'Outre Mer), la dénivelée spécifique du bassin de Oued Al Arab se trouve dans la classe R7 (Tableau n°03), donc on a un relief très fort

**Tableau 03 : classification de l'ORSTOM.**

classe	Type de relief	Interval de $D_s$
R1	Relief très faible	05 à 10 m
R2	Relief faible	010 à 25 m
R3	Relief assez faible	025 à 50 m
R4	Relief modéré	050 à 100 m
R5	Relief assez fort	100 à 250 m
R6	Relief fort	250 à 500 m
R7	Relief très fort	500 à 1000 m

## 2.5. Le réseau hydrographique

La région étudiée est caractérisée par un réseau hydrographique bien développé (figure 6). Il est constitué de plusieurs cours d'eau comme Oued El Htiba et Oued Tamagra qui se rejoignent pour former Oued El Arab.

### 2.5.1. Caractéristiques du réseau hydrographique

La longueur totale de l'ensemble du chevelu hydrographique est mesurée par le curvimètre à partir de la carte topographique au (1/200000) de Khenchela.

#### 2.5.1.1. Densité de drainage $D_d$ :

Elle est déterminée comme étant le rapport entre la longueur totale des cours d'eau de tout ordre ( $L_x$ ) sur la surface du bassin versant ( $S$ ).

La longueur des thalwegs est mesurée à l'aide du curvimètre pour chaque ordre séparément. La densité de drainage est donnée par l'équation suivante: [3]

$$D_d = \frac{\sum_{x=1}^7 L_x}{S}$$

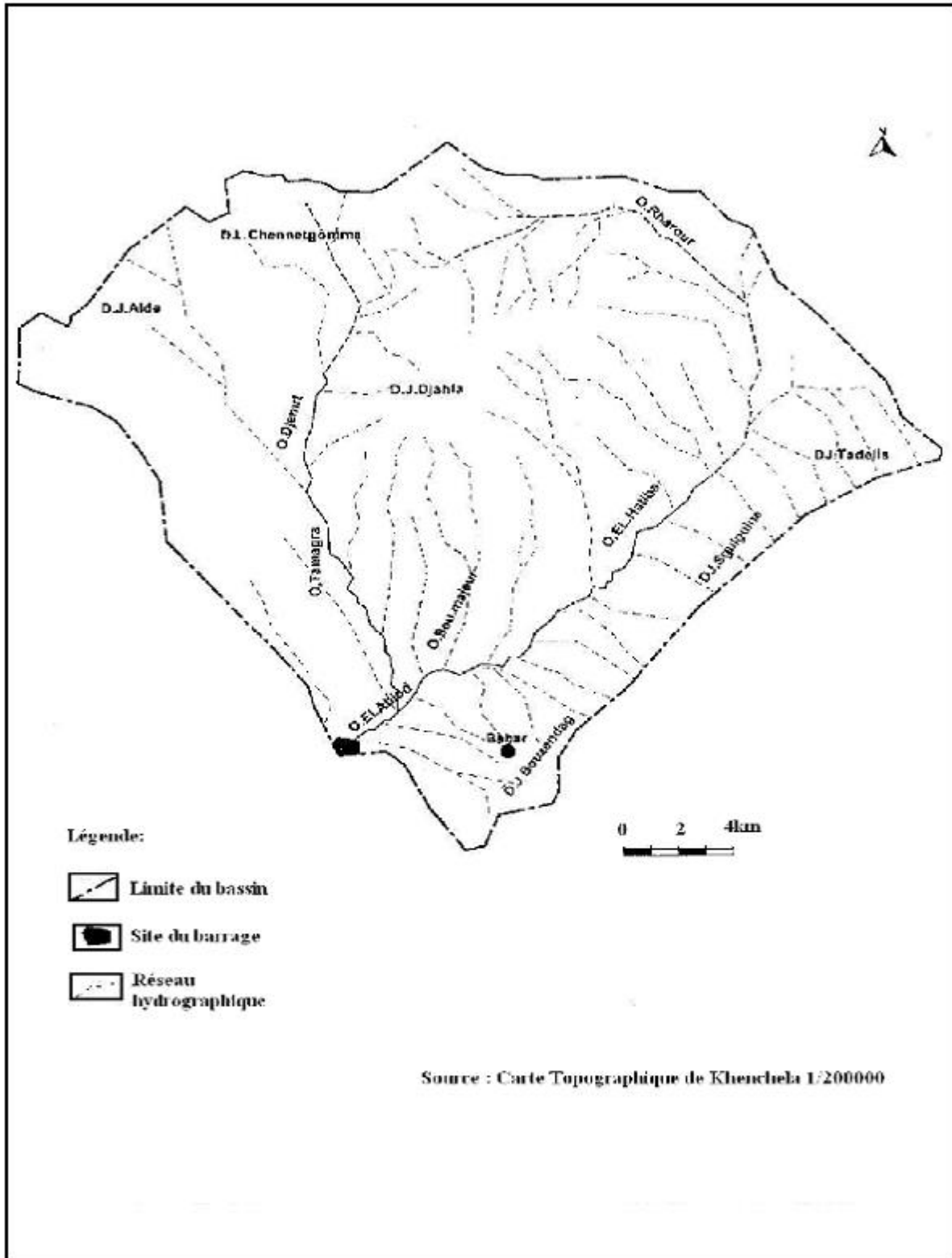


Fig n° 6 :Le réseau hydrographique de bassin versant de Oued El Arab

$D_d$ : densité de drainage en (km/km<sup>2</sup>)

$L_x$ : longueur totale cumulée de l'ensemble des talwegs

$S$ : superficie du bassin versant;  $S = 567\text{km}^2$

Soit:

$$D_d = \frac{2721.6}{567} \implies D_d = 4.8 \text{ km/km}^2$$

### 2.5.1.2. Coefficient de torrentialité

C'est le produit de la densité de drainage par la fréquence des talwegs élémentaires.

$$C_t = D_d \cdot \frac{N_1}{S}$$

Où:

$C_t$ : coefficient de torrentialité.

$D_d$ : densité de drainage ;  $D_d = 4,8\text{km/km}^2$

$N_1$ : nombre de talwegs d'ordre «1»  $N_1 = 4123$

$S$ : surface du bassin versant  $S = 567\text{km}^2$

Soit:

$$C_t = 4.8 \times \frac{4123}{567} \implies C_t = 34.9$$

### 2.5.1.3. Temps de concentration

C'est le temps que met une goutte d'eau tombée au point hydrauliquement le plus éloigné pour arriver à l'exutoire. On va utiliser la formule de GIANDOTTI pour déterminer ce paramètre

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

Où:

$T_c$ : temps de concentration (heures)

$S$ : superficie du bassin versant,  $S = 567\text{km}^2$

$L_p$ : longueur du talweg principal,  $L_p = 51\text{km}$

$H_{moy}$ : altitude moyenne du bassin versant ;  $H_{moy} = 1190\text{m}$

$H_{min}$ : altitude moyenne du bassin versant ;  $H_{min} = 900\text{m}$

soit :

$$T_c = \frac{4\sqrt{567} + 1.5 \times 51}{0.8\sqrt{1190 - 900}}$$

$$T_c = 12.6 \text{ heures}$$

On remarque que ce temps de concentration est lent ce qui permet de prendre les précautions nécessaires en cas de crue exceptionnelle.

#### 2.5.1.4. Vitesse de concentration :

C'est la vitesse moyenne de propagation de la crue, elle est calculée par la formule suivante :

$$V_c = \frac{L_p}{T_c}$$

Où:

$V_c$ : vitesse de concentration ; (km/h)

$L_p$ : longueur du talweg principal ;  $L_p = 51$  km

$T_c$ : temps de concentration ;  $T_c = 12,6$  h

A.N:

$$V_c = \frac{51}{12.6} = 4.048 \text{ km/heure}$$

#### 2.6. Profil en long des principaux cours d'eau du bassin versant de Oued El Arab

Oued El Arab et ses affluents ont des tracés avec des ruptures de pentes très fortes ce qui augmente la vitesse d'écoulement et surtout dans les crues exceptionnelles. L'étude du profil en long (figure 7) montre des ruptures de pente très fortes dues à l'existence de seuils rocheux particulièrement résistants. Notamment à l'Oued Tamagra qui présente des pentes fortes. A ce niveau on peut distinguer les ruptures suivantes:

- ✓ La première rupture importante sur Oued Tamagra est observée à l'altitude de 1095m.
- ✓ La deuxième rupture est observée sur Oued El Htiba à l'altitude de 1050m, ou la pente est plus accentuée faisant augmenter la vitesse d'écoulement.
- ✓ La troisième sur Oued El Htiba à l'altitude de 1025 m, et Oued Tamagra à l'altitude de 970m, qui se stabilise et donne l'occasion à l'eau de s'infiltrer.[4]

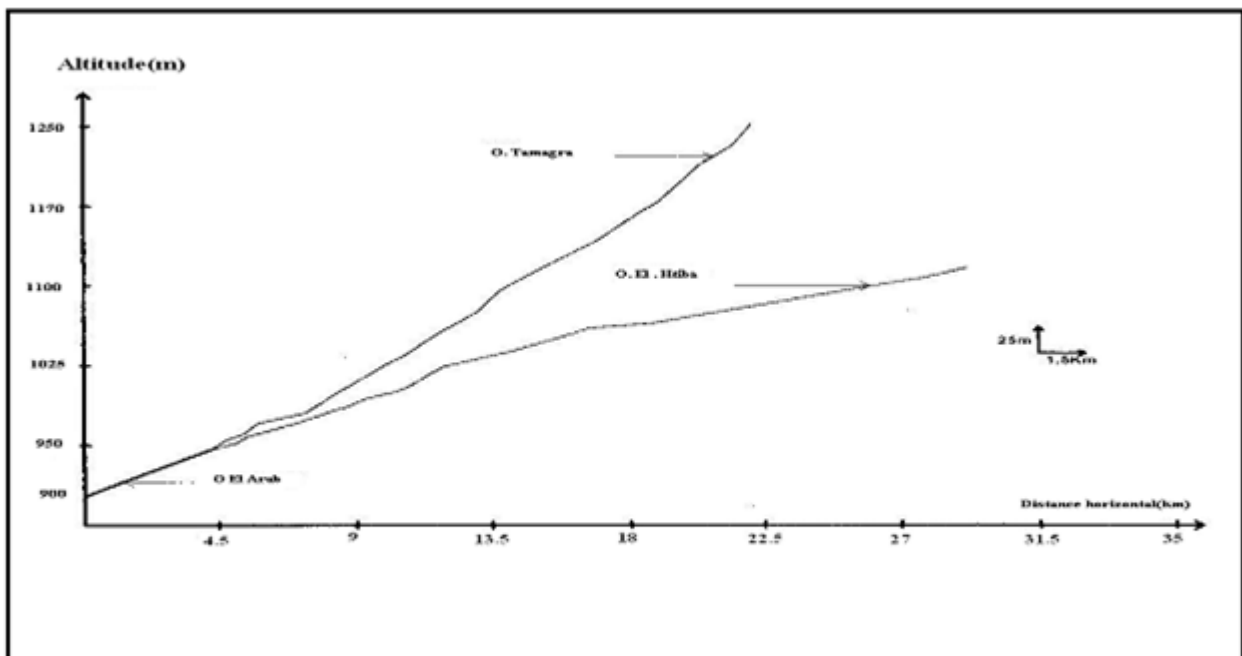


Fig n°7 : Profil en long des principaux cours d'eau du bassin versant de Oued El Arab[3]

L'ensemble des caractéristiques de ce bassin versant ont été représentées dans le (tableau 4)

**Tableau 04: récapitulatif des caractéristiques du bassin versant**

caractéristiques	Unités	Symboles	Valeurs
Surface	Km <sup>2</sup>	S	567
Périmètre	km	P	95.24
Altitude maximale	m	H <sub>max</sub>	2326
Altitude minimale	m	H <sub>min</sub>	900
Altitude moyenne	m	H <sub>moy</sub>	1190
H 5%	m	H <sub>5%</sub>	1695
H 95%	m	H <sub>95%</sub>	975
Indice de compacité	-	K <sub>c</sub>	1.12
Longueur du rectangle équivalent	km	L	23.81
Largeur du rectangle équivalent	km	I	32.81
Indice de pente globale	m/km	I <sub>g</sub>	30.24
Indice de pente moyenne	m/km	I <sub>m</sub>	59.89
Altitude médiane	m	H <sub>50%</sub>	1130
Dénivelée spécifique	m	D <sub>s</sub>	720.07
Longueur du talweg principal	km	L <sub>p</sub>	51
Densité de drainage	km/km <sup>2</sup>	D <sub>d</sub>	4.8
Coefficient de torrentialité	-	C <sub>t</sub>	34.9
Temps de concentration	heurs	T <sub>c</sub>	12.6
Vitesse de concentration	km/eurs	V <sub>v</sub>	4.04

## CONCLUSION

Le bassin versant de Oued El Arab est situé dans une zone entourée par les chaînes montagneuses avec une superficie de 567 km<sup>2</sup> et une forme carré.

La distribution des altitudes du bassin versant de Oued El Arab montre que la majeure partie de ce bassin (70.6%) est située entre les cotes (1000-1300m).

Le réseau hydrographique de ce bassin versant est bien développé avec une densité de drainage (Dd=4.8 km/km<sup>2</sup>) où dominent les formations du Quaternaire à perméabilité moyenne ce qui favorise le phénomène d'érosion.

Le profil en long des oueds principaux montre que la densité de drainage et la pente des oueds sont très fortes ce qui favorise le ruissellement.

## CHAPITRE 3 : Hydroclimatologie

### Introduction

Le sous bassin de Oued El Arab appartient au grand bassin versant de Chott Melrhir, il possède un climat semi aride, peu pluvieux en hiver et très chaud et sec en été avec des vents parfois violents. L'étude des données climatiques permettant d'analyser les facteurs du climat de cette zone qui nous renseignera sur :

- ✓ Le type du climat
- ✓ le comportement hydroclimatologique du bassin versant.
- ✓ le bilan hydrologique.

Ces paramètres sont soit mesurés sur le terrain (précipitations, températures, évaporation) soit calculés par des formules (ETP, ETR, R, I).

### 3.1. Etude des facteurs climatiques

#### 3.1.1. La température

La température est un élément fondamental du climat. Elle est liée à latitude. Sa variation influe sur la transformation des eaux en vapeur, que ce soit à la surface ou dans le sous-sol. De ce fait, elle influe sur le degré d'évapotranspiration et par conséquent elle agit sur le taux de salinité des eaux. Toutefois, la température a un rôle important dans la variation des composantes du bilan hydrologique.[5]

Notre région est caractérisée par un été chaud et sec et un hiver relativement doux, (Tableau 5, figure 8). Le mois le plus froid est présenté par janvier avec une température moyenne de (6.29°C) et un minimum de 0,16°C.

Le mois le plus chaud est présenté par juillet avec une température moyenne de (26.61°C) et qui peut atteindre parfois (35.38°).

**Tableau 5: Températures moyennes mensuelles et annuelles à la station de Babar pour la période (2000-2010)**

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aou
T°C min	13.4	9.41	3.93	1.3	0.16	0.92	3.84	6.85	11.10	14.84	17.84	17.3
T°C moy	19.84	16.33	10.14	6.81	6.29	7.46	11.10	14.06	18.51	22.89	26.61	25.8
T°C max	27.59	23.39	19.91	12.25	12.40	14.01	18.2	21	25.94	30.96	35.38	34.43

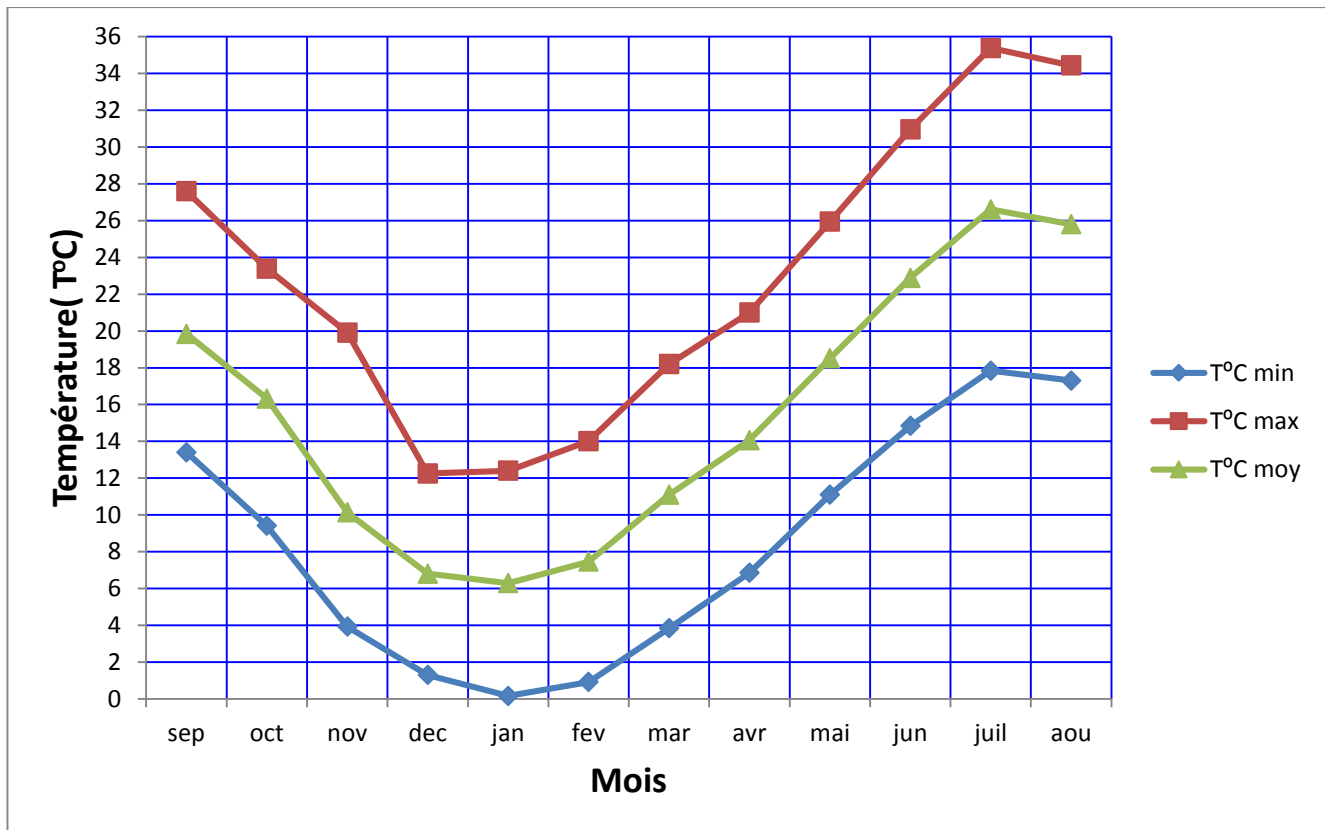


fig n°8: Variation des températures mensuelles à la station de Babar (2000-2010).

### 3.1.2. La Pluviométrie

L'étude pluviométrique présente un intérêt considérable en hydroclimatologie, car elle permet de décrire le régime d'écoulement.

#### 3.1.2.1. Variations interannuelles des précipitations

L'analyse de la courbe des variations annuelles des précipitations, sur une période de 10 ans (2000/2010), montre que l'année 2008 est la plus arrosée avec 64.35 mm et l'année 2000 est la plus sèche avec 11.45 mm. Notons que les précipitations moyennes annuelles s'évaluent à 410.24 mm. (figure 9)

#### 3.1.2.2 Variations moyennes mensuelles des précipitations

La courbe des variations des moyennes mensuelles des précipitations, sur une période de 10 ans (2000/2010), montre que le mois de mai est le plus pluvieux, avec 58.78 mm, alors que le mois de juillet est le plus sec, avec 15.62 mm. (figure 10).

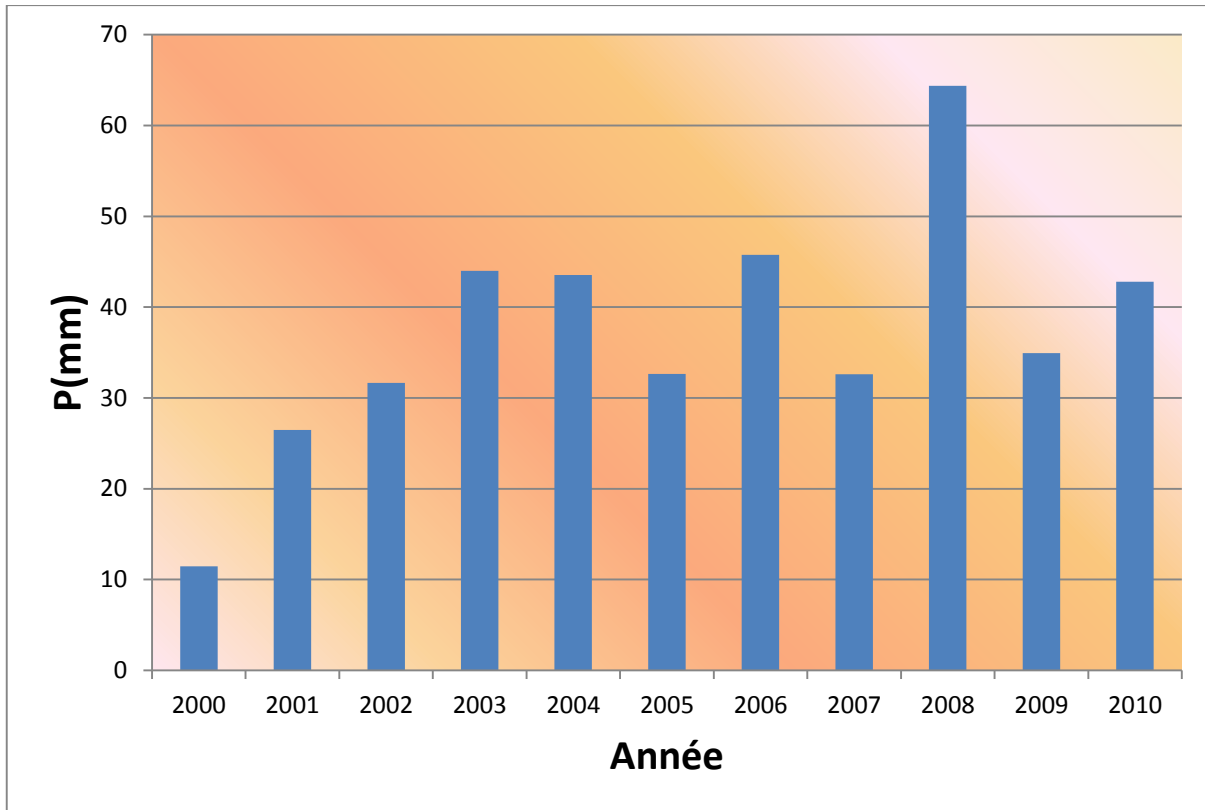


fig n°9 : Evolution des précipitations annuelles à la station de Babar (2000-2010)

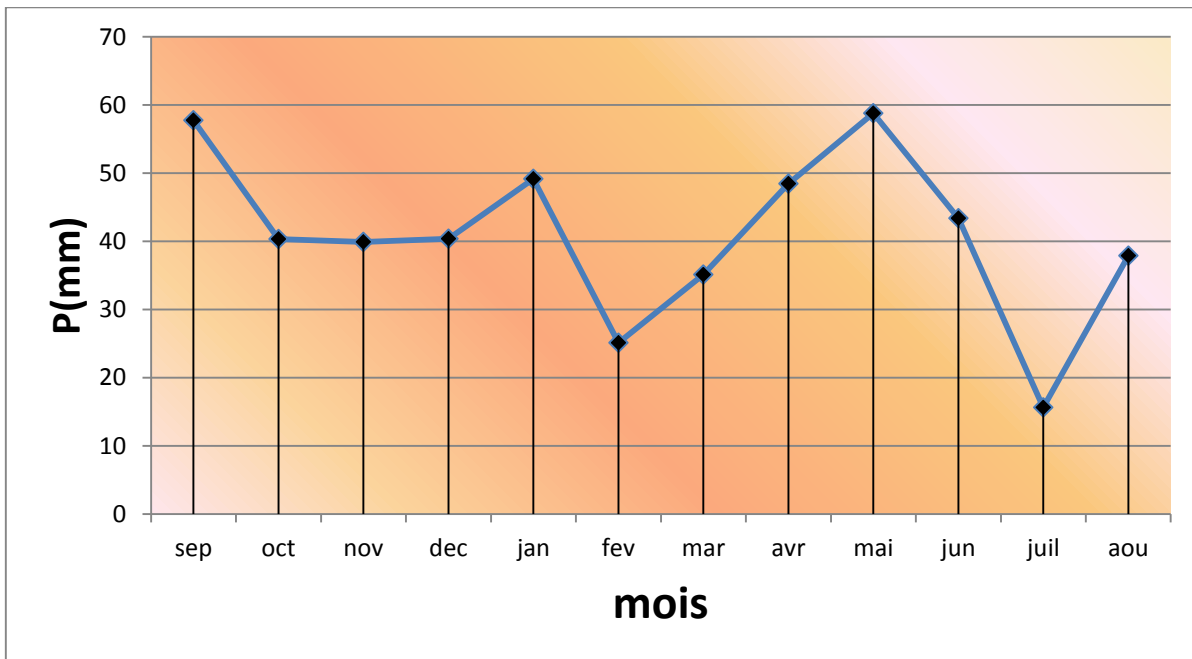


fig n°10 : Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station de Babar(2000-2010)

### 3.1.3. Régime des vents

Le vent est le déplacement d'air à peu près horizontalement qui agit surtout sur la pluviométrie, l'évaporation, la température et l'humidité de l'air, il est donc un élément déterminant pour le climat.[5]

Dans cette région, les vents dominants au cours de l'année ont une direction Nord Est. Ils sont fréquents pendant l'automne, et l'hiver. Ils ont généralement un caractère pluvieux et une vitesse assez importante. Les vents du Sud Ouest ont une vitesse qui s'échelonne entre 15m/s et 29m/s, sont secs et chauds, ils soufflent fréquemment pendant le mois de Juillet rarement pendant le printemps.

### 3.1.4. L'évaporation

L'évaporation représente le processus au cours duquel l'eau se transforme en vapeur. L'ensemble des processus d'évaporation et de transpiration est connu sous le nom d'évapotranspiration. Cette dernière est l'une des composantes fondamentales du cycle hydrologique. La précision avec laquelle elle est estimée est essentielle pour le calcul du bilan d'eau, du calcul de l'irrigation, de la gestion des ressources hydriques et également pour le dimensionnement des ouvrages d'aménagement.

L'estimation de ce paramètre a été fait à l'aide de la formule de G.W.Thornthwaite.

#### 3.1.4.1. Estimation de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

##### ➤ Formule de Thornthwaite:

L'agronome américain G.W. Thornthwaite proposa en 1948 une expression pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle en tenant compte seulement de la température mensuelle. Le développement de cette expression donne la formule suivante :

$$ETP = 16(10T/I)^a \quad \text{où}$$

ETP : évapotranspiration potentielle en (mm)

T : température moyenne du mois en (°C)

$$I = \sum i \text{ et } i = (t/5)^{1.514}$$

$$a = (1.6.I/100) + 0.5 \text{ (D'après Serra L. 1954)}$$

Les valeurs obtenues sont corrigées par un coefficient de correction k qui dépend de la latitude du bassin. (Tableau 6).

**Tableau 6 : Valeurs de l'ETP estimées par la formule de Thornthwaite.**

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Août
T(°C)	19.84	16.33	10.14	6.81	6.29	7.46	11.10	14.06	18.51	22.89	26.61	25.8
ETP <sub>nc</sub> (mm)	86.51	62.99	28.79	15.13	13.30	17.56	33.57	49.35	77.26	109.21	139.60	132.74
K	1.03	0.97	0.86	0.85	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16
ETP <sub>c</sub> (mm)	89.10	61.09	24.91	12.87	11.57	14.93	34.58	53.79	93.48	132.15	171.71	153.98

ETP<sub>nc</sub> : ETP non corrigée ; ETP<sub>c</sub> : ETP corrigée

#### 3.1.4.2 Estimation de l'évapotranspiration réelle(ETR) :

Elle peut se faire à l'aide de deux formules parmi tant d'autres.

##### A. Formule de L. Turc (1954) qui s'écrit de la manière suivante :

$$ETR = P/(0.9 + p^2/L^2)^{1/2} \quad \text{où}$$

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

T : température moyenne annuelle de l'air en (°C),

P : précipitation moyenne annuelle en (mm)

Soit ETR = 402.46 mm

### B. Méthode de M. Coutagne :

Cette méthode fait intervenir les températures et les précipitations. Elle s'écrit de la manière suivante :

$$\boxed{\text{ETR} = P - \lambda P^2} \quad \text{Avec : } \lambda = \frac{1}{0.8 + 0.147 T}$$

P: Précipitation moyenne annuelle en mm pour l'application numérique et en (m) pour la condition d'utilisation de la formule;

T: Température moyenne annuelle, (en °C);

Cette formule ne sera valable qu'après la vérification de la condition suivante:

$$\boxed{\frac{1}{8\lambda} < P < \frac{1}{2\lambda}}$$

AN

$$\lambda = \frac{1}{0.8 + 0.147 \cdot 15.49} \implies \lambda = 0.34$$

Donc

$$0.37 < P < 1.47$$

### Remarque

La méthode de M. Coutagne n'est pas applicable pour notre région parce que les précipitations n'appartiennent pas à l'intervalle  $1/8\lambda \leq P \leq 1/2\lambda$ .

### 3.1.5. Calcul du bilan hydrologique par la méthode de Thornthwaite :

Cette méthode est utilisée pour les climats sub-humide et semi-aride, ce qui convient à la région de Babar, vu les caractéristiques de son climat. Elle est basée sur la notion de réserve d'eau facilement utilisable (RFU). L'estimation de ce paramètre a été faite par l'application de la formule de Hallaire 1960 (cité par J.Ricard1979).

$$\boxed{\text{RFU} = \frac{1}{3} \cdot \text{Da} \cdot \text{He} \cdot P}$$

où

Avec :

RFU: réserve facilement utilisable en (mm).

Da: densité apparente du sol, (Hallaire propose de prendre  $D = 0,9$ ).

He: Capacité de rétention:

He = 5%  $\longrightarrow$  pour un sol sablo limoneux

He = 10%  $\longrightarrow$  pour un sol limoneux

He = 20%  $\longrightarrow$  pour un sol argilo limoneux

Pour notre cas et vu la nature du sol, on a adopté le dernier cas.

$\blacktriangleright$  He = 20% soit 0.20%

P: Profondeur de la terre parcourue par les racines en (m).

P = 0.5m. La RFU maximale calculée est égale à 30 mm et la  $RFU_{min} = 0$ . L'application de la méthode de Thornthwaite a donné les résultats qui ont été consignés dans le (tableau 7), et la (figure11).

Tableau 7 : Calcul du bilan hydrologique à la station de Babar par la méthode de Thornthwaite.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Août	totale
Paramètre													
T(C°)	19.84	16.33	10.14	6.81	6.29	7.46	11.10	14.06	18.51	22.89	26.61	25.8	/
ETP(mm)	89.10	61.09	24.91	12.87	11.57	14.93	34.58	53.79	93.48	132.15	171.71	153.98	854.16
P(mm)	57.73	40.32	39.91	40.37	49.14	25.13	35.1	48.45	58.78	43.37	15.62	37.90	491.82
P-ETP(mm)	-31.37	-20.77	15	27.5	37.57	10.2	0.52	-5.34	-34.7	-88.78	-156.09	-116.08	/
RFU(mm)	0.00	0.00	15	30	30	10.2	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	/
ETR(mm)	57.73	40.32	24.91	12.87	11.57	14.93	34.58	48.45	58.78	43.37	15.62	37.90	401.03
EX(mm)	0.00	0.00	15	27.5	37.57	10.2	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.79
DA(mm)	31.37	20.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.34	34.7	88.78	156.09	116.08	453.13

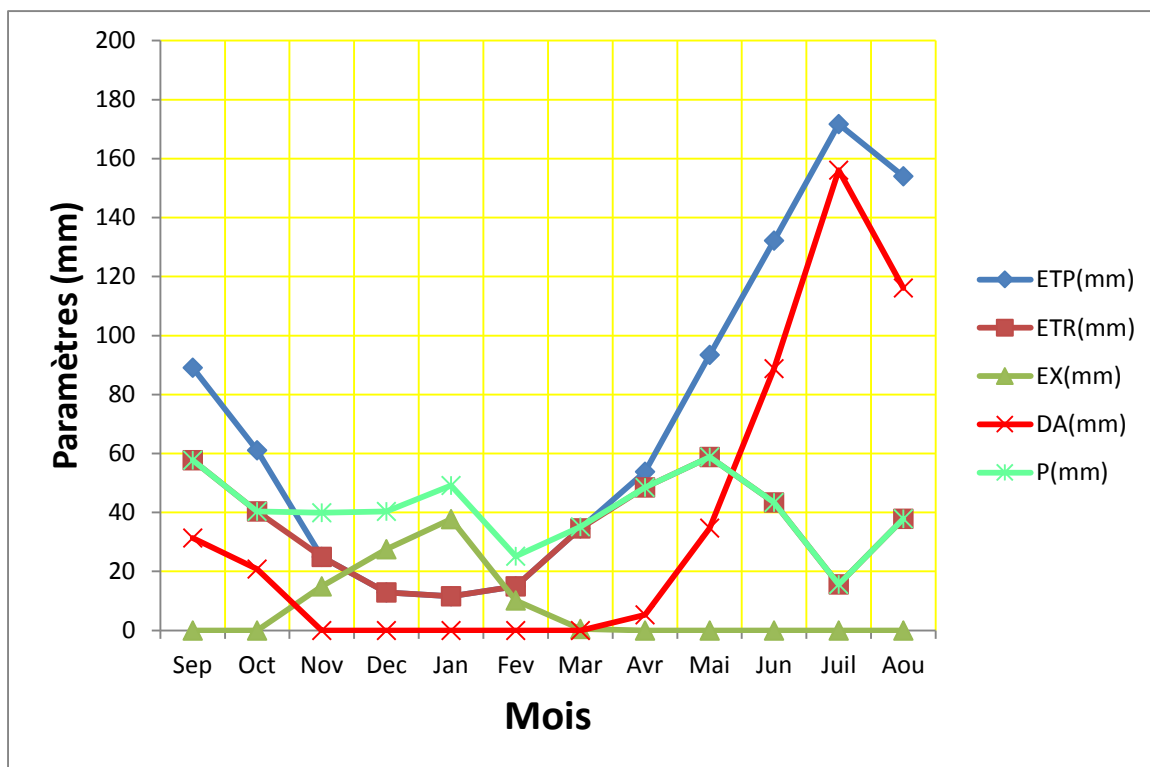


Fig n°11: Représentation graphique du bilan hydrique

### 3.1.6. Interprétation du bilan hydrologique.

Pour la station de Babar, l'examen de la (figure 11) montre que:

- A l'échelle annuelle, l'ETP dépasse largement les précipitations, elle représente le double des précipitations.
- l'examen de l'ETP à l'échelle mensuelle, montre l'existence de deux saisons bien distinctes : l'une pendant la quelle les précipitations sont supérieures ou égale à l'ETP (novembre - Mars), et la seconde on a l'inverse allant de Avril à Octobre.
- Pendant la saison froide, les précipitations couvrent les besoins de l'évapotranspiration potentielle et permettent la formation de la RFU.
- A partir du mois de Mars on a une épuisement de la RFU, ce qui se traduit par un déficit agricole. A partir du mois de Décembre on assiste à une reconstitution du stock, qui atteint son maximum au mois de Décembre et demeure ainsi jusqu'au mois de Janvier où la réserve commence à diminuer jusqu'à épuisement du stock.

### 3.1.7. Estimation du bilan d'eau

La formule générale du bilan d'eau donne l'égalité des apports et des pertes évaluées sur de grandes périodes. La formule du bilan est la suivante:

$$P = ETR + R + I + \Delta W$$

P: La hauteur de la précipitation annuelle en (mm).

R: Le ruissellement de surface annuel en (mm).

ETR: L'évapotranspiration réelle annuelle en (mm).

I: L'infiltration annuelle (mm).

$\Delta W$ : La variation de réserves en (mm), souvent négligeable.

#### 3.1.7.1. Les différentes composantes du bilan

##### 3.1.7.1.1. Le ruissellement

Le ruissellement correspondant à la part des précipitations qui s'écoule directement sur le sol lors des précipitations. Il peut donc être connu d'une façon générale par analyse de l'hydrogramme d'un cours d'eau où à l'aide des méthodes empiriques qui donnent une valeur approchée. Parmi les méthodes empiriques on peut citer celle de Tixeront et Berkaloff. Ces auteurs ont établi une formule qui permet d'étudier le ruissellement moyen annuel. Cette formule tant qu'elle ne tienne pas compte de la nature lithologique des terrains et l'influence de la perméabilité sur le ruissellement, elle reste toujours discutable. Elle s'écrit de la manière suivante:

$$R = P^3 / 3ETP^3$$

Avec :

R: Le ruissellement moyen annuel en (mm).

P: La hauteur des précipitations annuelles en (mm).

ETP: L'évapotranspiration potentielle annuelle en (mm).

L'application de la dite formule a donné des résultats qui ont été consignés dans le (tableau 8).

Tableau 8: La lame d'eau ruisselée pour la station de Babar

<b>Station</b>	<b>Station</b>
<b>Paramètres en(mm)</b>	<b>Babar</b>
<b>P</b>	<b>491.82</b>
<b>R</b>	<b>55</b>

### 3.1.7.1.2. Estimation de la lame d'eau infiltrée

L'infiltration désigne le mouvement de l'eau pénétrant dans les couches superficielles du sol et du sous-sol, sous l'action de la gravité et effets de la pression. La lame d'eau infiltrée est souvent déduite à partir des autres paramètres à l'aide de la formule suivante:

$$I = P - (ETR + R)$$

A partir des données du (tableau 8), nous avons abouti aux résultats du (tableau 9)

Tableau 9: La lame d'eau infiltrée estimée à l'aide du bilan hydrologique.

<b>Station</b>	<b>Babar</b>
<b>Paramètres</b>	
<b>I(mm)</b>	<b>36</b>

Les différentes composantes du bilan hydrologique sont reportées dans le (tableau 10).

Tableau 10: Les différentes composantes du bilan hydrologique pour la station de Babar.

<b>Précipitation (P)</b>		<b>Evapotranspiration réelle (ETR)</b>		<b>Ruissellement (R)</b>		<b>Infiltration (I)</b>	
<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>
<b>491.82</b>	<b>100</b>	<b>401.03</b>	<b>81.53</b>	<b>55</b>	<b>11.18</b>	<b>36</b>	<b>7.32</b>

## 3.2. Hydrologie

Les caractéristiques physico-géographiques des bassins versants et des réseaux hydrographiques qui les parcourent sont les éléments déterminants des processus hydrologiques et de la distribution spatio-temporelle de l'écoulement. L'évaluation des ressources en eau des bassins ne peut se limiter à la seule connaissance des volumes qui transitent annuellement, mais elle doit aussi mettre en relief les variations de ce volume dans les différentes échelles de temps possible, donc l'étude du déroulement concret de l'écoulement sur un bassin versant.

L'interaction des facteurs météorologiques et des facteurs physico-géographiques du bassin versant gèrent la distribution temporelle et spatiale de l'écoulement de surface. Ce dernier est donc la réponse différenciée du bassin versant aux impulsions pluviométriques. Le débit qui en résulte est

donc variable, l'étude de ces variations est très importante, car elle conditionne les disponibilités réelles en eau des bassins versants.[4]

### 3.2.1. L'écoulement moyen annuel

L'écoulement de l'eau dans un bassin versant prend différentes formes selon le lieu où il se produit : Sur les versant, l'écoulement peut être superficiel (ruissellement) ou de subsurface, en profondeur, il alimente les nappes, et fluviale constituant un Oued. Il peut revêtir plusieurs formes selon les conditions météorologiques.

L'écoulement fluvial est un écoulement qui s'enchaîne dans le temps et dans l'espace, traduisant le comportement hydrologique du bassin versant. Ce comportement peut être observé à l'aide de l'analyse du volume d'eau s'écoulent à l'exutoire du système.[4]

### 3.2.2 Bilan hydrologique et le déficit d'écoulement

Le bilan hydrologique moyen annuel permet d'estimer les proportions suivant lesquels les eaux météorologiques se divisent; il comporte les entrées représentées par les précipitations (P) et les entrées souterraines(W), les sorties aussi bien superficielle(Q), atmosphérique (E) et le stock souterrain(R). Ce dernier, pour une période s'étalant sur plusieurs années, il y a compensation entre les années humides et les années sèches qui s'établit de sorte que la marge d'erreur tend vers zéro.de même que pour les entrées et les sorties souterraines (+/-W) qui sont très difficiles à évaluer sur les bassins versant qui sont hétérogène. De ces faits, le bilan pluriannuel moyen peut être traduit par l'équation suivant :

$$P(\text{mm}) = Q(\text{mm}) + E(\text{mm})$$

Avec :

P : lame d'eau annuelle précipitée (mm)

Q : lame d'eau annuelle écoulée (mm)

E : déficit annuel d'écoulement qui est assimilé à l'évapotranspiration réelle (ETR).

### 3.2.3. Estimation des Apports

En raison de l'absence des données hydrométriques du barrage fait sur l'Oued El Arab, on a fait appel aux relations mathématiques qui sont reliées entre les paramètres externes.

#### 3.2.3.1. Les Apports Liquides

Compte tenu de l'absence d'observations directes sur le régime hydrologique de Oued El Arab à l'endroit du barrage, on peut utiliser des formules empiriques et pour déterminer l'apport annuel théorique.( Formule de samie, Formule de Mallet, .Formule de J.Dery, Formule de Goutagne).

#### 3.2.3.2. Les apports solides

Les dépôts solides sont constitués d'une part, des matériaux grossiers charrient sur les fonds des lits et qui s'accumulent en amont du barrage et d'autre part, les éléments fins transportés en suspension qui se déposent par décantation près de la retenue.

### 3.3. Caractérisation du climat

La caractérisation du climat d'une zone donnée à l'aide d'indices ou de diagrammes permet de comparer les climats d'une région à l'autre. Ils prennent généralement en compte l'offre pluviométrique, la demande évaporative et les températures. Ceux qui sont les plus couramment utilisés sont les suivants :

#### 3.3.1. Diagramme ombrothermique :

Un mois sec se définit, selon (Bagnoulset Gaussen, 1953, 1957) comme celui ayant un total pluviométrique (moyenne en millimètres) égal ou inférieur au double de la température ( $P \leq 2T^\circ$ ). Ainsi, on constate que la saison sèche est formée par plusieurs mois secs consécutifs. Le diagramme de Gaussen (figure 12) permet de mettre en évidence une saison humide débutant au mois de novembre qui se termine au mois de mai, et une saison sèche qui s'étale du mois de juin jusqu'au mois d'octobre.

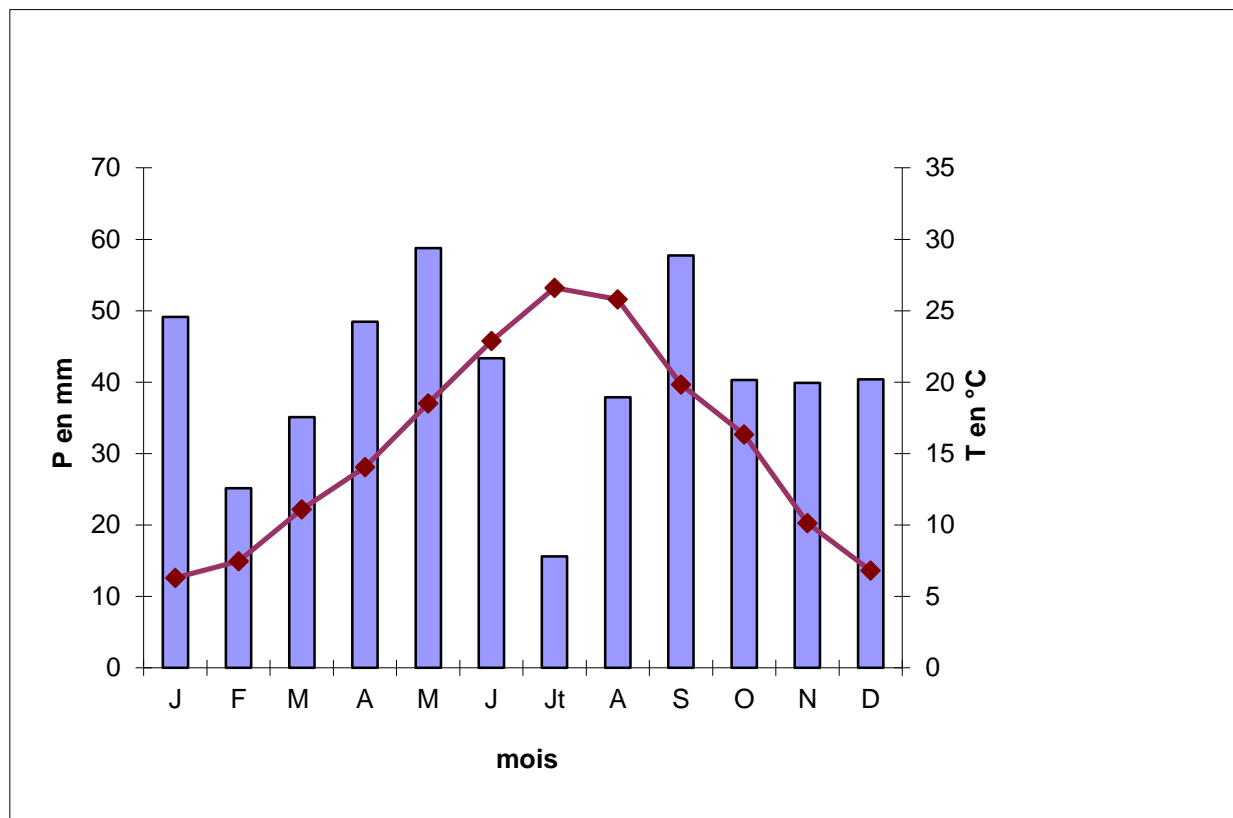


Fig n°12 : Diagramme Ombrothermique de la station de Babar

#### 3.3.2. Indice de De Martonne:

Cet indice est fonction des températures et des précipitations ; il est calculé par la relation suivante :

$$I = \frac{P}{T+10} \quad \text{où}$$

I : indice d'aridité

P : précipitations moyennes annuelles en mm.

T : températures moyennes annuelles en °C

Application :

$$P = 491.82 \text{ mm}$$

$$T = 15.49 \text{ }^\circ\text{C}$$

Ce qui donne :

$$I = 19.29$$

Suivant les valeurs de (I), De Martonnea établi la classification suivante :

$I < 5$  : climat hyperaride

$5 < I < 7,5$  : climat désertique

$7,5 < I < 10$  : climat steppique

$10 < I < 20$  : climat semi-aride

$20 < I < 30$  : climat tempéré.

La station de Babar bénéficie d'un climat semi-aride. (figure 13).

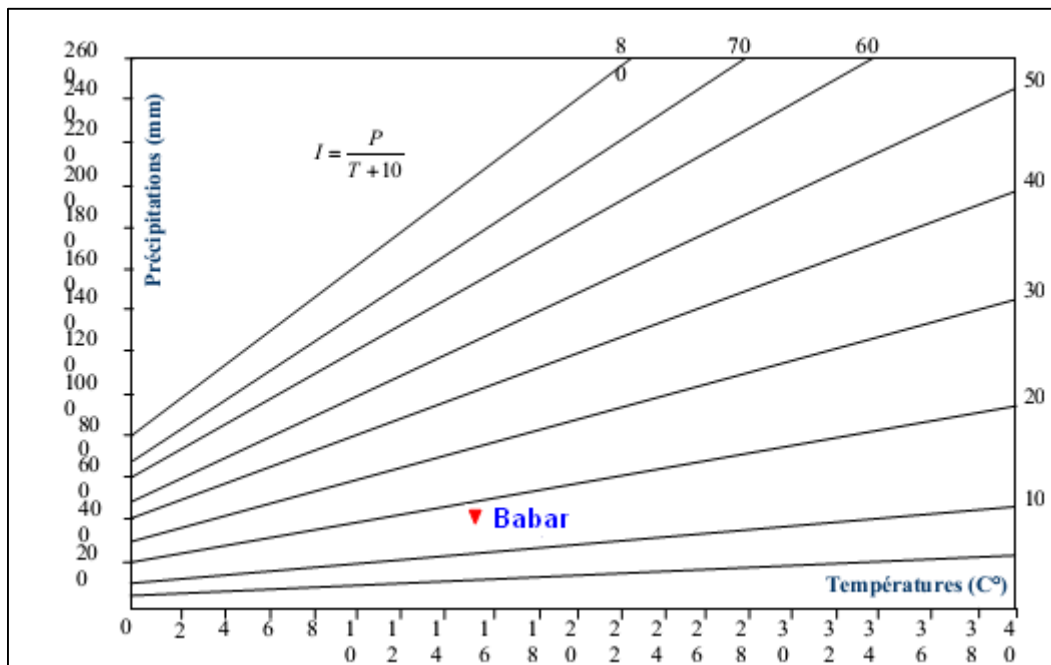


fig n°13 : Abaque de l'indice d'aridité annuel de De Martonne.

### 3.3.3. Climagramme de Louis Emberger :

Pour déterminer les climats de la zone méditerranéenne, L. Emberger a proposé la détermination d'un quotient pluviométrique  $Q_2$ , qui dépend des précipitations moyennes annuelles et des moyennes de températures minima et maxima, respectivement des mois le plus froid et le plus chaud. Il propose donc la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{P}{\frac{(M+m)(M-m)}{2}} \cdot 1000$$

où.

P : précipitation moyenne annuelle (mm)

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (degrés/Kelvin)

m : moyenne des minima du mois le plus froid (degrés/Kelvin)

L'application numérique donne les résultats suivants :

$$P = 491.82 \text{ mm}$$

$$M = 308.58 \text{ °K}$$

$$m = 273.36 \text{ °K}$$

Ce qui donne :

$$Q_2 = 47.99$$

Le rapport de notre station permet de dire que le climat de la plaine de Babar est de type semi-aride. (figure 14).

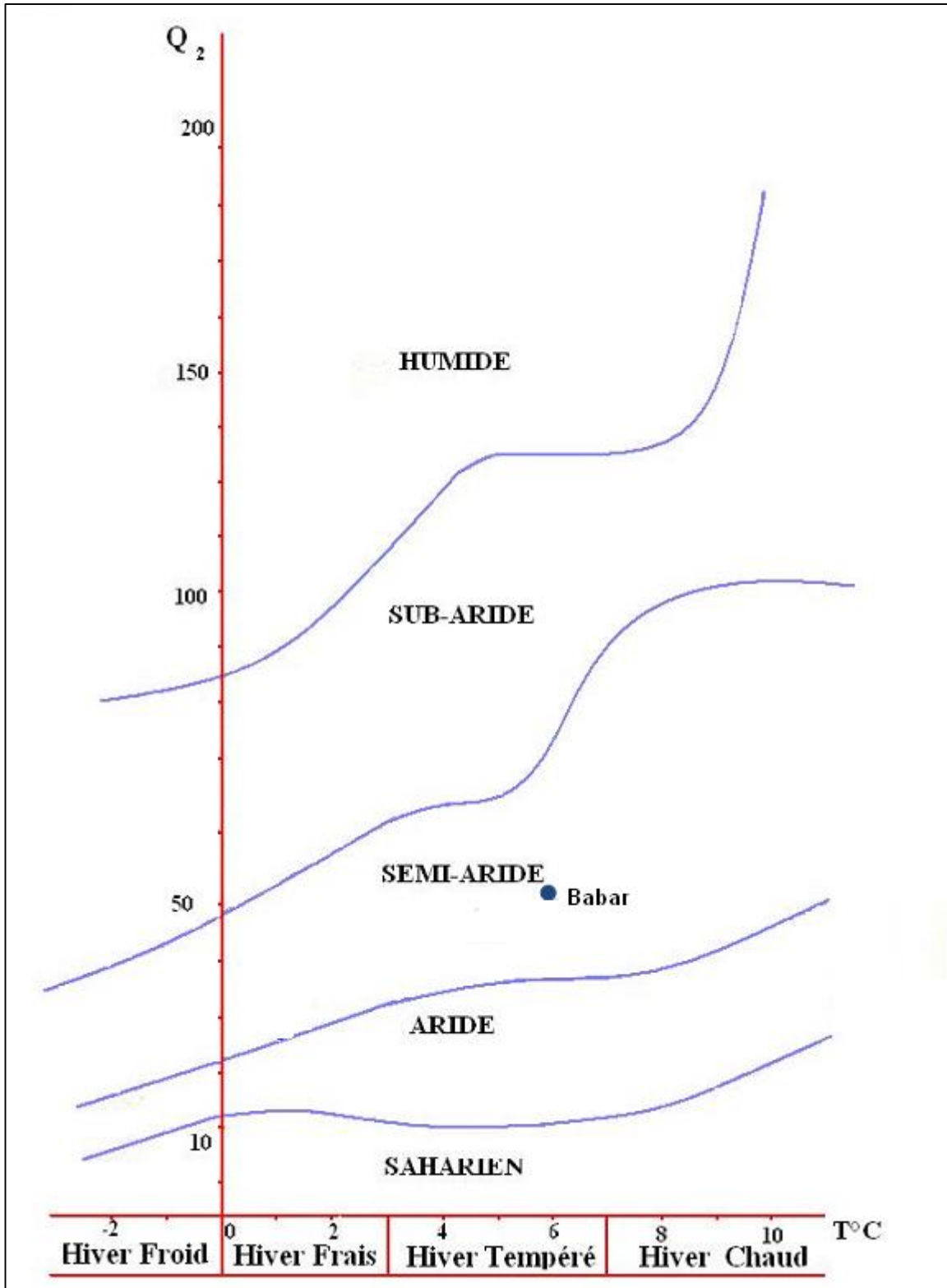


Fig n°14 : climagramme de L'EMBERGER.

### 3.3.4. Indice de Paul Moral

Les résultats précédents sont confirmés par l'indice pluviométrique de Moral (IM), qui utilise aussi la hauteur annuelle des précipitations (en mm) et les températures moyennes annuelles en °C. Cet indice permet de dire :

Si  $IM < 1$  on a climat sec et si  $IM > 1$  on a climat humide.

$$IM = \frac{P}{(T^2 - 10T + 200)}$$

Pour

$P = 491.82 \text{ mm}$

$T = 15.49 \text{ °C}$

Ce qui donne

$IM = 1.73$

On peut dire que le climat de la plaine de Babar est à la limite sec-humide, c'est-à-dire qu'il peut être qualifié de semi-aride.

### 3.3.5. Comparaison des indices climatiques

Sachant que les éléments climatiques les plus importants pour caractériser un climat sont les précipitations, les températures et l'évaporation ; les méthodes combinant ces éléments sont plus intéressantes que celles qui incluent un seul élément. Toutes ces méthodes ont qualifié le climat de la région de Babar comme étant semi-aride, ce qui est en conformité avec la carte des étages bioclimatiques, établie par M. Côte en 1998 (figure 15).[5]

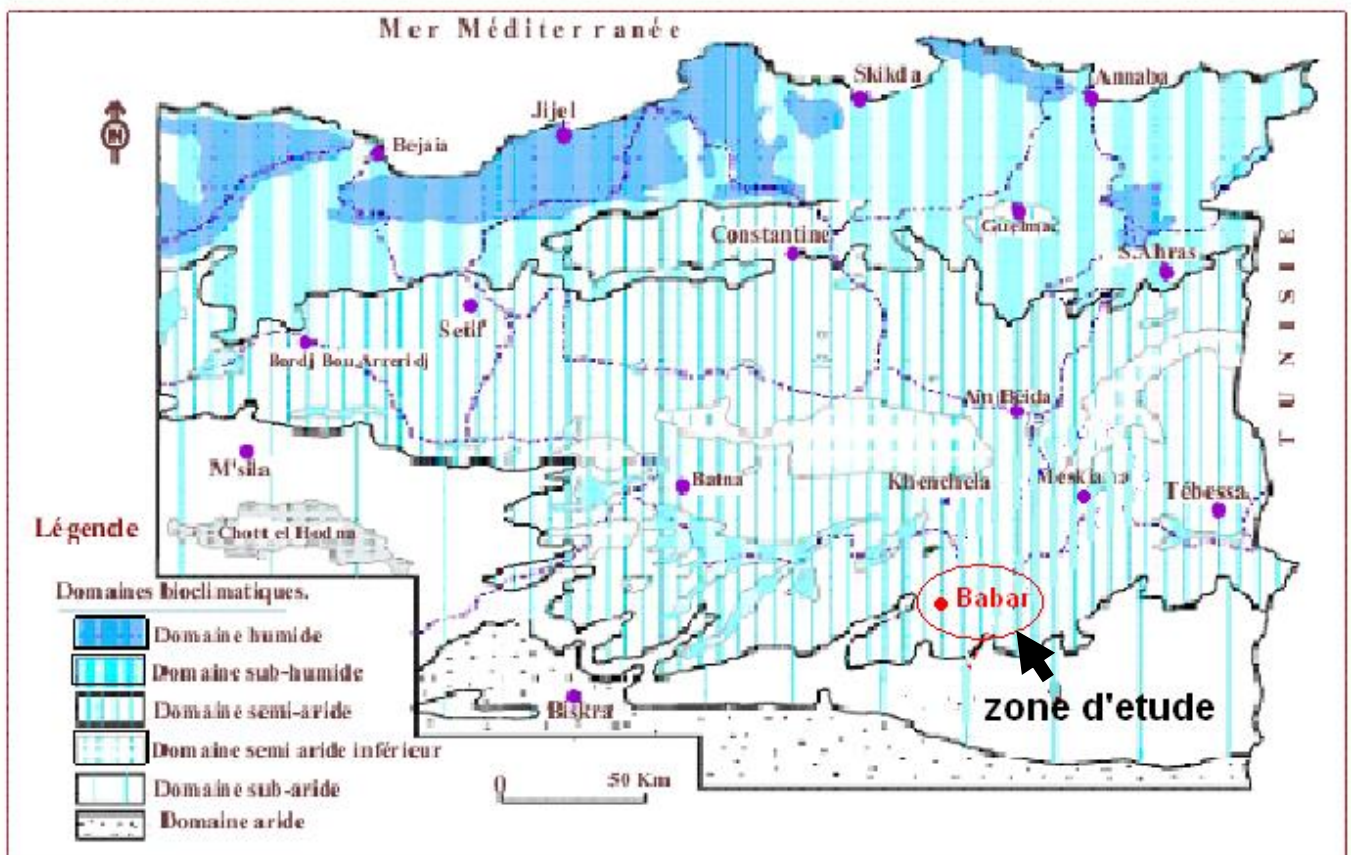


Fig n°15: Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien Côte M., 1998).

**Conclusion**

La zone d'étude fait partie du grand bassin versant de Chott Melrhir, elle est caractérisée par un climat aride à semi-aride avec un hiver froid, et un été chaud et sec.

L'examen de la série des précipitations pour la période (2000-2010) a révélé une pluviométrie moyenne de 491.82 mm pour le bassin d'Oued El Arab. L'examen des précipitations et des températures des différents postes pluviométriques a donné des résultats spécifiques au bassin de Oued El Arab avec :

- Une précipitation moyenne annuelle de l'ordre de 491.82 mm
- Une température moyenne annuelle de l'ordre de 15.49C°.
- Une évapotranspiration potentielle de l'ordre de 854.16 mm.
- La valeur de l'ETR de Wundt de l'ordre 401.03 mm soit (81.53% de précipitations), est sous estimée, car on trouve à la fin que l'infiltration tend vers zéro ce qui est invraisemblable et pose le problème d'alimentation de la nappe.
- Un déficit agricole de l'ordre de 453.13 mm. Notons que le bilan hydrique est déficitaire, et l'alimentation se fait latéralement soit par les bassins voisins, soit par drainance.
- Un ruissellement et une infiltration respectivement de 55 mm et 36 mm ce qui représente respectivement 11.18%, 7.32% des précipitations. Cette dernière contribue à l'alimentation de la nappe superficielle à partir de l'écoulement de surface.

## Introduction

L'étude hydrogéochimique a porté sur l'interprétation des analyses physico-chimiques de 4 compagnes hydro- chimiques (Janvier 2009 jusqu'à Janvier 2012) des eaux superficielles du lac de barrage. Dans la région étudiée, le terrain naturel contient des sels plus ou moins solubles, certains minéraux s'altèrent au contact de l'eau. Ainsi le chimisme des eaux de surface dépend essentiellement de la composition géologique des milieux traversés et du temps de séjours. Dans ce chapitre, on va étudier la classification géochimique des eaux superficielles du bassin versant de Oued El Arab. afin de comprendre le mécanisme d'acquisition du chimisme des eaux des oueds. Pour atteindre ce but nous nous sommes intéressés aux relations éventuelles pouvant exister entre la géologie et les facies chimiques.

### 4.1. Prélèvement

Les échantillons ont été prélevés de 2009 à 2012 par l'Agence National des Ressources Hydrauliques (ANRH) de Constantine et les mesures des paramètres physico-chimiques ont été effectuées sur 12 échantillons pour chaque année de 2009 jusqu'à 2011, et un échantillon pour l'année 2012.

Le choix du lieu de prélèvement a été fixé sur la cuvette du Barrage, mais pour contrôler la qualité de l'eau en amont, en aval de la ville de Babar et à l'Ouest du bassin versant on a aussi étudié la qualité des eaux de trois autres stations S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub> ( l'amont de l'Oued El Hatiba, à l'aval de l'Oued El Hatiba, au niveau de Oued Tamagra).

**Tableau 11: les coordonnées des stations : ( S<sub>1</sub>,S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub>)**

Stations	latitude N	longitude E	Altitude(m)
Station N° 1 la cuvette du Barrage	35° 13.98N	7° 7.81 E	925
Station N° 2 l'amont de Oued El Htiba	35° 17.41 N	7° 1 1.80E	1011
Station N° 3 l'aval de Oued El Htiba	35° 14.80N	7° 9.06 E	941
Station N° 4 niveau de Oued Tamagra	35° 15.19N	7° 8.2 E	983

### 4.2. Méthode d'échantillonnage

Les analyses ont été effectuées au laboratoire de l'Agence National des Ressources Hydraulique de Constantine. La période d'observation s'étale sur la période 01/01/2009 jusqu'au 01/01/2012, ce qui nous permet de suivre progressivement l'évolution de la qualité des eaux pendant cette période.

#### 4.2.1 Suivi chimique

12 échantillons ont été analysés afin de comprendre l'origine et l'évolution de la Qualité de l'eau. Nous nous sommes intéressés aux paramètres physicochimiques suivants :

##### a) paramètres physiques

Quatre (04) éléments ont été mesurés, la température de l'eau, le pH, la conductivité électrique et le résidu sec. Les trois premiers paramètres ont été mesurés sur le terrain alors que la quatrième a été déterminé au laboratoire.[4]

##### b) Eléments chimiques majeurs

Une analyse complète des éléments chimiques a été effectuée lors de cette étude :

\* Cations : Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>

\* Anions: Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup>

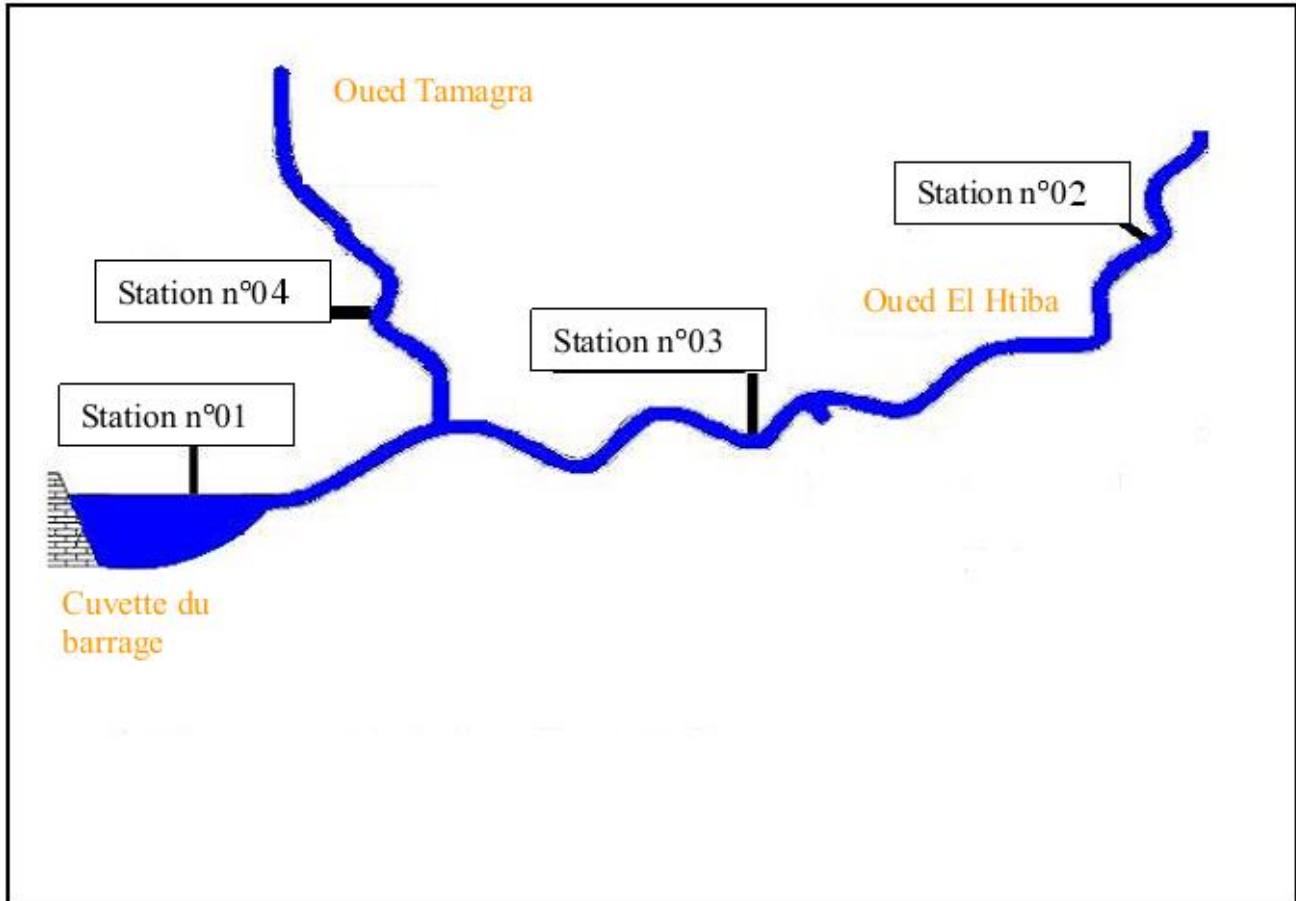


Fig n°16 : situation des stations de prélèvement ( S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub>).[source ANRAH]

#### 4.3. Les faciès chimiques

Les faciès hydrochimiques, d'après Jaekli (1970), sont fréquemment utilisés en hydrogéologie pour décrire grossièrement la composition des eaux naturelles. On les détermine par le calcul des quantités en réaction (conversion des concentrations en milliequivalent/ L), et en tenant compte de la classification des ions (formule ionique).

Les principaux faciès hydrochimiques déterminés dans les eaux superficielles sont présentés dans le (tableau 12).

Tableau 12: Faciès chimiques des eaux superficielles de barrage Babar.

Nombre d'échantillons	Formules caractéristiques		Faciès chimiques
2009(12 échantillons)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >Cl <sup>-</sup> >HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> >NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>++</sup> >Mg <sup>++</sup> >Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Sulfaté-calcique
2010(12 échantillons)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >Cl <sup>-</sup> >HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> >NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>++</sup> >Mg <sup>++</sup> >Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Sulfaté-calcique
2011(12 échantillons)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >Cl <sup>-</sup> >HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> >NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Mg <sup>++</sup> >Ca <sup>++</sup> >Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Sulfaté-magnésique
2012(1 échantillon)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >Cl <sup>-</sup> >HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> >NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>++</sup> >Mg <sup>++</sup> >Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Sulfaté-calcique
2009/2010	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >Cl <sup>-</sup> >HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> >NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Mg <sup>++</sup> >Ca <sup>++</sup> >Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Sulfaté-magnésique

Les principaux faciès hydrochimiques déterminés dans les eaux superficielles de l'Oued El Hatiba et Oued Tamagra sont présentés dans le (tableau 13).

**Tableau 13: Faciès chimiques des eaux superficielles de l'Oued El Htiba et Oued Tamagra.**

Station	Formules caractéristiques		Faciès chimiques
S2 : l'amont de Oued El Htiba	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >Cl <sup>-</sup> >HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> >NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>++</sup> >Mg <sup>++</sup> >Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Sulfaté-calcique
S3 : l'aval de Oued El Htiba	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >Cl <sup>-</sup> >HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> >NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Mg <sup>++</sup> >Ca <sup>++</sup> >Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Sulfaté-magnésique
S4 : Oued Tamagra	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >Cl <sup>-</sup> >HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> >NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>++</sup> >Mg <sup>++</sup> >Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Sulfaté-calcique

#### 4.4. Représentation graphique des faciès hydrochimiques :

Dans le but de bien identifier les faciès hydrochimiques et d'avoir une indication sur l'aspect qualitatif des eaux superficielles, la représentation graphique des résultats d'analyses s'avère un outil inévitable. Pour atteindre cet objectif, on a eu recours au diagramme de Piper et à celui de Schoeller-Berkaloff. La réalisation de ces diagrammes a été faite en utilisant le logiciel Diagrammes, conçu par Roland Simler (Laboratoire d'hydrogéologie, Université d'Avignon, 2004).[5]

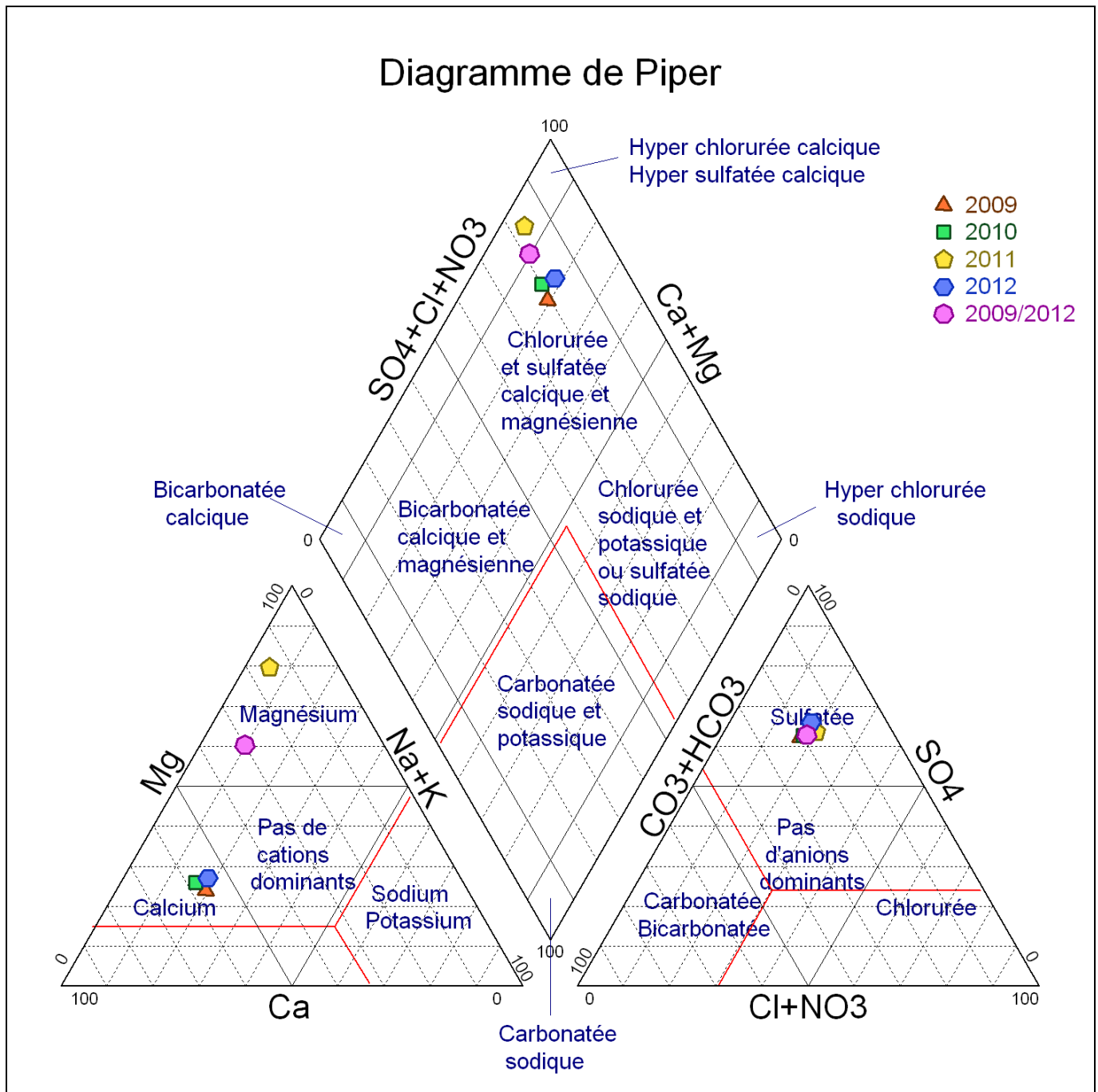
##### 4.4.1 Diagramme de PIPER :

Ce type de diagramme permet de représenter plusieurs échantillons d'eau simultanément. Il est composé de deux triangles, permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique, et d'un losange synthétisant le faciès global.

Les nuages de points concentrés dans un pôle représentent pour les différents échantillons la combinaison des éléments cationiques et anioniques.

Le diagramme de Piper est particulièrement adapté à l'étude de l'évolution des faciès des eaux lorsque la minéralisation augmente, ou bien pour comparer des groupes d'échantillons entre eux et indiquer les types de cations et anions dominants.

L'interprétation des résultats d'analyses hydrochimiques pour toute la période d'observation a permis d'avoir une idée sur les faciès chimiques des eaux superficielles du barrage Babar et leur évolution dans le temps, ainsi que sur les conditions naturelles à l'origine de ces faciès[5].



**Fig n°17: Diagramme de piper des eaux de surface du bassin versant de Oued El Arab**

#### 4.4.2. Diagramme de SCHOELLER-BERKALOFF:

Le diagramme de Schoëller- Berkaloff permet de représenter le faciès chimique de plusieurs échantillons d'eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée. La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique. La ligne brisée est formée en reliant tous les points qui représentent les différents éléments chimiques.

Un groupe d'eau de minéralisation variable mais dont les proportions sont les mêmes pour les éléments dissous, donnera une famille de lignes brisées parallèles entre elles. Lorsque les lignes se croisent, un changement de faciès chimique est mis en évidence.[5]

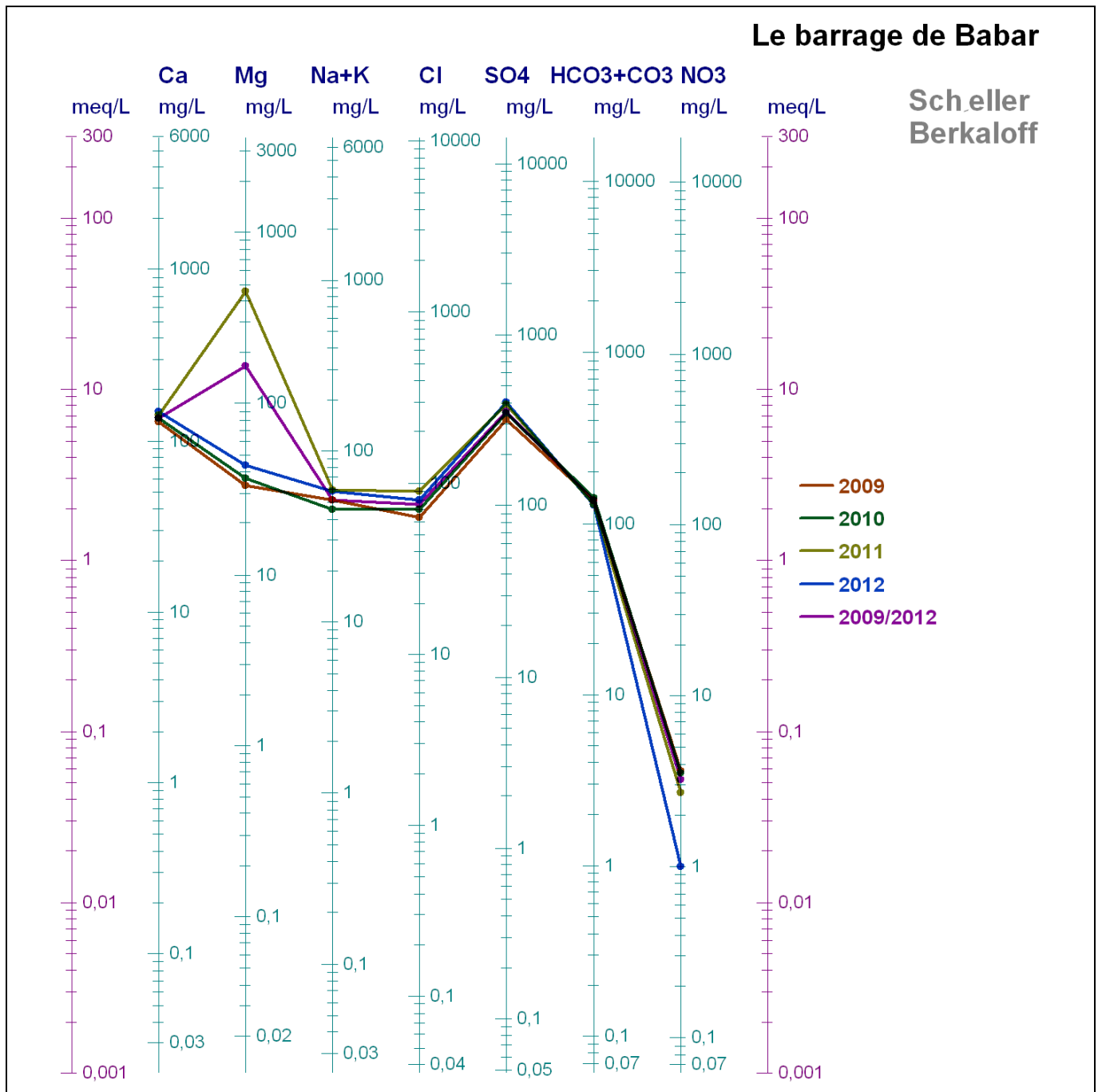


Fig n°18: Diagramme des analyses des eaux de surface du bassin versant de Oued El Arab

**4.5. Etude de l'origine du chimisme des eaux superficielles :**

L'étude de la géologie du bassin versant d'Oued El Arab a pu donner une idée sur le mécanisme du chimisme des eaux superficielles du barrage de Babar.

L'influence des formations géologiques sur la nature des faciès est très remarquable : les fortes concentrations du sulfates, calcium, et de magnésium ont donné deux faciès dominants qui sont le sulfaté calcique et le sulfaté magnésique, ceux ci est en liaison directe avec la présence des marnes gypseuses et des formations carbonatées notamment les calcaires et les dolomies de l'Albien.

On signale que la teneur de potassium et de sodium est faible par rapport à celles à des autres ions, ce qui explique l'absence des faciès potassique et sodique.

Les ions chlorures peuvent tirer leur origine soit de la lithologie (les sédiments de Mio-plio-Quaternaire) ou résulter des activités anthropiques.

L'ion carbonaté tire son origine des formations carbonatées du Crétacé et l'Albien.

L'ion sodium tire son origine des formations du trias.

#### 4.6. Evolution des paramètres physiques en fonction du temps

##### 4.6.1. Les paramètres physiques

###### 4.6.1.1. La température (C°)

La température joue un rôle primordial dans la solubilité des sels et des gaz, donc sur la conductibilité. Elle permet de différencier entre les eaux qui circulent en profondeur et celles qui circulent près de la surface, c'est l'un des facteurs qui influe sur la vitesse des réactions chimiques. La température moyenne mensuelle de l'air dans la région d'étude est de l'ordre de 15.49C°. La température maximale de l'eau ( $T_{max}=26^{\circ}C$ ) est enregistrée pendant le mois d'Août, (Tableau 14).

**Tableau 14: variation de la température dans le temps au niveau des quatre stations**

Station	Température (C°)		
	min	moy	max
S1 : la Cuvette Du Barrage	7.5	15.73	26
S2 : l'amont de Oued El Htiba	5	12.15	20.7
S3 : l'aval de Oued El Htiba	5.5	10.82	20.7
S4 : Oued Tamagra	3	10.81	20.6

On remarque que la température de l'eau suit celle de l'aire, elle a atteint un minimum de 7.5 °C au mois de Janvier et un maximum au mois d'Août ce qui nous semble (figure19).

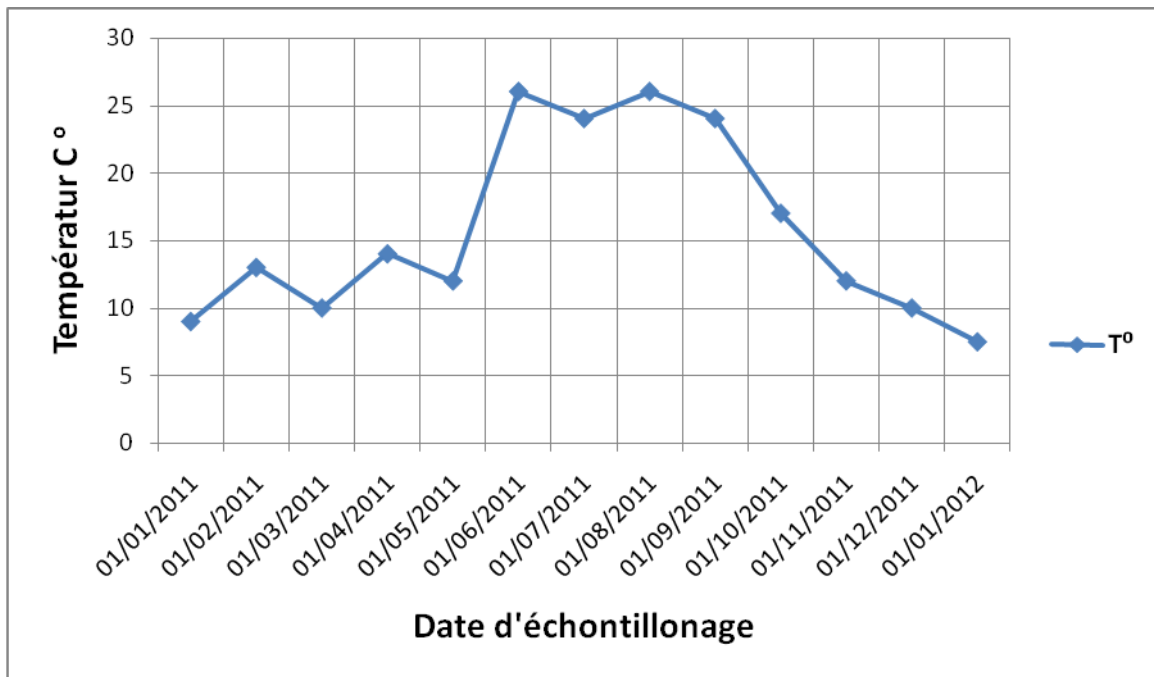


Fig n°19: Evolution de la température de l'eau de surface dans le temps au niveau de la stations 1

#### 4.6.1.2. Conductivité électrique (CE)

A partir de la conductivité électrique on peut évaluer le degré de la salinité de l'eau, elle est aussi fonction de la température ; elle augmente avec la concentration des ions en solution et la température. Les résultats obtenus permettent de dire que la conductivité électrique au niveau de barrage Babar est de 1230  $\mu$  s/cm en moyenne (tableau 15)

Tableau 15: variation de la conductivité électrique en fonction du temps au niveau des quatre stations

Station	la conductivité électrique		
	min	moy	max
S1 : la Cuvette Du Barrage	1120	1230	1390
S2 : l'amont de Oued El Htiba	3360	3130	3750
S3 : l'aval de Oued El Htiba	2680	3210	3740
S4 : Oued Tamagra	880	1110	1450
Norme de potabilité OMS $\leq$ 1500 $\mu$ S/cm			

Pendant la période d'étude on remarque que les valeurs de la conductivité électrique sont comprises entre (1120 et 1390  $\mu$  s/cm) (figure 20).

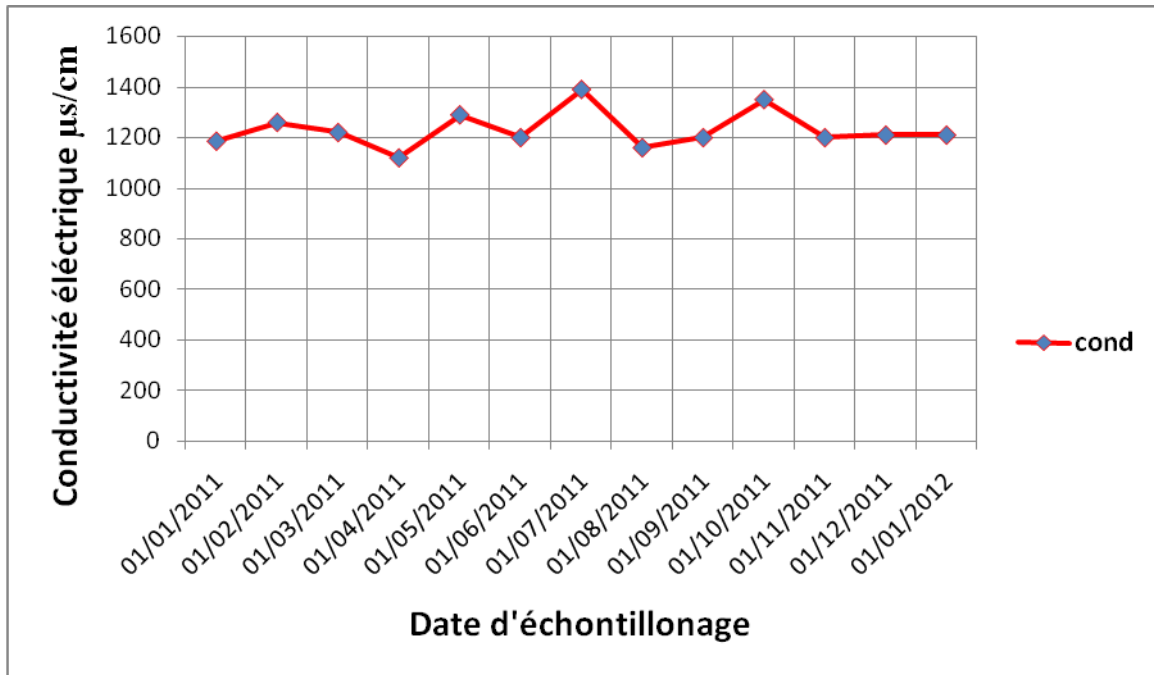


Fig n°20: Evolution de la conductivité électrique des eaux de surface dans le temps au niveau de la S1

#### 4.6.1.3. Potentiel d'hydrogène (PH)

Les valeurs du PH mesurées au niveau de la station de barrage Babar et varient entre (7.3 et 7.9). Ces valeurs se trouvent dans l'intervalle des normes de potabilité de l'OMS (Tableau 16).

Tableau 16: variation de Potentiel d'hydrogène en fonction du temps au niveau des quatre stations.

Station	Le Potentiel d'hydrogéné		
	min	moy	max
S1 : la Cuvette Du Barrage	7.3	7.8	7.9
S2 : l'amont de Oued El Htiba	7.4	7.78	8
S3 : l'aval de Oued El Htiba	7.5	7.77	8.1
S4 : Oued Tamagra	7.5	7.92	8.3
Norme de potabilité (6.2 – 9.22)			

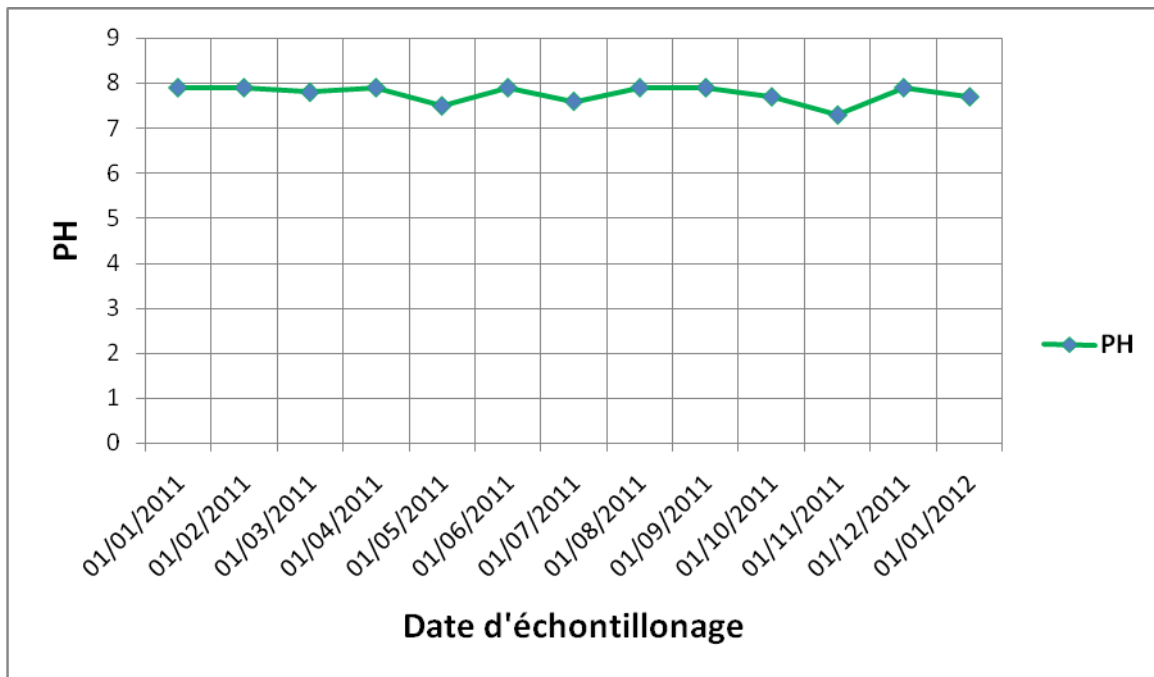


Fig n°21: Evolution du pH des eaux de surface dans le temps au niveau de la station 1

#### 4.6.2. Les Eléments chimiques

##### 4.6.2.1. Les cations

##### 4.6.2.1.1 Le calcium ( $\text{Ca}^{++}$ )

Le calcium est un élément alcalinoterreux, il se trouve dans les eaux thermo-minérales circulant en milieu calcaire et aussi en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonate. Le calcium peut provenir également des formations gypsifères ( $\text{Ca SO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ ), qui sont facilement solubles. La teneur du calcium varie entre 49.69 mg/l dans Oued Tamagra à 346.29 mg/l dans Oued El Htiba. (tableau 17).

Tableau 17: variation de la teneur du calcium au niveau des quatre stations (mg/l)

Station	La Teneur du calcium		
	min	moy	max
S1 : la Cuvette Du Barrage	141.1	141.31	153.4
S2 : l'amont de Oued El Htiba	256,5	325,66	346,29
S3 : l'aval de Oued El Htiba	168,33	247,21	284,56
S4 : Oued Tamagra	49,69	96,4	120,24
Norme de potabilité 200 mg/l			

On remarque que les plus fortes teneurs sont enregistrées au niveau de Oued El Htiba et dépassent les Normes de potabilités de l'OMS par contre dans les autres stations on a enregistré de faibles valeurs (figure 22).

La station 01 au niveau de la cuvette du barrage est caractérisée par une dilution des eaux.

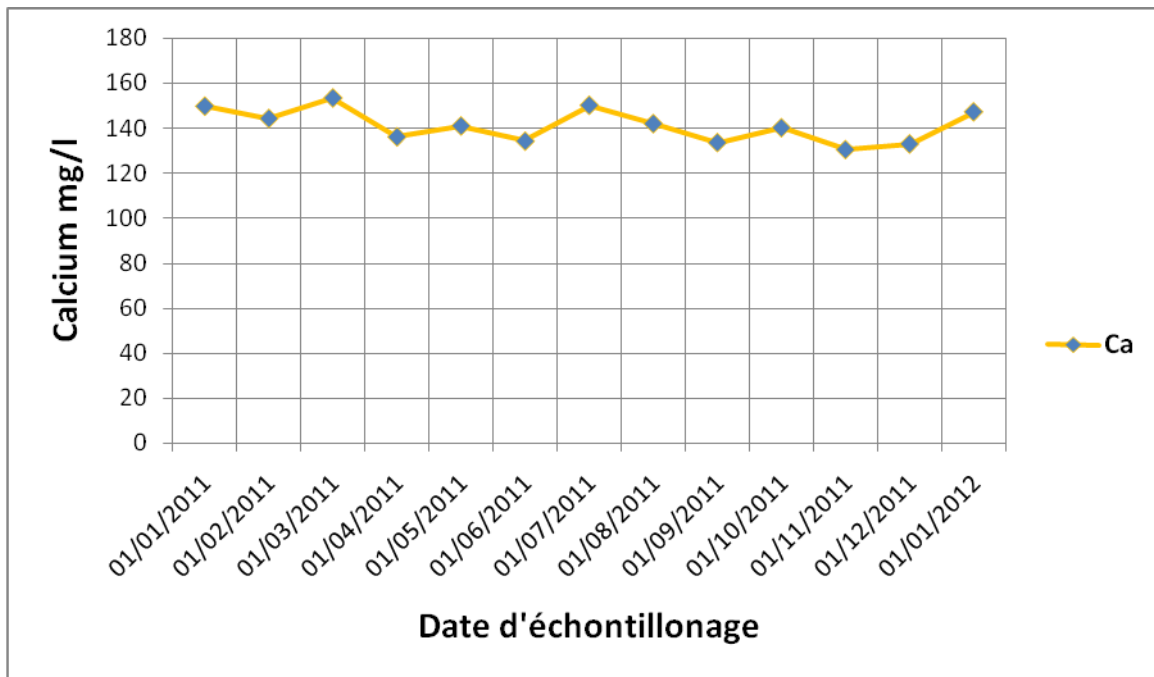


Fig n°22: Evolution de la teneur du calcium des eaux de surface dans le temps au niveau de la S1.

#### 4.6.2.1.2. Magnésium ( $Mg^{++}$ )

C'est un élément qui accompagne souvent le calcium, et provient de la dissolution des dolomies, des calcaires dolomitiques et des minéraux ferromagnésiens. On remarque que la variation des concentrations du magnésium est similaire à celle du calcium. La teneur minimale du  $Mg^{++}$  est enregistrée dans Oued Tamagra avec 55.2 mg/l, et la teneur maximale est enregistrée dans Oued El Htiba avec 194.64 mg/l. à cause de la présence de rejets des eaux usées de la zone urbaine de Babar (tableau 18).

Tableau 18: variation de la teneur du magnésium en fonction du temps au niveau des quatre stations(mg/l)

Station	La Teneur du magnésium		
	min	moy	max
S1 : la Cuvette Du Barrage	40	419.42	4551
S2 : l'amont de Oued El Htiba	138	164,5	186,84
S3 : l'aval de Oued El Htiba	121,8	164,04	194,64
S4 : Oued Tamagra	55,2	72,46	104,4
Norme de potabilité 150 mg/l			

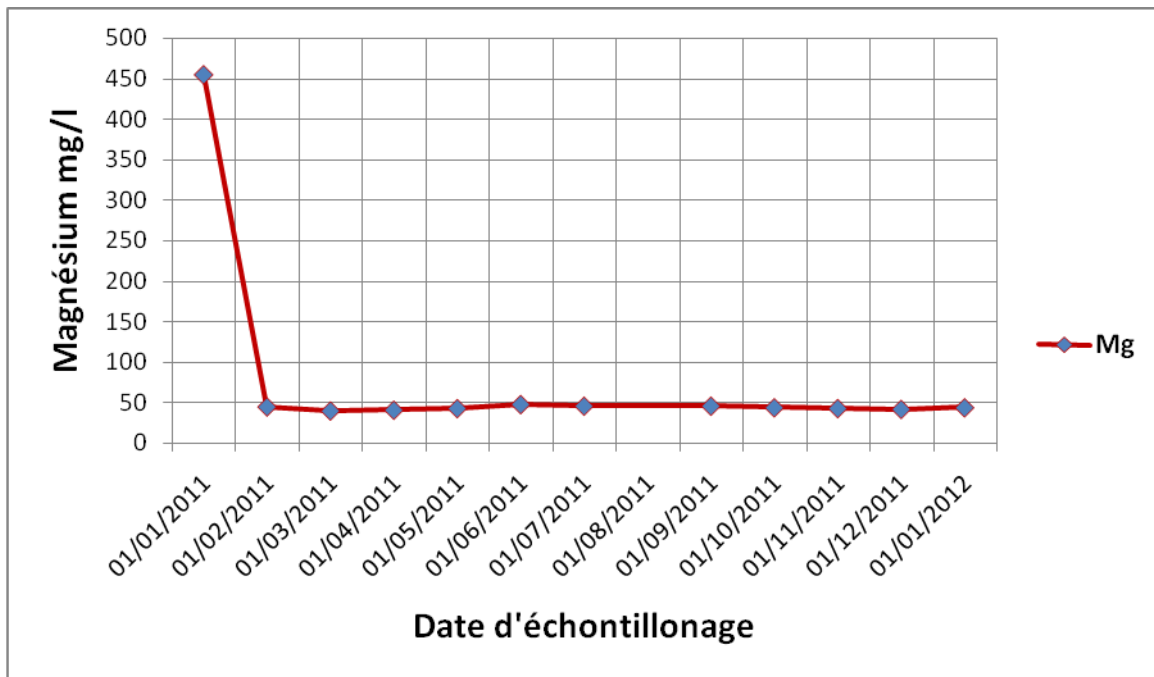


Fig n°23 Evolution de la teneur du magnésium des eaux de surface dans le temps au niveau de la S1

#### 4.6.2.1.3. Potassium (K<sup>+</sup>)

C'est un élément alcalin, très réactif avec l'eau, on le retrouve dans les roches ignées et dans la nature sous forme de chlorure double dans de nombreux minerais. Il se trouve aussi dans la végétation sous forme de carbonate. Les teneurs maximales du potassium varient entre 9.99mg/l au niveau de Oued El Htiba et 6.97mg/l au niveau de Oued Tamagra par contre la concentration de potassium diminue dans la cuvette du barrage à 2.67mg/l . (tableau 19).

Tableau 19 : variation de la teneur du Potassium en fonction du temps au niveau des quatre stations (mg/l).

Station	La Teneur du Potassium		
	min	moy	max
S1 : la Cuvette Du Barrage	2	3	2.67
S2 : l'amont de Oued El Htiba	7,9	8,78	9,99
S3 : l'aval de Oued El Htiba	6,7	7,74	9,63
S4 : Oued Tamagra	7,4	7,58	8,07
Norme de potabilité 12 mg/l			

Les plus faibles teneurs sont enregistrées au niveau de la Cuvette Du Barrage alors que les fortes teneurs sont enregistrées au niveau de Oued El Htiba et Oued Tamagra ,l'ensemble est mélangé au niveau de la cuvette du barrage.

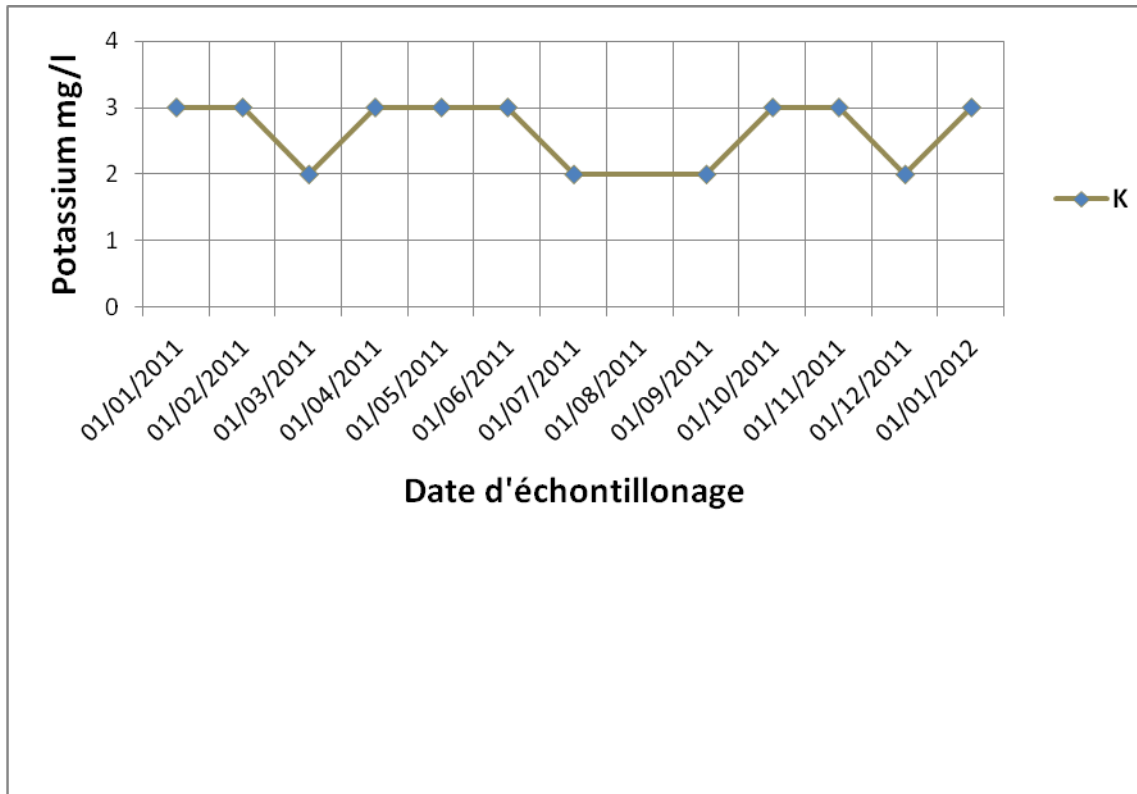


Fig n°24: Evolution de la teneur du Potassium des eaux de surface dans le temps au niveau de la S1

#### 4.6.2.1.4. Sodium ( $\text{Na}^{++}$ ):

C'est un élément qui existe dans la totalité des eaux car la solubilité des ses sels est très élevée. En agriculture, le composé du sodium le plus important est le chlorure de sodium. Le sodium constitue un élément de maintien de la perméabilité du sol. Les teneurs maximales du sodium varient entre (33- 68mg/l) dans la cuvette du barrage. (tableau 20).

Tableau 20: variation de la teneur du sodium en fonction du temps au niveau des quatre stations (mg/l)

Station	La Teneur du Sodium		
	min	moy	max
S1 : la Cuvette Du Barrage	33	56,33	68
S2 : l'amont de Oued El Htiba	101,2	110,16	117,1
S3 : l'aval de Oued El Htiba	81,19	90,8	101,9
S4 : Oued Tamagra	46,8	64,74	80,83
Norme de potabilité 100 mg/l			

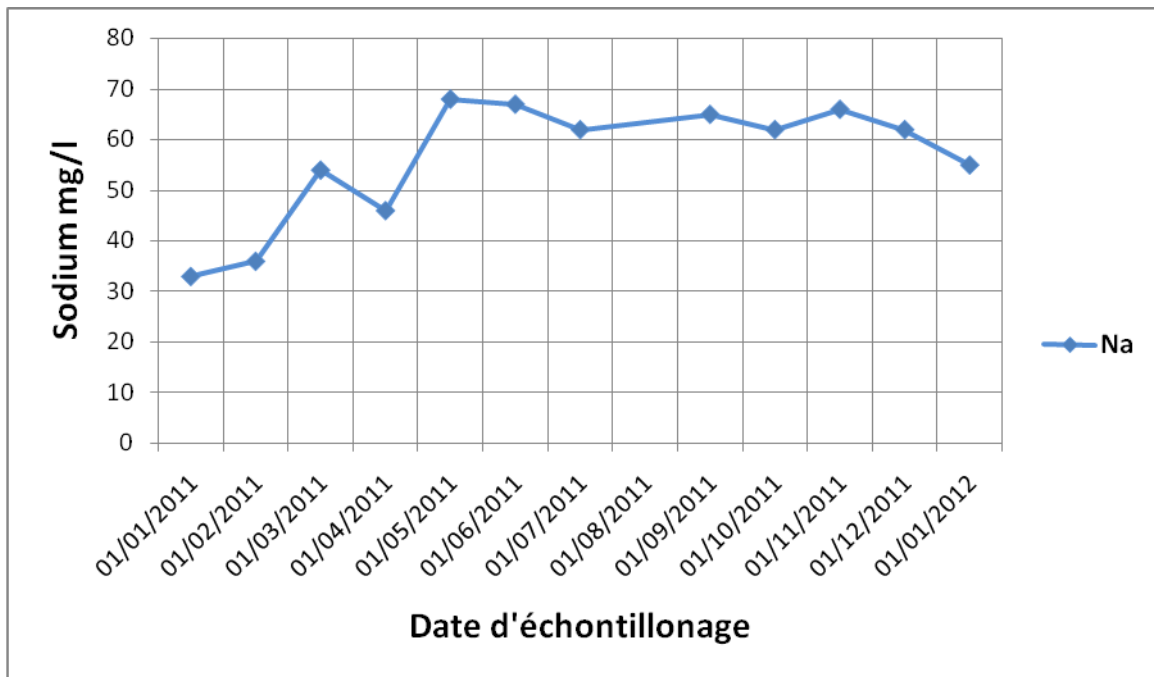


Fig n°25: Evolution de la teneur du sodium des eaux de surface dans le temps au niveau de la S1

#### 4.6.2.2. Les Anions

##### 4.6.2.2.1. Chlorures ( $\text{Cl}^-$ )

Les chlorures peuvent avoir plusieurs origines .et sont liés principalement à la dissolution des terrains salifères. La dissolution des ces sels étant très faciles d'où leurs présences en fortes concentrations dans les eaux ayant traversées les formations argilo - sableuses ou argileuses. Ainsi, ils peuvent provenir également de l'action humaine à partir du soulage des routes, ou par contamination par les eaux usées. Les chlorures donnent un goût désagréable et posent le problème de la corrosion dans les canalisations et les réservoirs à partir de 50 mg/l (norme del'O.M.S). Les teneurs varient entre 319.5mg/l à l'amont de Oued El Htiba et 49.7 mg/l au niveau de Oued Tamagra. (tableau 21).

Tableau 21: variation de la teneur des chlorures en fonction du temps au niveau des quatre stations (mg/l)

Station	La Teneur des chlorures		
	min	moy	max
S1 : la Cuvette Du Barrage	80	89.58	110
S2 : l'amont de Oued El Htiba	291.5	308.34	319.5
S3 : l'aval de Oued El Htiba	255.6	278.88	308.85
S4 : Oued Tamagra	49.7	57.78	71
Norme de potabilité 350 mg/l			

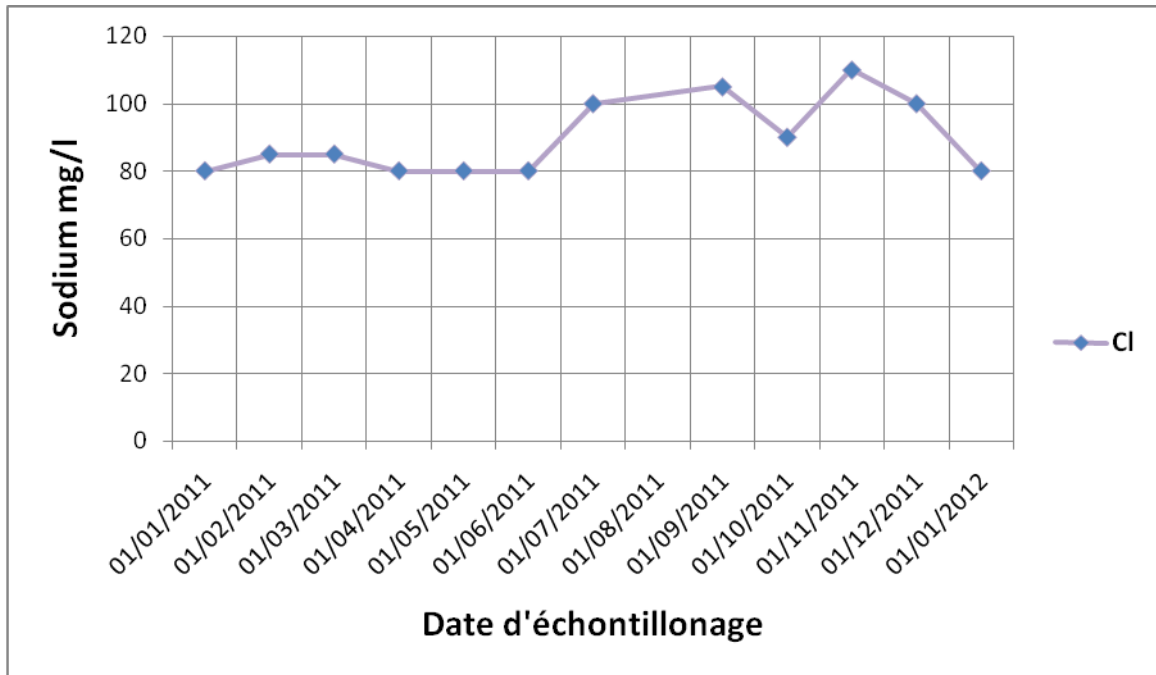


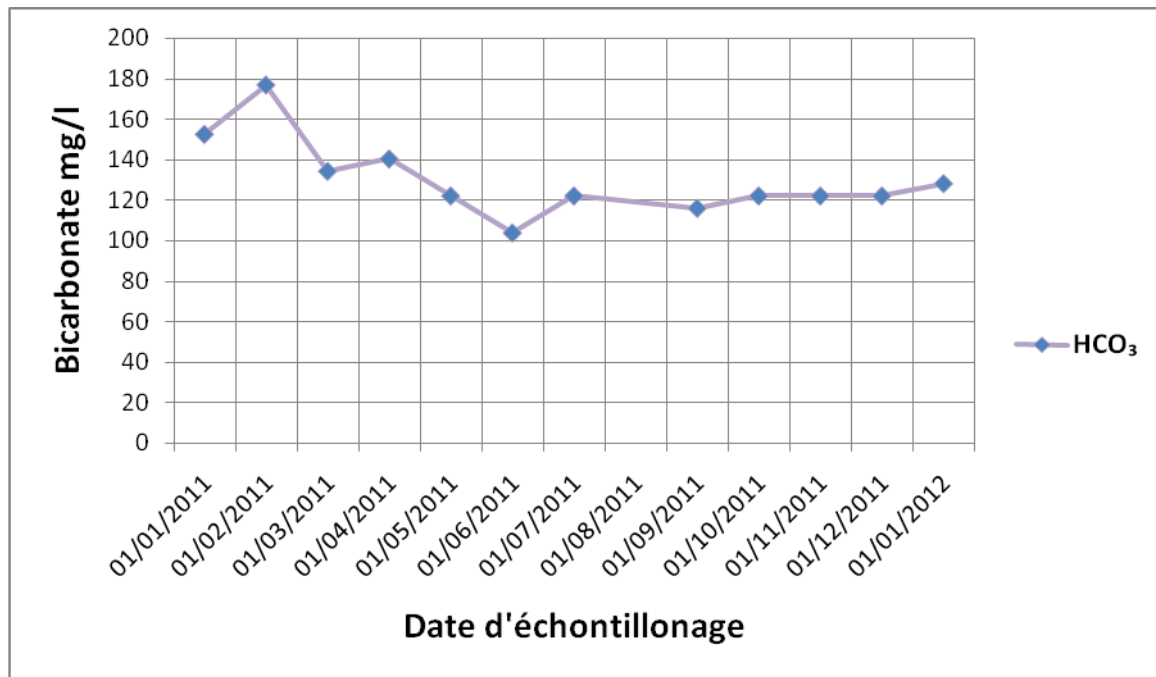
Fig n°26: Evolution de la teneur des chlorures des eaux de surface dans le temps au niveau de la S1

#### 4.6.2.2.2. Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ):

Les bicarbonates se trouvent dans les eaux naturelles, leur présence dans l'eau est dû à la dissolution des formations carbonatées tel que les calcaires et les dolomies. (tableau 22).

Tableau 22: variation de la teneur des Bicarbonates en fonction du temps au niveau des quatre stations (mg/l)

Station	La Teneur des Bicarbonates		
	min	moy	max
S1 : la Cuvette Du Barrage	103.7	130.13	176.9
S2 : l'amont de Oued El Htiba	158.6	191.1	213.5
S3 : l'aval de Oued El Htiba	190.32	230.92	312.32
S4 : Oued Tamagra	195.2	248	298.9



**Fig n°27: Evolution de la teneur des Bicarbonates des eaux de surface dans le temps au niveau de la S1**

#### 4.6.2.2.3. Sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>):

Ils sont présents dans les eaux naturelles à des teneurs très variables et Ils peuvent provenir de La dissolution du gypse. Ce dernier peut être triasique, comme il peut être associé à des formations plus récentes comme les argiles du Mio-Plio-Quaternaire. Ils dépendent aussi des rejets industriels. Les résultats des analyses chimiques, donnent des valeurs qui varient de 395.16 mg/l au niveau de la cuvette de barrage à 1218 mg/l à l'amont de Oued El Htiba. (tableau 23) .

**Tableau 23: variation de la teneur des Sulfate en fonction du temps au niveau des quatre stations (mg/l)**

Station	La Teneur des Sulfate		
	min	moy	max
S1 : la Cuvette Du Barrage	342	395.16	434
S2 : l'amont de Oued El Htiba	1125	1184.42	1218
S3 : l'aval de Oued El Htiba	580	866.14	998
S4 : Oued Tamagra	725	388.57	460
Norme de potabilité 250mg/l			

Pour notre région d'étude, les origines de cet élément sont liées aux formations géologiques comme les argiles, les marnes et le gypse.

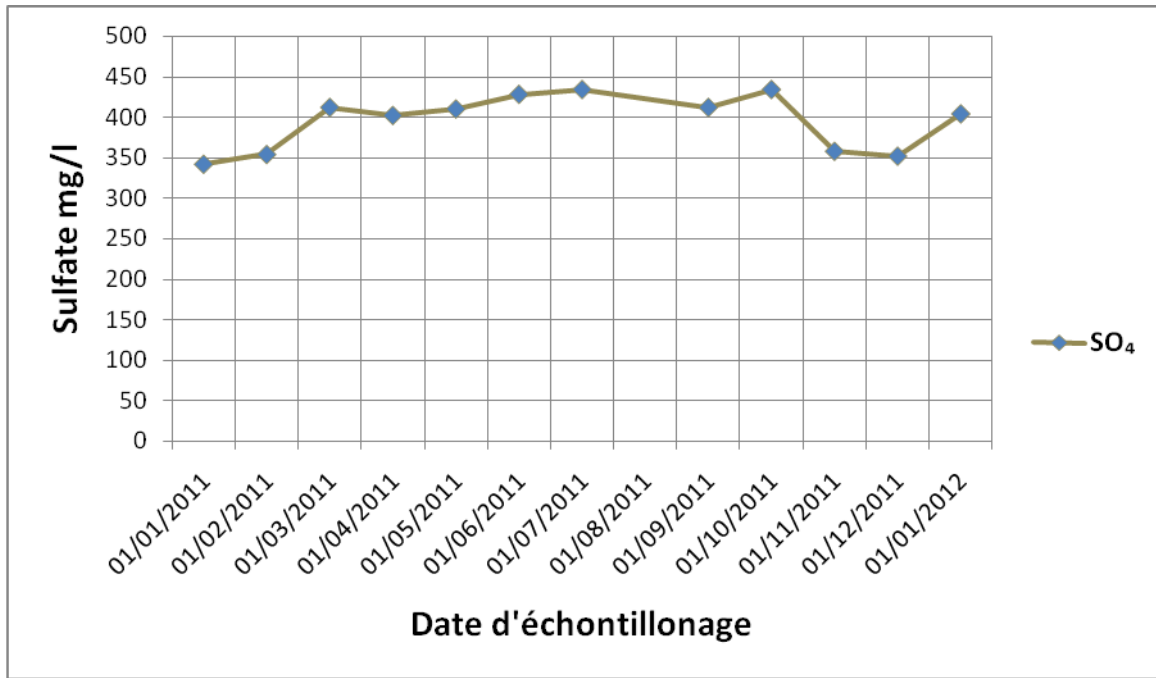


Fig n°28: Evolution de la teneur des Sulfate des eaux de surface dans le temps au niveau de la S1

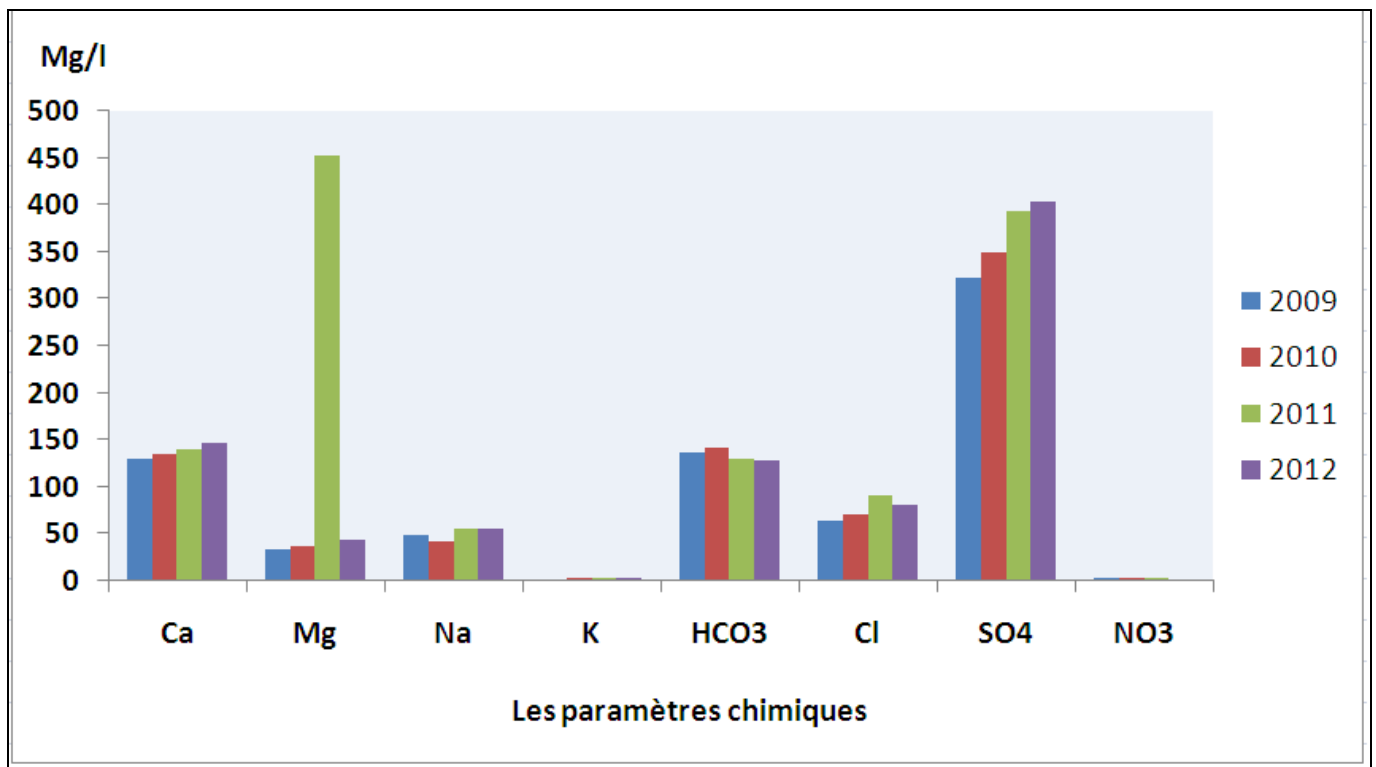


Fig n°29 : variation de l'évolution des éléments chimiques au niveau da la S1 pendant la période (2009-2012)

#### 4.7. Qualité des eaux pour l'irrigation

La rareté des précipitations et la forte évaporation, on contraint les agriculteurs à utiliser les eaux du barrage dans l'irrigation des terres agricoles. C'est Pour cette raison que la qualité de l'eau utilisée dans l'agriculture doit présenter les meilleurs paramètres physicochimiques.

Les eaux chargées en sels minéraux posent des problèmes pédologiques et agronomiques entraînant une influence sur la croissance des plantes. Parmi ces sels, on peut citer le cas des sulfates et du sodium, qui avec de fortes teneurs influent sur la structure physique du sol et sur le développement de la plante.

Pour mettre en évidence de phénomène nous allons utiliser une méthode qui est:

\* la Classification de RICHARD (SAR).[Sodium Adsorbed Ratio]

#### 4.7.1. Classification de Richard

La qualité de l'eau pour l'irrigation a été étudiée par l'USSL (1954) puis complétée par DURANT (1958). Cette étude s'est basée sur la concentration du sodium par rapport à celle du calcium et du magnésium selon la relation suivante qui définit le rapport du sodium absorbé.[5]

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

Avec :

Na : concentration de l'eau en ions sodium en méq/l

Ca : concentration de l'eau en ions calcium en méq/l

Mg : concentration de l'eau en ions magnésium en méq/l

Trois classes de risque alcalin ont été définies en relation avec le risque salin.

$\text{SAR} \leq 10$                       →                      Risque faible

$10 \leq \text{SAR} \leq 18$                       →                      Risque moyen

$\text{SAR} \geq 18$                       →                      Risque élève

L'examen du diagramme du SAR (SAR du lac = 03) permet de dire que le danger d'alcalinisation est faible mais le danger de salinité est élève.

Dans le détail en peut dire que

\* Pour la cuvette du barrage, l'eau convient à l'irrigation des cultures tolérant le sel mais sur des sols bien drainés. L'évolution de la salinité doit cependant être contrôlée.

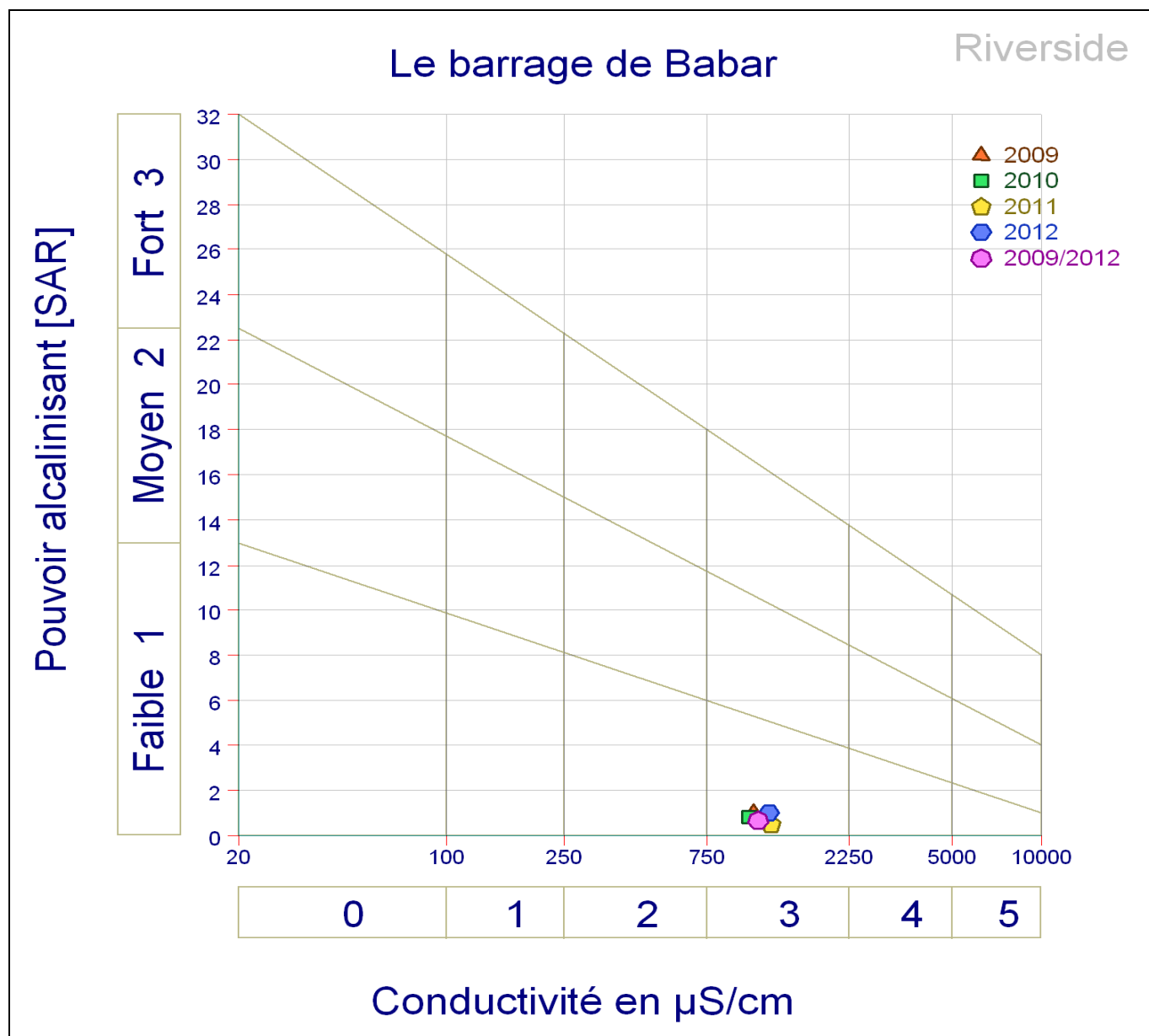


Fig n°30 : Diagramme de classification des eaux pour l'irrigation de Oued El Arab Selon la méthode du SAR

**Conclusion**

L'étude hydrogéochimique des eaux superficielles de la cuvette du barrage Babar permet de dire que :

\* Les terrains géologiques ont une influence sur les concentrations des éléments chimiques.

\* Les diagrammes de PIPER, et SCHOELLER-BERKALOFF ont montré que les sulfates dominant et s'accompagnent soit de calcium soit de magnésium au niveau de la cuvette du barrage de Babar. Selon les analyses chimiques on a remarqué que les fortes concentrations de sulfate sont liées aux marne-gypseuses.

\* Les eaux de la région étudiée ont des teneurs inférieures aux normes maximales admissibles (selon L'OMS) pour  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$ . par contre la teneur des sulfates dépasse les normes.

## CONCLUSION GENERALE

L'étude hydrologique et hydrogéochimique du bassin versant de Oued El Arab et le barrage de Babar, nous a permis d'avoir un aperçu sur l'état quantitatif et qualitatif sur la réserve en eau de la région. Ainsi, cette étude a permis de dire que d'après:

- ❖ L'étude géomorphologique de la région, le bassin versant de Oued El Arab a une superficie de 567 km<sup>2</sup> et une forme carré. Le temps de concentration est estimé à 12,6 heures avec une vitesse de concentration de 4,04m/s. La densité de drainage (Dd=4.8km/ km<sup>2</sup>) caractérise un réseau hydrographique bien développé.
- ❖ L'étude géologique, les formations prédominantes sont d'âge Quaternaire avec une épaisseur assez limitée. Ceci nous permet de dire que la zone d'étude a une perméabilité moyenne mais l'action de l'érosion reste importante sur la majorité de la surface du bassin surtout sur les zones à fortes pentes et dépourvues de végétation.
- ❖ Les données climatiques de la région étudiée montrent que cette dernière a un climat semi-aride.

Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 491.82 mm pour une température moyenne annuelle de 15,49°C. L'évolution annuelle de ces deux paramètres permet de distinguer une période chaude et sèche et une période froide et humide. L'évapotranspiration réelle moyenne est de l'ordre de 401.03 mm soit 81.53 % des précipitations moyennes annuelles. Le déficit agricole est de l'ordre de 453.13 mm pour la station de Babar.

- ❖ L'interprétation des différents diagrammes a montré que dans la région étudiée les sulfates dominent et s'accompagnent soit de calcium soit de magnésium au niveau des quatre stations de prélèvement. L'évolution des éléments chimiques en fonction de temps fait ressortir que de fortes concentrations de sulfate et de calcium sont liées aux formations évaporitiques et salifères comme le gypse. Les eaux de Oued Tamagra et la cuvette du barrage ont des teneurs inférieures aux normes maximales admissibles pour SO<sub>4</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Ca<sup>++</sup> et Mg<sup>++</sup>. Par contre les eaux de Oued El Htiba ont des teneurs supérieures aux normes maximales admissibles pour SO<sub>4</sub><sup>-</sup> et Ca<sup>++</sup>.

**\*\*\* Liste Bibliographique \*\*\***

---

- [1]- Bureau National des Etudes et du Développement rural-CENEAP ., “Etude final sur la commune de Babar”, 40 p.
- [2]- Direction de l’hydrologie de la wilaya de Khenchela., “Etude sur le bassin versant d’Oued El Arab”.
- [3]- Direction du conservation des forets khenchela ., “Etude d’aménagement du bassin versant du barrage Babar”,(1999), 20 p.
- [4]- GAAGAI A ., “Etude hydrologique et hydrochimique du bassin versant de barrage de Babar Oued El Arab région Est de l’Algerie , Mémoire de magister ; département d’hydrologie, université Batna , (2009) ,113 p.
- [5]- GOUAIDIA L ., “Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimiques des eaux d’une nappe en zona semi aride , cas de la nappe de Meskiana Nord-Est Algerien”, Mémoire de doctorat ; département de géologie, université Annaba , (2008), 130 p.
- [6]- KHECHANA S et Al ., “Caractéristiques hydrochimiques des eaux de la nappe phréatique du vallée d’Oued Souf” , (2011), 215 p.
- [7]- KOUSANA L ., “Intrusion marine et salinité des eaux d’une nappe phréatique” , (2007), 70 p.
- [8]- MEKAOUSSI.H., “Etude hydrochimique du bassin versant du barrage du « Fontaine des Gazelle »”, Mémoire de magister ; département d’hydraulique, université Batna, (2003), 120 p.
- [9]- MERABET. S ., “Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes et distribuées du barrage réservoir de Bni HAROUN”, Mémoire de magister ; departement de chimie, université de Constantine, 92 p.
- [10]- MUSY et Al., “Cours d’hydrologie appliquée. Edition HGA, Bucarest”, (1998).
- [11]- ROCHE M ., “Hydrologie de surface”, Gautier – Villars, Paris, (1963), 430 p.
- [12]- RODIER.J., “Analyse de l’eau, eaux naturelles, eaux résiduelles, Eau de mer: Physico-chimie, bactériologie, Biologie, 7<sup>é</sup>ed Dunod, Paris, (1984), 1365 p.

\*\*\*ANNEXE\*\*\*

---

**Annexe 1**

Tableau 1 : Précipitation moyenne annuelles ( 2000-2010)

Année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
P(mm)	11.45	26.47	31.66	44	43.54	32.66	45.75	32.62	64.35	34.95	42.79

Tableau 2 : Précipitation moyenne mensuelles

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aou
P(mm)	57.73	40.32	39.91	40.37	49.14	25.13	35.1	48.45	58.78	43.37	15.62	37.90

\*\*\*ANNEXE\*\*\*

---

**Annexe 2**

**Tableaux 3,4,5 : étude statistique des paramètres physico-chimiques pour les années 2009,2010,2011,2009/2012**

Année 2009										
Les paramètres	Ca	Cl	HCO3	K	Mg	Na	NO3	SO4	Cond	T
Moyenne	129,71	63,64	136,42	2,09	33,09	49,61	3,62	321,82	1079,09	17,00
MIN	114,40	55,00	122,00	1,00	22,00	31,20	1,00	236,00	1030,00	9,00
MAX	145,40	75,00	146,40	3,00	42,00	68,50	7,00	390,00	1170,00	25,00
ECART-TYPE	9,92	5,95	6,26	0,94	6,74	12,47	2,06	41,50	45,05	5,92

Année 2010										
Les paramètres	Ca	Cl	HCO3	K	Mg	Na	NO3	SO4	Cond	T
Moyenne	135,83	70,42	141,66	2,75	36,75	42,50	3,52	349,50	1040,93	16,83
MIN	120,40	60,00	120,00	2,00	4,00	30,00	1,00	258,00	1,10	10,00
MAX	161,10	105,00	158,60	3,00	48,00	58,00	11,00	386,00	1190,00	30,00
ECART-TYPE	10,87	13,39	11,11	0,45	12,56	8,58	2,54	34,17	329,02	6,34

Année 2011										
Les paramètres	Ca	Cl	HCO3	K	Mg	Na	NO3	SO4	Cond	T
Moyenne	140,69	90,45	130,32	2,64	453,55	56,45	2,73	394,36	1234,55	15,90
MIN	130,70	80,00	103,70	2,00	40,00	33,00	0,00	342,00	1120,00	9,00
MAX	153,40	110,00	176,90	3,00	4551,00	68,00	6,00	434,00	1390,00	26,00
ECART-TYPE	7,82	11,28	20,10	0,50	1358,97	12,59	1,95	35,62	81,29	6,49

Années 2009/2012										
Les paramètres	Ca	Cl	HCO3	K	Mg	Na	NO3	SO4	Cond	T
Moyenne	135,76	74,86	136,06	2,51	166,80	49,48	3,23	356,46	1118,60	16,34
MIN	114,40	55,00	103,70	1,00	4,00	30,00	0,00	236,00	1,10	7,50
MAX	161,10	110,00	176,90	3,00	4551,00	68,50	11,00	434,00	1390,00	30,00
ECART-TYPE	10,43	15,27	13,92	0,70	762,92	12,25	2,18	46,84	211,64	6,18

### Annexe 3

**Tableau 6 : analyses des paramètres physico-chimiques de la cuvette du barrage de Babar (2011/2012)**

dat prel	Cod Param	Valeur			
11/01/2011	ALC	125	06/02/2011	Fe	0,237
11/01/2011	Ca	149,8	06/02/2011	HCO3	176,9
11/01/2011	Cd	7	06/02/2011	K	3
11/01/2011	Cl	80	06/02/2011	MES105	20
11/01/2011	Cond	1180	06/02/2011	Mg	45
11/01/2011	Cu	0,016	06/02/2011	Mn	0,043
11/01/2011	DBO5	2	06/02/2011	MOAcide	4,2
11/01/2011	DCO	18	06/02/2011	Na	36
11/01/2011	Fe	0,596	06/02/2011	NH4	0,07
11/01/2011	HCO3	152,5	06/02/2011	NO2	0,05
11/01/2011	K	3	06/02/2011	NO3	0
11/01/2011	MES105	16	06/02/2011	O2dis	9
11/01/2011	Mg	4551	06/02/2011	Pb	0,045
11/01/2011	Mn	0,042	06/02/2011	Ph	7,9
11/01/2011	MOAcide	7,7	06/02/2011	PO4	0,1
11/01/2011	Na	33	06/02/2011	Rs105	808
11/01/2011	NH4	0,03	06/02/2011	saturat %	84,9
11/01/2011	NO2	0,03	06/02/2011	SO4	354
11/01/2011	NO3	5	06/02/2011	T	13
11/01/2011	O2dis	8,8	06/02/2011	Turb	1,4
11/01/2011	Pb	0,042	06/02/2011	Volume/déb	32,554
11/01/2011	Ph	7,9	06/02/2011	Zn	0,014
11/01/2011	PO4	0,3	08/03/2011	ALC	110
11/01/2011	Rs105	754	08/03/2011	Ca	153,4
11/01/2011	saturat %	75,86	08/03/2011	Cd	0
11/01/2011	SO4	342	08/03/2011	Cl	85
11/01/2011	T	9	08/03/2011	Cond	1220
11/01/2011	Turb	1,2	08/03/2011	Cu	0
11/01/2011	Volume/déb	32,659	08/03/2011	DBO5	2
06/02/2011	ALC	145	08/03/2011	DCO	44
06/02/2011	Ca	144,4	08/03/2011	Fe	0,365
06/02/2011	Cd	45	08/03/2011	HCO3	134,2
06/02/2011	Cl	85	08/03/2011	K	2
06/02/2011	Cond	1260	08/03/2011	MES105	24
06/02/2011	Cu	0,05	08/03/2011	Mg	40
06/02/2011	DBO5	1	08/03/2011	Mn	0,135
06/02/2011	DCO	26	08/03/2011	MOAcide	6,2
			08/03/2011	Na	54

\*\*\*ANNEXE\*\*\*

08/03/2011	NH4	0,03
08/03/2011	NO2	0
08/03/2011	NO3	4
08/03/2011	O2dis	9
08/03/2011	Pb	0
08/03/2011	Ph	7,8
08/03/2011	PO4	0,2
08/03/2011	Rs105	840
08/03/2011	saturat %	79,6
08/03/2011	SO4	412
08/03/2011	T	10
08/03/2011	Turb	2,1
08/03/2011	Volume/déb	33,434
08/03/2011	Zn	0
21/04/2011	ALC	115
21/04/2011	Ca	136,3
21/04/2011	Cl	80
21/04/2011	Cond	1120
21/04/2011	DBO5	1
21/04/2011	DCO	35
21/04/2011	HCO3	140,3
21/04/2011	K	3
21/04/2011	MES105	10
21/04/2011	Mg	41
21/04/2011	MOAcide	6,2
21/04/2011	Na	46
21/04/2011	NH4	0
21/04/2011	NO2	0,04
21/04/2011	NO3	3
21/04/2011	O2dis	8,9
21/04/2011	Pb	0,021
21/04/2011	Ph	7,9
21/04/2011	PO4	0,1
21/04/2011	Rs105	794
21/04/2011	saturat %	85,57
21/04/2011	SO4	402
21/04/2011	T	14
21/04/2011	Turb	2
21/04/2011	Volume/déb	36,378
18/05/2011	ALC	100
18/05/2011	Ca	141,1
18/05/2011	Cl	80
18/05/2011	Cond	1290
18/05/2011	DBO5	5

18/05/2011	DCO	35
18/05/2011	HCO3	122
18/05/2011	K	3
18/05/2011	MES105	18
18/05/2011	Mg	43
18/05/2011	MOAcide	6,2
18/05/2011	Na	68
18/05/2011	NH4	0
18/05/2011	NO2	0,11
18/05/2011	NO3	2
18/05/2011	O2dis	8,9
18/05/2011	Ph	7,5
18/05/2011	PO4	0,1
18/05/2011	Rs105	1290
18/05/2011	SO4	410
18/05/2011	Turb	2,8
22/06/2011	ALC	85
22/06/2011	Ca	134,4
22/06/2011	Cl	80
22/06/2011	Cond	1200
22/06/2011	DBO5	8
22/06/2011	DCO	44
22/06/2011	HCO3	103,7
22/06/2011	K	3
22/06/2011	MES105	20
22/06/2011	Mg	48
22/06/2011	MOAcide	5,9
22/06/2011	Na	67
22/06/2011	NH4	0,2
22/06/2011	NO2	0
22/06/2011	NO3	4
22/06/2011	O2dis	10
22/06/2011	Ph	7,9
22/06/2011	PO4	0
22/06/2011	Rs105	758
22/06/2011	saturat %	121,92
22/06/2011	SO4	428
22/06/2011	T	26
22/06/2011	Turb	1,3
21/07/2011	ALC	10
21/07/2011	Ca	150,2
21/07/2011	Cl	100
21/07/2011	Cond	1390
21/07/2011	DBO5	7

\*\*\*ANNEXE\*\*\*

21/07/2011	DCO	17,6
21/07/2011	HCO3	122
21/07/2011	K	2
21/07/2011	MES105	8
21/07/2011	Mg	46
21/07/2011	MOAcide	4,3
21/07/2011	Na	62
21/07/2011	NH4	0,05
21/07/2011	NO2	0,65
21/07/2011	NO3	2
21/07/2011	O2dis	7,6
21/07/2011	Ph	7,6
21/07/2011	PO4	10
21/07/2011	Rs105	954
21/07/2011	saturat %	89,41
21/07/2011	SO4	434
21/07/2011	T	24
21/07/2011	Turb	1,1
21/07/2011	Volume/déb	36,044
19/09/2011	ALC	95
19/09/2011	Ca	133,8
19/09/2011	Cl	105
19/09/2011	Cond	1160
19/09/2011	DBO5	6
19/09/2011	DCO	26
19/09/2011	HCO3	115,9
19/09/2011	K	2
19/09/2011	MES105	16
19/09/2011	Mg	46
19/09/2011	MOAcide	5,6
19/09/2011	Na	65
19/09/2011	NH4	0,02
19/09/2011	NO2	0,02
19/09/2011	NO3	1
19/09/2011	O2dis	8
19/09/2011	Ph	7,9
19/09/2011	PO4	0,1
19/09/2011	Rs105	880
19/09/2011	saturat %	94,11
19/09/2011	SO4	412
19/09/2011	T	24
19/09/2011	Turb	0,8
19/09/2011	Volume/déb	33,933
24/10/2011	ALC	100

24/10/2011	Ca	140,3
24/10/2011	Cl	90
24/10/2011	Cond	1350
24/10/2011	DBO5	5
24/10/2011	DCO	18
24/10/2011	HCO3	122
24/10/2011	K	3
24/10/2011	MES105	14
24/10/2011	Mg	44
24/10/2011	MOAcide	4,5
24/10/2011	Na	62
24/10/2011	NH4	0,05
24/10/2011	NO2	0,02
24/10/2011	NO3	6
24/10/2011	O2dis	7,7
24/10/2011	Ph	7,7
24/10/2011	PO4	0,1
24/10/2011	Rs105	878
24/10/2011	saturat %	79,38
24/10/2011	SO4	434
24/10/2011	T	17
24/10/2011	Turb	1,5
24/10/2011	Volume/déb	32,905
21/11/2011	ALC	100
21/11/2011	Ca	130,7
21/11/2011	Cl	110
21/11/2011	Cond	1200
21/11/2011	DBO5	3
21/11/2011	DCO	26
21/11/2011	HCO3	122
21/11/2011	K	3
21/11/2011	MES105	20
21/11/2011	Mg	43
21/11/2011	MOAcide	6,3
21/11/2011	Na	66
21/11/2011	NH4	0,2
21/11/2011	NO2	0,02
21/11/2011	NO3	0
21/11/2011	O2dis	8,4
21/11/2011	Ph	7,3
21/11/2011	PO4	0
21/11/2011	Rs105	782
21/11/2011	saturat %	77,77
21/11/2011	SO4	358

\*\*\*ANNEXE\*\*\*

21/11/2011	T	12
21/11/2011	Turb	0,9
21/11/2011	Volume/déb	35,896
19/12/2011	ALC	100
19/12/2011	Ca	133,2
19/12/2011	Cd	0
19/12/2011	Cl	100
19/12/2011	Cond	1210
19/12/2011	Cu	0,002
19/12/2011	DCO	26
19/12/2011	Fe	0,248
19/12/2011	HCO3	122
19/12/2011	K	2
19/12/2011	MES105	18
19/12/2011	Mg	42
19/12/2011	Mn	0,129
19/12/2011	MOAcide	4,5
19/12/2011	Na	62
19/12/2011	NH4	0,15
19/12/2011	NO2	0,13
19/12/2011	NO3	3
19/12/2011	O2dis	7
19/12/2011	Ph	7,9
19/12/2011	PO4	0
19/12/2011	Rs105	866
19/12/2011	saturat %	61,9
19/12/2011	SO4	352
19/12/2011	T	10
19/12/2011	Turb	0,9

19/12/2011	Zn	0,031
18/01/2012	ALC	105
18/01/2012	Ca	147,3
18/01/2012	Cd	0
18/01/2012	Cl	80
18/01/2012	Cond	1210
18/01/2012	Cu	0
18/01/2012	DCO	26
18/01/2012	Fe	0
18/01/2012	HCO3	128,1
18/01/2012	K	3
18/01/2012	MES105	10
18/01/2012	Mg	44
18/01/2012	Mn	0
18/01/2012	MOAcide	5,7
18/01/2012	Na	55
18/01/2012	NH4	0
18/01/2012	NO2	0,02
18/01/2012	NO3	1
18/01/2012	Pb	0
18/01/2012	Ph	7,7
18/01/2012	PO4	0
18/01/2012	Rs105	8,2
18/01/2012	SO4	404
18/01/2012	T	7,5
18/01/2012	Turb	0,4
18/01/2012	Volume/déb	35,638
18/01/2012	Zn	0

Source : ANRH de Constantine

## ❖ Résumé

L'étude hydrologique et hydrogéochimique du bassin versant de Oued El Arab et le barrage de Babar, nous a permis d'avoir un aperçu sur l'état qualitatif de la réserve en eau de la région. L'étude hydrologique montre que La zone d'étude est caractérisée par un climat semi-aride, avec un écoulement très faible sur le bassin versant de Oued El Arab, ce qui traduit des conditions d'alimentation et d'écoulement très défavorable notamment une forte évaporation. L'étude hydrogéochimique des eaux du barrage montre que l'évolution des éléments chimiques en fonction de temps fait ressortir que de fortes concentrations de sulfate et de calcium sont liées la présence de formations évaporitiques ou salifères comme le gypse.

### Mots clés :

Bassin versant, Oued El Arab, barrage

## ❖ Abstract

The hydrological and hydrogeochemical study of the catchment area of Wadi El Arab and the dam Babar, enabled us to have an outline on the qualitative state of the water reserve of the region. The hydrological study shows that the zone of study is characterized by a semi arid climate, with a very weak flow on the catchment area of Wadi El Arab , which translates conditions of food and very unfavorable flow in particular a strong evaporation. The hydrogeochemical study of water of the stopping shows that the evolution of the chemical elements according to time emphasizes that strong calcium and sulphate concentrations are dependent the presence of evaporitic or saliferous formations like the gypsum.

### Key words

Watershed, Oued El Arab, dam.

## ❖ ملخص

الدراسة الهيدرولوجية و الهيدروجيوكيميائية لحوض وادي العرب بسد بابار، سمح لنا بإلقاء نظرة على الحالة النوعية للمخزون المائي لهذه الناحية. الدراسة الهيدرولوجية تؤكد لنا أن هذه الناحية تتميز بمناخ شبه جاف، مع ضعف معامل السيلا ن على حوض وادي العرب، وهذا ينقص من شروط التغذية والسيلا ن الغير ملائم. الدراسة الهيدروجيوكيميائية لمياه السد تبين تحرك العناصر الكيميائية مع الوقت تدلنا على أن التركيز العالي لسلفات و الكالسيوم مرتبط بوجود مكونات بخارية مثل الجبس.

### الكلمات المفتاحية:

حوض التصريف، وادي العرب، السد.