



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université Abbes Laghrou-Khenchela  
Faculté Des Sciences de la nature et de la vie  
Département : Ecologie & Environnement



## MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de :

## MASTER

**FILIERE : Ecologie et Environnement**

**OPTION : Ecologie et Environnement**

## Thème

**Qualité physicochimique et bactériologique des eaux de surface du bassin d'oued El Arab (Wilaya de Khenchela, Nord Est Algérien) et leurs aptitude à l'irrigation**

Présentée par :

- Medji Imen
- Medji Zineb

Encadré par :

M<sup>elle</sup> Halimi. S

Soutenu le : 13 Juin 2015

Jury de soutenance :

-Présidente : Adad. D

MAA. Univ. Khenchela

-Encadreur : Halimi. S

MAA. Univ. Khenchela

-Examinatrice : Dib. D

MAA. Univ. Khenchela

Promotion : Juin 2015

---

Laboratoire a été réalisé : EURL SID laboratoire et BET Khenchela et laboratoire de l'ADE de Khenchela.

## **Remerciement**

*C'est avec enthousiasme que nous effectuons ce mémoire pour remercier tout ce qui nous aidé à le réaliser.*

*Tout d'abord et avant tout nous remercions le dieu pour ce qui nous a donné comme savoir et santé*

***A notre maitre et rapporteur de mémoire Mlle le professeur Halimi Samia :***

*Vous avez bien voulu nous confier ce travail riche d'intérêt et nous guider à chaque étape de sa réalisation, vous nous avez toujours réservé le meilleur accueil malgré vos obligations professionnelles.*

***A notre maitre et juge de mémoire Adad.D et Dib. D :***

*Vous nous faites l'honneur d'accepter avec une très grande amabilité de siège parmi notre jury de mémoire. Veuillez accepter ce travail maitre, en gage de notre grand respect profonde reconnaissance.*

***Nos remerciements s'adressent ensuite à la direction qui a participé à la réalisation de ce mémoire et plus précisément :***

*La direction des eaux de la wilaya de Khenchela*

***Nous remerciment également :***

*Le directeur de laboratoire des analyses de l'agence algérienne des eaux de la wilaya de Khenchela*

*Le directeur de l'agence nationale des barrages de la wilaya de Khenchela*

***Enfin nous tenons à remercier :***

*L'administration de l'université d'Abbes Laghrour*

*Toutes personnes qui d'une manière ou d'une autre ont permis la réalisation de cette recherche.*

# DEDICACE

*A cœur vaillant rien d'impossible  
A conscience tranquille tout est accessible*

*Quand il y a la soif d'apprendre  
Tout vient à point à qui sait attendre*

## **A mon très cher Père**

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu Pour vous.*

*Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.  
Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as Consentis pour mon éducation et ma formation.*

## **A ma très chère mère**

*Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les Sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance  
Et même à l'âge adulte.*

## **A mon grand père et ma grande mère**

*A celui qui sillonne la partie pour mon bonheur, qui n'a jamais hésité de se sacrifier*

*Pour que je ferai toujours le pas en avant, mon formidable père.*

*Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, Longue vie et bonheur ma grande mère.*

## **À ma sœur Alima**

*Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager.*

## **A mes frères**

*Ali, Mohamed El Amin*

## **A mes sœurs**

*Asma, Ahlam, Chorouk*

## **A ma sœur Wassila, son mari Farid et leur doux fils Achref Chihab El Dine**

## **A toute la famille**

## **A mes chères ami(e)s**

*Zineb, Khouloud, Ibtissem M, Nora, Asma, Houda, Sara, Nadjeh, Cherifa, Khawla, Chaima, Ibtissem B, Romaiassa, Laila, Samah, Houssine, Ismail, Moussa, Ayoub.*

*Imen medji*



## *Dédicace*

*A nos parents biens- aimés que dieu les garde et leur donne longue vie.*

*A mon frère yazid , encore plus de réussite et de prospérité si dieu le veut.*

*A tous mes frères et sœurs chacun et son nom.*

*Un bonjour exceptionnel aux petits : Soundous, Mohammed, Islam, Kawthar, Imen, Ghofrane, Ayoub, Allaa et Mina.*

*A mes cousines : Samira, nadjet et ma tante Houria.*

*Un grand salut aux amies très chères : Zohra, Darine, Asma, Aida, Meriem, Zineb et Houda.*

*A mes amies et plus que ça mes sœurs qui sont toujours près de moi au bonheur ainsi que ma douleur mes chères : Imen Khouloud, Khawla, Ibtissem, Chahar et cherifa que les souhaitez une vie pleine de joie et de bonheur.*

*Medji Zineb*

## **Résumé**

Occupant la partie centrale de la wilaya de Khenchela, le bassin d'oued El Arab s'étend sur une superficie de 567 km<sup>2</sup> environ qui fait partie du grand bassin versant de Chott Melghir. L'étude hydroclimatique montre que la zone d'étude est caractérisée par un climat semi-aride, ce qui traduit des conditions d'alimentation et d'écoulement très défavorable notamment une forte évaporation.

L'étude hydrochimique du bassin versant d'Oued El Arab nous a permis d'avoir un aperçu sur l'état qualitatif en eau de la région. L'évolution des éléments chimiques fait ressortir que des fortes concentrations de sulfate, calcium et du magnésium d'où le faciès chimique sulfaté calcique est lié aux formations évaporétiques ou salifères comme le gypse. Pour les autres éléments chimiques les concentrations restent inférieures aux normes admissibles.

Les eaux de surface de la zone d'étude d'après les diagrammes de Wilcox et Riverside sont excellentes à bonnes pour l'irrigation.

**Mots clés :** Bassin versant, Oued El Arab, eau de surface, faciès, pollution.

## **Abstract**

Occupying the central part of the province of Khenchela, El Arab river basin covers an area of 567 km<sup>2</sup> which is part of the great watershed Chott Melghir. The study shows that hydro climatic for the study area is characterized by a semi-arid climate, reflecting supply conditions and very unfavorable flow particularly high evaporation.

The hydrochemical study of the watershed of Oued El Arab has allowed us to have an overview of the quality status of water in the region. The evolution of the chemical elements shows that high concentrations of sulphate, calcium and magnesium or chemical faciès sulfated calcium is related to sulfated évaporétiques or salt formations such as gypsum. For other chemical elements concentrations are lower to eligible standards.

Surface waters in the study area from the Riverside Wilcox and charts are good to excellent for irrigation.

**Keywords:** Watershed, Oued El Arab, surface water, faciès, pollution.

## ملخص

يحتل حوض واد العرب جزء مركزي من ولاية خنشلة، حيث يمتد علي مساحة تقدر بـ 567 كم<sup>2</sup> تقريبا ، والذي بدوره هو جزء من الحوض المائي شط ملغيغ . الدراسة الهيدرومناخية تبين بان المنطقة المدروسة تتميز بمناخ شبه جاف و الذي يفسر

الدراسة الهيدروكيميائية للحوض المائي لواد لعرب و الذي يسمح برؤية الحالة النوعية للماء في المنطقة ، إن تطور العناصر الكيميائية يؤدي الي ظهور عالي من السلفات ، الكالسيوم ، المغنزيوم و بالنسبة لباقي العناصر الكيميائية التركيز يبقي اقل من القيم المقبولة .

من خلال الرسم البياني لويلكوكس و ريفارسيد اتضح أن أغلبية المياه السطحية للمنطقة المدروسة من حسنة إلى ممتازة في ما يخص السقي.

**الكلمات المفتاحية :** الحوض المائي، واد العرب، المياه السطحية، السحنة، التلوث.

# SOMMAIRE

<b>Introduction général</b> .....	1
<b>Chapitre I : Généralités sur les eaux de surface et les ressources Hydriques en Algérie</b>	
Introduction.....	3
I.1. Le bassin versant en tant qu'une unité de gestion intégrée.....	4
I.2. Les différentes fonctions d'un bassin versant.....	5
I.2.1. Les fonctions hydrologiques.....	5
I.2.2. Les fonctions écologiques .....	6
I.2.3. Les fonctions socio-économiques .....	6
I.3. Mobilisation de la ressource en eau en Algérie.....	6
<b>Chapitre II. Portrait du bassin versant d'oued El Arab</b>	
II.1. La Situation Géographique.....	9
II.2. Caractéristique du barrage de Babar.....	10
II.3. Cadre géologique régional.....	10
II.4. Stratigraphie.....	11
II.4.1. Le Crétacé supérieur.....	11
II.4.1.1. Maestrichtien supérieur .....	11
II.4.1.2. Maestrichtien inférieur.....	11
II.4.1.3. Campanien.....	11
II.4.1.4. Santonien et Coniacien.....	11
II.4.2. Le Crétacé moyen.....	11
II.4.2.1. Turonien (moyenne et supérieur) .....	11
II.4.2.2. Turonien basal.....	11
II.4.2.3. Cénomaniens supérieur.....	12

II.4.2.4. Cénomanién moyen.....	12
II.4.2.5. Cénomanién inférieur.....	12
II.4.3. Le Crétacé inférieur.....	13
II.4.3.1. Le Barrémien.....	13
II.4.3.2. Albien.....	13
II.4.3.3. Aptien.....	13
II.4.4. Le Quaternaire.....	13
II.4.5. La tectonique.....	14
II.4.6. Les structure.....	14
II.5. La Paléogéographie.....	15
II.6. La lithologie.....	16
II.7. La perméabilité du bassin versant d'Oued El Arab.....	16
II.7.1. Classe des formations à perméabilité élevée.....	17
II.7.2. Classe des formations à perméabilité moyenne.....	17
II.7.3. Classe des formations à perméabilité faible à moyenne.....	17
II.8. Le milieu physique.....	17
II.8.1. Les montagnes.....	17
II.8.2. Les piedmonts.....	18
II.8.3. La plaine.....	18
II.9. La couverture végétale.....	18
II.10. Caractéristiques géomorphologiques du bassin versant d'Oued El Arab.....	18
II.11. Le réseau hydrographique.....	19

### **Chapitre III : Les caractéristiques hydroclimatiques du bassin d'oued el Arab**

Introduction.....	21
III.1. L'étude des facteurs climatiques.....	21
III.1.1. Les précipitations.....	21
III.1.2. Les températures.....	22
III.1.3. Relation : Précipitation - Température.....	24
III.1.4. Indice d'aridité.....	24
III.2. Calcul du bilan d'eau selon la méthode de Thornthwaite.....	25

### **Chapitre IV : Hydrochimie**

IV.1. La pollution de l'eau.....	28
IV.2. Indicateurs de qualité de l'eau.....	28
IV.2.1. Principaux paramètres physico- chimiques et chimiques mesurables.....	28
IV.2.1.1. La température (T).....	28
IV.2.1.2. La conductivité électrique (CE).....	28
IV.2.1.3. Les Matières en suspension (MES).....	29
IV.2.1.4. Les Hydrocarbures.....	29
IV.2.1.5. Eléments en solution.....	30
IV.2.1.6. Dureté de l'eau.....	30
IV.2.1.7. Oxygène dissous (OD).....	30
IV.2.2. Normes de la qualité des eaux.....	30
IV.3. Hydrochimie et qualité des eaux de surface du bassin d'oued El Arab.....	31
IV.3.1. L'évolution des éléments chimiques dans les eaux d'Oued El Arab.....	32
IV.3.1.1. Température.....	33
IV.3.1.2. Potentiel d'Hydrogène (pH).....	33

IV.3.1.3. Conductivité ( $\chi$ ).....	34
IV.3.1.4. La dureté ( $\text{Ca}^{+2}$ et $\text{Mg}^{+2}$ ).....	34
IV.3.1.5. Les chlorures et les sulfates ( $\text{Cl}^-$ et $\text{SO}_4^{-2}$ ).....	35
IV.3.1.6. Le sodium $\text{Na}^+$ .....	36
IV.3.1.7. Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ).....	37
IV.3.1.8. Les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ).....	38
IV.1.9. Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ).....	38
IV.4. Identification des faciès chimiques des eaux de surface.....	39
IV.4.1. Diagramme de PIPER.....	39
IV.5. Qualité bactériologique des eaux d'oued El Arab.....	43
IV.5.1. Notions générales sur la qualité bactériologique de l'eau de surface.....	43
IV.5.2. Résultats et discussion.....	43

## **Chapitre V : Aptitude des eaux du barrage de Babar à l'irrigation**

Introduction.....	44
V.1. Calcul des paramètres des eaux à usage agricole.....	44
<b>Conclusion Générale.....</b>	<b>50</b>
<b>Référence bibliographique</b>	

# LISTE DES FIGURES

## Chapitre I

- Fig.01:** Cycle de l'eau .....3
- Fig.02:** Schéma d'un bassin versant et ses différentes fonctions.....5

## Chapitre II

- Fig.03:** Situation géographique du barrage de Babar (wilaya Khenchela).....9
- Fig.04:** La géologie du bassin versant d'Oued EL Arab (R. Laffitte1939).....12
- Fig.05:** la Carte du réseau hydrographique et de mobilisation des ressources en eau de la wilaya de Khenchela (direction l'hydraulique).....20

## Chapitre III

- Fig.06:** Variation des précipitations mensuelles de la station de Khenchela (1999/2014).....22
- Fig.07:** Variation des précipitations annuelles de la station de Khenchela (1999/2014).....22
- Fig.08:** Variation des températures annuelles moyennes de la station de Khenchela (1999/2014).....23
- Fig.09:** Variation des températures moyenne mensuelles de la station de Khenchela (1999/2014).....23
- Fig.10:** Courbe ombrothermique de la station de Khenchela (1999/2014).....24
- Fig.11:** Abaque de l'Indice d'aridité Annuel de Martone 1923.....25
- Fig.12:** Représentation graphique du bilan d'eau de CW. Thornthwaite de la station de Khenchela (2000/2014).....27

## Chapitre IV

- Fig.13:** Situation des stations de prélèvement d'eau pour des analyses chimiques.....33
- Fig.14:** Histogramme de variation des valeurs de la conductivité dans les eaux de surface du bassin d'Oued El Arab (avril 2015).....34
- Fig.15:** Histogramme de variation des valeurs de Magnésium dans les eaux de surface du bassin d'oued El Arab (mars2015) .....35

<b>Fig.16:</b> Histogramme de variation des valeurs de Calcium dans les eaux de surface du bassin d'Oued El Arab (mars 2015).....	35
<b>Fig.17:</b> Histogramme de variation des valeurs du chlorure dans les eaux de surface Du bassin d'oued El Arab (mars 2015).....	36
<b>Fig.18:</b> Histogramme de variation des valeurs du sulfate dans les eaux de surface du bassin d'Oued El Arab (mars 2015).....	36
<b>Fig.19 :</b> Histogramme de variation des valeurs du sodium dans les eaux de surface du bassin d'Oued El Arab(mars 2015).....	37
<b>Fig.20:</b> Histogramme de variation des valeurs du nitrite dans les eaux de surface du bassin d'Oued El Arab (mars 2015).....	37
<b>Fig.21:</b> Histogramme de variation des valeurs du bicarbonate Dans les eaux de surface Du bassin d'oued El Arab (avril 2015).....	38
<b>Fig.22:</b> Histogramme de variation des valeurs du nitrate dans les eaux de surface du bassin d'Oued El Arab (mars 2015).....	38
<b>Fig.23:</b> Diagramme de Piper. Présentation générale.....	40
<b>Fig.24 :</b> Diagramme de Piper. (mars 2015).....	41
<b>Fig.25:</b> Diagramme de Schoeler Berkallof (Mars 2015).....	41
<b>Fig.26:</b> Diagrammes Riverside (Mars 2015).....	47
<b>Fig.27:</b> Diagrammes Wilcox (Mars 2005).....	48

# LISTE DES TABLEAUX

## Chapitre I

<b>Tab.01:</b> Inventaire des eaux terrestres d'après Lvovitch (1970).....	4
<b>Tab.02:</b> Ressources en eaux mobilisées en Algérie (ANRH, 2012).....	7
<b>Tab.03:</b> Barrages par bassins versant et pourcentage utilisé pour l'irrigation (A.B.H, 2002, A.N.B, 2004).....	8

## Chapitre II

<b>Tab.04:</b> principales caractéristiques du barrage Babar Source:(Fiche technique du barrage).....	10
<b>Tab.05:</b> Les formations lithologiques du bassin versant d'Oued El Arab (Gaagai. 2009).....	16
<b>Tab.06:</b> Répartitions de la perméabilité au niveau du bassin versant d'Oued El Arab (Gaagai. A. A 2009).....	17
<b>Tab.07:</b> récapitulatif des caractéristiques du bassin versant (Gaagai. A. A, 2009).....	19

## Chapitre III

<b>Tab.08:</b> Les caractéristiques de station pluviométrique retenue dans l'analyse.....	21
---	----

## Chapitre IV

<b>Tab.09:</b> qualité physico-chimique de l'eau de boisson (Directive de l'OMS 2002).....	31
<b>Tab.10 :</b> répartition des prélèvements hydrochimiques.....	32
<b>Tab.11:</b> Bulletin d'analyse microbiologique, eau oued El Htiba (amont).....	33
<b>Tab.12:</b> Bulletin d'analyse microbiologique, eau de la cuvette du barrage (lac).....	44
<b>Tab.13:</b> Bulletin d'analyse microbiologique, eau d'aval.....	44

## Chapitre V

<b>Tab.14:</b> Classification des eaux par degré d'aptitude à l'irrigation (méthode de SAR).....	47
--	----

*Introduction*  
*Générale*

## Introduction générale

Partout dans le monde, les ressources en eau disponibles s'amenuisent en raison des activités humaines et de facteurs naturels. Même si la population a pris davantage conscience au cours des dix dernières années de la nécessité de mieux gérer et protéger l'eau, les critères économiques et les considérations politiques ont toujours tendance à déterminer la politique de l'eau à tous les niveaux. La recherche scientifique et les meilleures pratiques ne reçoivent que très rarement une attention suffisante.

Les pressions qui pèsent sur les ressources en eau sont de plus en plus fortes, principalement en raison des activités humaines - notamment l'urbanisation, la croissance démographique, l'augmentation du niveau de vie, la concurrence croissante pour les ressources en eau et la pollution. De plus, le changement climatique et les variations des conditions naturelles viennent aggraver ces pressions.

On peut cependant noter certains progrès. En effet, de plus en plus, les autorités évaluent à la fois la quantité et la qualité de l'eau et coordonnent les efforts de gestion au-delà des frontières.

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est de présenter nos observations et interprétations des mesures de terrain, pour essayer de répondre à plusieurs questions: quelle est l'état actuel de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux du barrage de Babar (wilaya de Khenchela, Nord Est Algérien) ?

Au cours de cette étude, cinq chapitres ont été abordés :

☒ Le premier chapitre présente des généralités sur les eaux de surface et les ressources

Hydriques (eau de surface) en Algérie,

☐ Le second chapitre nous donne une idée sur les paramètres morpho métriques, et géologique du bassin versant d'Oued El Arab,

☐ Le troisième chapitre est consacré à l'étude hydro climatologique du bassin Oued El Arab,

De voir l'évolution des caractéristiques climatiques (précipitation et température) dans l'espace et dans le temps,

☐ Le quatrième chapitre représente une étude physico-chimique et bactériologique des eaux de surface,

- Le cinquième chapitre comportera l'étude de l'aptitude des eaux de surface à l'irrigation,
- En fin une conclusion générale.

# *Chapitre I*

## *Généralités*

*Chapitre II*  
*Portrait du bassin*  
*versant d'oued El*  
*Arab*

## II. Portrait du bassin versant d'oued El Arab

### II.1. La Situation Géographique

La région étudiée est située à l'Est Algérien (wilaya de Khenchela) dans les confins Est de l'Atlas saharien et précisément au niveau de la chaîne montagneuse de Djebel Djehfa appartenant aux monts de Nememcha. (Fig.03). Le barrage a été construit sur oued El Arab et son bassin versant a une surface de 567km<sup>2</sup> environ qui fait partie du grand bassin versant de Chott Melghir.

Il est délimité par: les montagnes des Aurès dont les principaux sont Dj-Chentgomma et Dj-Aidel au Nord-Ouest. Dj-Tadliste et Dj-Bouzendag 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 Djehfa, qui est drainée par des Oueds secondaires (oued Tamagra et oued El Htiba) qui se rejoignent pour former oued .El-Arab juste avant le site du barrage.

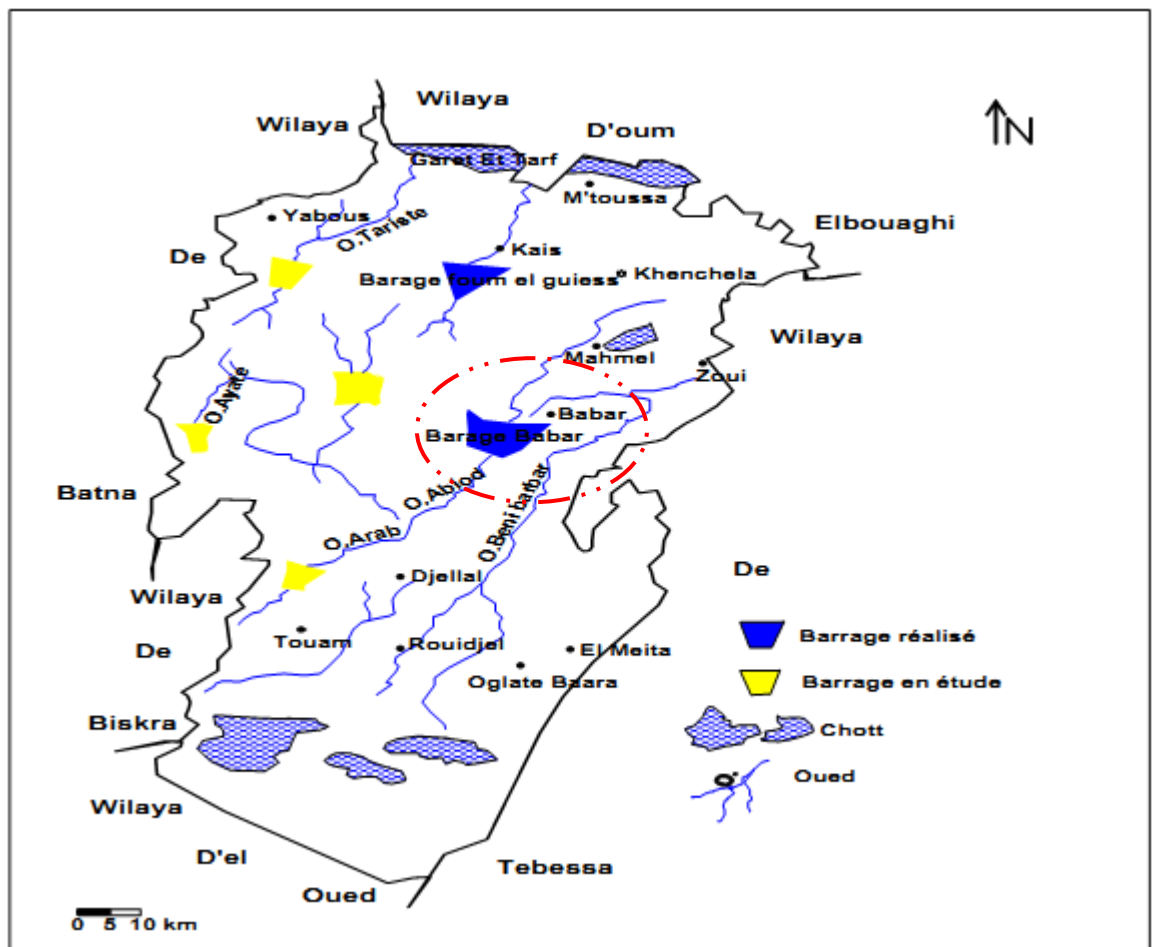


Fig.03: Situation géographique du barrage de Babar (wilaya de Khenchela)

## II.2. Caractéristique du barrage de Babar

### a) Les caractéristiques techniques de barrage :

**Tab.04: Principales caractéristiques du barrage Babar**

<b>La capacité de retenue</b>	41,33hm <sup>3</sup>
<b>Apport moyen annuel</b>	20 hm <sup>3</sup>
<b>Volume régularisable</b>	12,33 hm <sup>3</sup>
<b>Cote de la prise</b>	925 m
<b>Hauteur du barrage</b>	37 m
<b>Longueur en crête du barrage</b>	673 m
<b>Longueur du barrage au pied</b>	235 m
<b>Cote NNR</b>	940 m
<b>Superficie de la retenue</b>	378 Has
<b>Profondeur maximal de la retenue</b>	33 m
<b>Profondeur moyenne de la retenue</b>	10,9 m
<b>Longueur maximal du plan d'eau</b>	2 km
<b>Longueur moyenne du plan d'eau</b>	0,76 km
<b>Longueur de la retenue</b>	5 km
<b>Longueur de la ligne côtière</b>	22,3 km

Source:(Fiche technique du barrage)

## II.3. Cadre géologique régional

La géologie est une partie très importante dans toute étude hydrologique et hydro chimique. Ainsi, la lithologie, la tectonique et la structure géologique jouent un rôle primordial sur la qualité des eaux suite à la dissolution des minéraux se trouvent dans la roche et sur la quantité d'eau qui ruissèle ou s'infiltré selon le type du terrain. 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.

## II.4. Stratigraphie

Les formations représentent dans la zone d'étude (Fig.04) Sont :

### **II.4.1. Le Crétacé supérieur**

#### **II.4.1.1. Maestrichtien supérieur**

C'est une assise constante et homogène de calcaires massifs blanchâtres grumeleux, en bancs décimétriques ou métriques, à large stratification oblique avec les empreintes d'incérâmes ; il contient des modules de silex et des tests de lamellibranches. Les principaux affleurements constituent le Djebel Tadleste et Djebel Bouzendag et aussi le sommet de Djebel Djehfa. L'épaisseur de ces formations ne dépasse pas les 95 m.

#### **II.4.1.2. Maestrichtien inférieur**

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

#### **II.4.1.3. 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 1 50m de marnes noires à microfaune comparable qui est bien visible dans les différentes parties du bassin versant surtout sur les limites Sud.

#### **II.4.1.4. Santonien et Coniacien**

Ils s'agissent des marnes avec 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 100 m.

### **II.4.2. Le Crétacé moyen**

#### **II.4.2.1. 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 150 m.

#### **II.4.2.2. 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 200 m.

### II.4.2.3. Cénomaniens supérieur

Le sommet de cet étage est formé par des calcaires sous forme d'une barre avec des cassures écaillées 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.

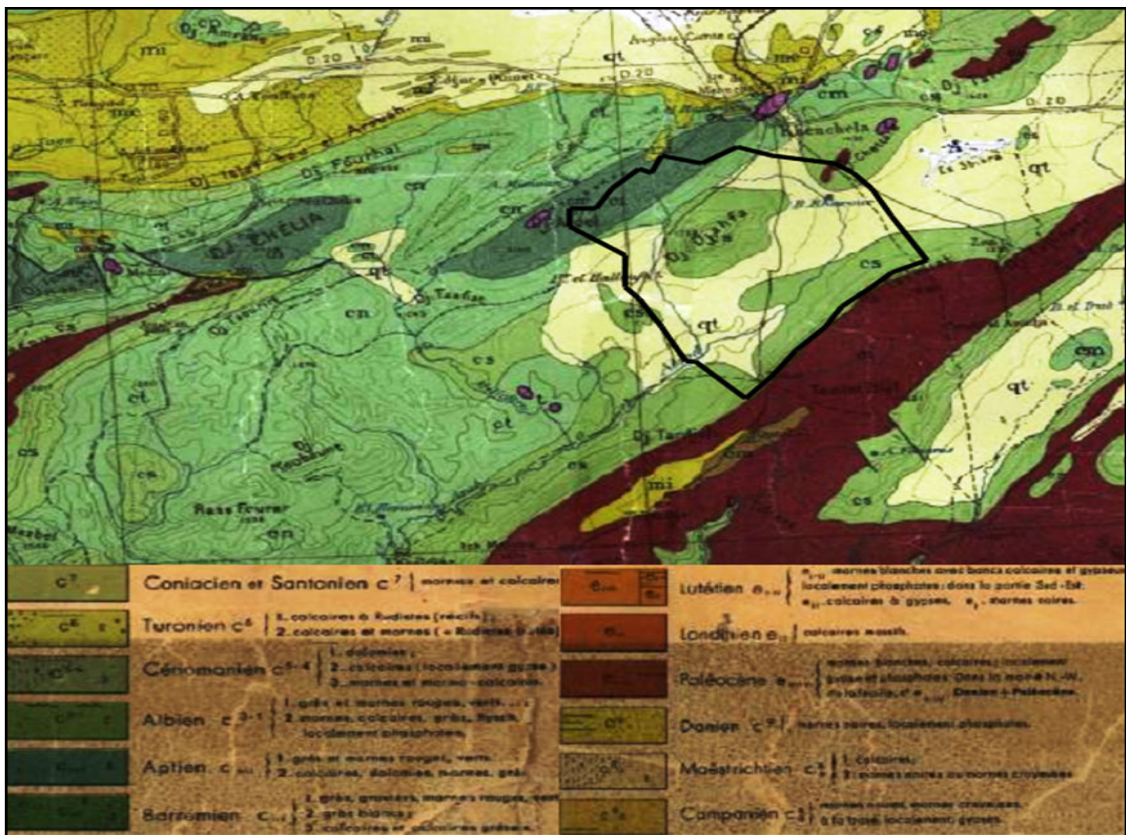


Fig.04: La carte géologique du bassin versant d'oued EL Arab (R. Laffitte 1939)

### II.4.2.4. 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.

### II.4.2.5. Cénomaniens inférieur

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

### **II.4.3. Le Crétacé inférieur**

#### **II.4.3.1. 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).

#### **II.4.3.2. Albien**

Il entoure régulièrement l'anticlinal de Khenchela en formant une ceinture plus au moins continue au-dessus de l'Aptien. Il s'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 Tadliste avec une épaisseur totale de 160 m.

#### **II.4.3.3. Aptien**

Il est formé essentiellement de bas à haut par:

- Une alternance d'omicrite, d'osparite et de calcaire marneux;
- Une alternance de grés blancs et d'osparites grises;
- Une alternance de marne grise et d'omicrite.

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 330 m.

### **II.4.4. Le Quaternaire**

Il couvre une très vaste surface de (60%) de la surface totale du bassin avec une épaisseur assez limitée. Ceci est dû 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 peut atteindre 8 à 10 m.

## **II.4.5. La tectonique**

De point de vue tectonique la région se rapporte à l'Atlas tunisien séparé de l'Atlas saharien par le massif des Aurès avec le plus haut sommet à 2328 m où la direction des grands plis change du NE au NNE.

A partir de la carte géologique de Khenchela, on peut remarquer une opposition entre deux secteurs:

- ✓ A l'Ouest de la région étudiée le style tectonique ressemble à celui des Aurès;
- ✓ A l'Est de la région, l'organisation plissée perd sa prédominance et les structures sont compliquées par la présence de diapirs triasiques.

## **II.4.6. Les structures**

### **A. Les grands plis de l'Ouest:**

Du Nord-Ouest au Sud-est se succèdent :

- l'anticlinal de Djebel Chelia dont la voûte est visible à l'Est, un peu au Sud-est du Djebel Tirkabine, précisons qu'il ne s'agit pas d'une terminaison périclinale. cet anticlinal paraît effondré et son extrémité Sud-est est affectée par des accidents cassants orientés selon une direction NW-SE qui peuvent être d'anciens coulissements alpins.
- le synclinal de Djebel Aurès qui s'enfonce sous le Miocène gréseux sans terminaison périclinale visible.

- l'anticlinal de Khenchela, puissamment fracturé par des failles directionnelles ou sensiblement E-W.

### **B. Les diapirs de l'Est et du Nord-est**

Ce sont des zones en forme d'anticlinal. Il s'agit:

- du diapir de Khenchela qui a une forme très allongée. Le Trias recoupe des terrains allant du Cénomaniens inférieur au Coniacien.
- du diapir de Djebel El-Kroume et Knif qui possèdent une forme plus complexe qui peut être induite par la présence des corps récifaux et des compartiments bousculés par la phase Alpine. Le Trias découpe des terrains allant de l'Albien au Maestrichtien supérieur.
- du diapir d'El-Mahmal qui est le plus développé malgré le recouvrement Quaternaire qui empêche d'évaluer son tracé et ses dimensions. Le Trias n'est en contact qu'avec le Crétacé supérieur. Entre ces diapirs, les terrains ont gardé une disposition Su tabulaire ou faiblement synclinale comme Djebel Djehfa.

## **II.5. La Paléogéographie**

Les premiers mouvements enregistrés dans la sédimentation, si l'on accepte une lacune de l'Aptien inférieur, sont liés au diapirisme Sénonien. Les nombreux éléments triasiques remaniés avec des débris de quelques formations, montrent que le Trias était déjà organisé en diapir affleurant à cette époque.

Les formations rouges de l'Aquitano-Burdigalien montrent qu'il faut attendre la phase atlastique pour avoir une première phase tectonique véritable qui a engagé les grands plis anticlinaux Auresiens.

Le microphone pélagique oligocène remanié dans le Miocène marin montre que cette période correspond à une sédimentation de mer ouverte.

Les formations rouges de l'anticlinal de Khenchela correspondent à la phase Eocène supérieure.

La présence du Miocène marin discordant sur les diapirs montre qu'à partir de cette époque, leur fonctionnement est achevé. Cette discordance générale sur toutes les structures est le seul héritage de la phase alpine.

## II.6. La lithologie

De point de vue lithologique on peut classer les formations en quatre catégories (Tab.05):

- ❖ 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 grès 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.

**Tab.05: Les formations lithologiques du bassin versant d'oued El Arab (Gaagai, 2009)**

<b>Formation</b>	<b>Perméabilité</b>	<b>Surface (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Surface (%)</b>
<b>Marnes</b>	Imperméable	75	13
<b>Grés</b>	Perméable	15	03
<b>Calcaires fissurés</b>	Perméable	56	10
<b>Marno-calcaires</b>	Perméable	40	07
<b>Alluvion</b>	Perméable	381	67

## II.7. La perméabilité du bassin versant d'Oued El Arab

La diversité lithologie et tectonique du bassin versant d'oued El Arab conditionnent le ruissellement et la capacité de rétention. Il en résulte donc une dynamique variable de lessivage des roches et une diversité de la nature des éléments chimiques contenus dans les eaux de ruissellement et dans les aquifères du bassin versant d'oued El Arab.

Ainsi, l'exploitation de l'ensemble des données géologiques de notre bassin versant a permis de distinguer trois classes de formations ayant des perméabilités différentes (Tab.06).

### II.7.1. Classe des formations à perméabilité élevée

Cette classe représente 13 % de la superficie totale du bassin versant, elle est constituée par des calcaires fissurés et des grés. Elles se situent au Sud-Est et au Nord-Ouest du bassin versant sous forme de bandes parallèles aux chaînes de montagne formant les limites du bassin versant.

### II.7.2. Classe des formations à perméabilité moyenne

Elle est formée essentiellement par des dépôts quaternaires qui occupent la majorité de la surface du bassin versant surtout au centre. Elle représente 67% de la surface totale du bassin versant.

### II.7.3. Classe des formations à perméabilité faible à moyenne

Elle est constituée par des formations Marno-calcaires et des marnes à moyennes, elle représente 20% de la surface totale du bassin, et se manifestent au Nord-Ouest et Sud-Est du bassin versant et au sommet de Dj-Djehfa.

**Tab.06: Répartitions de la perméabilité au niveau du bassin versant d'oued El Arab  
(Gaagai, 2009)**

<b>Classes de perméabilité</b>	<b>Lithologie</b>	<b>Surface (%)</b>
<b>Perméabilité Elevé</b>	Grés, calcaires fissurés	13
<b>Perméabilité Moyenne</b>	Alluvions	67
<b>Perméabilité Faible à Moyenne</b>	Marno-calcaires, marnes	20

## II.8. Le milieu physique

### II.8.1. Les montagnes

Ces reliefs on les retrouve 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-Tadliste (1507m). Au centre du bassin, on retrouve les massifs de Djebel Djehfa (1707m). L'ensemble ne constitue que 14% de la surface totale du bassin versant.

**II.8.2. 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-1 400m 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.

**II.8.3. 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 oued El Htiba à l'Est et Oued Tamagra à l'Ouest.

**II.9. La couverture végétale**

Le bassin versant d'oued El Arab est caractérisé par un couvert végétal moyen à faible. Il ne dépasse pas les 12% de la surface totale ce qui favorise l'action d'érosion. Le couvert végétal est bien conservé sur les monts qui portent des forêts de pins, de chênes verts et du cèdre. Les zones basses sont couvertes par des steppes à Halfa quand elles ne sont pas livrées à la culture des céréales (DSA, Khenchela 2009).

**II.10. Caractéristiques géomorphologiques du bassin versant d'Oued El Arab**

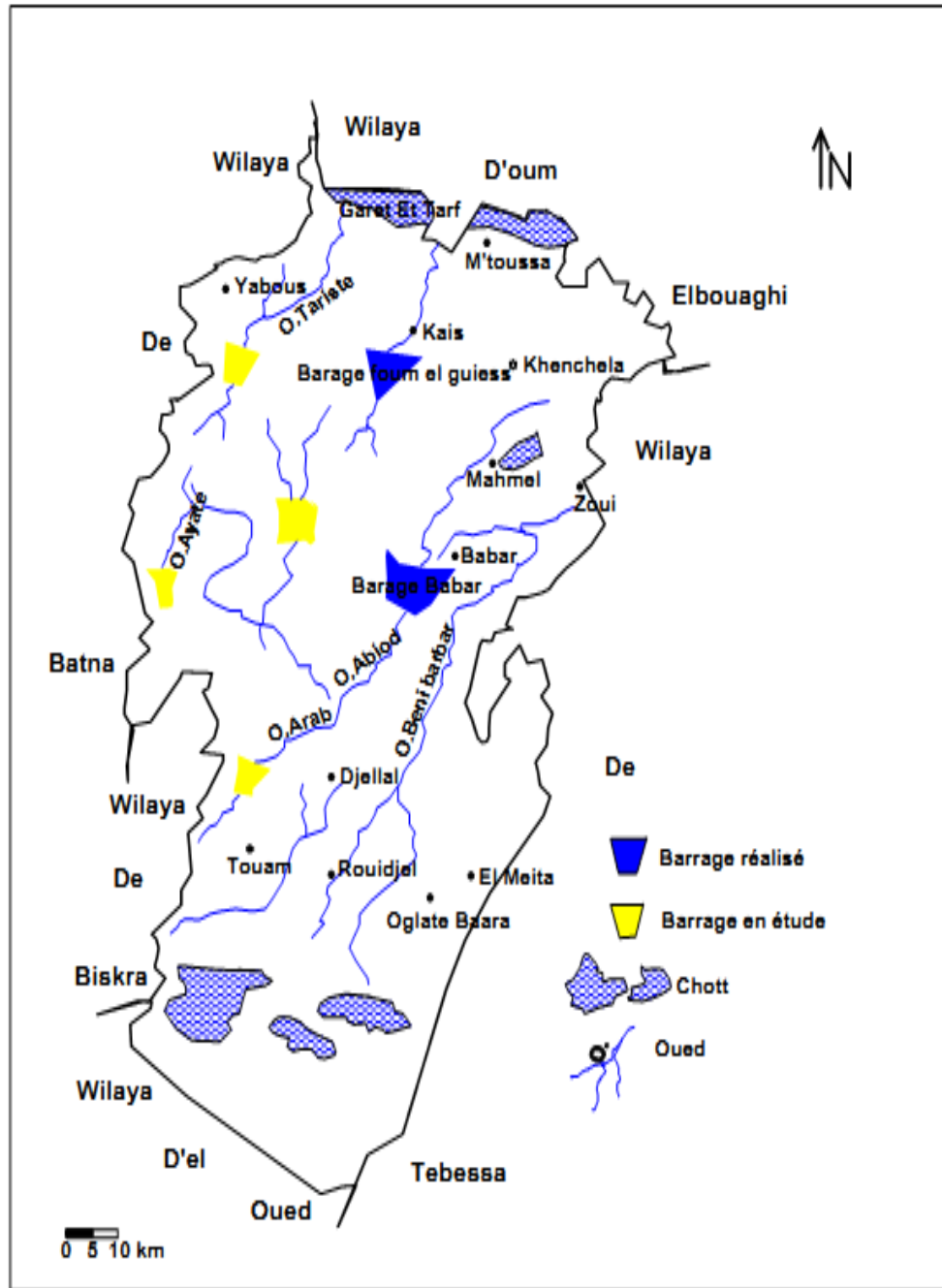
Les caractéristiques morphométriques du sous bassin versant de Oued El Arab ont été déterminés à partir de la carte topographique (1 /200000) de Khenchela, les résultats de planimétrie sont indiqués dans le tableau ci-après (Tab.07).

**Tab.07: Récapitulatif des caractéristiques du bassin versant (Gaagai, 2009)**

<b>Caractéristiques</b>	<b>Unités</b>	<b>Symboles</b>	<b>Valeurs</b>
<b>Surface</b>	Km <sup>2</sup>	S	567
<b>Périmètre</b>	Km	P	95,2
<b>Altitude maximale</b>	M	H <sub>max</sub>	2326
<b>Altitude minimale</b>	M	H <sub>min</sub>	900
<b>Altitude moyenne</b>	M	H <sub>moy</sub>	1190
<b>H<sub>5%</sub></b>	M	H <sub>5%</sub>	1695
<b>H<sub>95%</sub></b>	M	H <sub>95%</sub>	975
<b>Indice de compacité</b>	-	K <sub>c</sub>	1,12
<b>Longueur du rectangle équivalent</b>	Km	L <sub>e</sub>	23,8
<b>Indice de pente globale</b>	m/km	I <sub>g</sub>	30,2
<b>Indice de pente moyenne</b>	m/km	I <sub>moy</sub>	59,8
<b>Altitude médiane</b>	M	H <sub>50%</sub>	1130
<b>Dénivelée spécifique</b>	M	D <sub>s</sub>	720,1
<b>Longueur du talweg principal</b>	Km	L <sub>p</sub>	51
<b>Densité de drainage</b>	Km/km <sup>2</sup>	D <sub>d</sub>	4,8
<b>Coefficient de torrentialité</b>	-	C <sub>t</sub>	34,9
<b>Temps de concentration</b>	Heurs	T <sub>c</sub>	12,6

### II.11. Le réseau hydrographique

La région étudiée est caractérisée par un réseau hydrographique bien développé. Il est constitué de plusieurs cours d'eau comme Oued El Htiba et Oued Tamagra qui se rejoignent pour former Oued El Arab (Fig.05).



**Fig.05: La carte du réseau hydrographique et de la mobilisation des eaux de surface de la Wilaya de Khenchela (DHW)**

*Chapitre III*  
*Caractéristiques*  
*hydroclimatiques du*  
*bassin versant d'oued*  
*El Arab*

### III. Les caractéristiques hydroclimatiques du bassin d'oued El Arab

#### Introduction

Le climat joue un rôle capital dans le fonctionnement hydrologique d'un bassin versant. La connaissance des facteurs climatiques s'avère indispensable pour mieux comprendre les phénomènes d'écoulement superficiel et par là le rôle régulateur du bassin versant des divers éléments du bilan hydrique.

Seules, les précipitations échappent à l'emprise de l'évapotranspiration et participent à la recharge des nappes dites pluies efficaces. L'infiltration d'une lame d'eau dans la nappe assure le renouvellement de la ressource c'est ainsi que se poursuit le cycle de l'eau et ses différentes composantes (précipitation, humidité, infiltration...etc.).

Pour préciser les caractéristiques du climat, il est nécessaire d'étudier les différents facteurs qui le composent notamment ; les précipitations, les températures. L'analyse climatique de la zone d'étude sur une période d'observation de quinze ans allant de 1999/2014 nous donne une idée sur le type de climat et par conséquent la ressource en eau.

**Tab.08: Les caractéristiques de station pluviométrique retenue dans l'analyse**

Station	Coordonnées (m)			Période de mesure	Paramètres mesurés
	X	Y	Z		
El Hamma	890	250	983	1999/2014	P et T

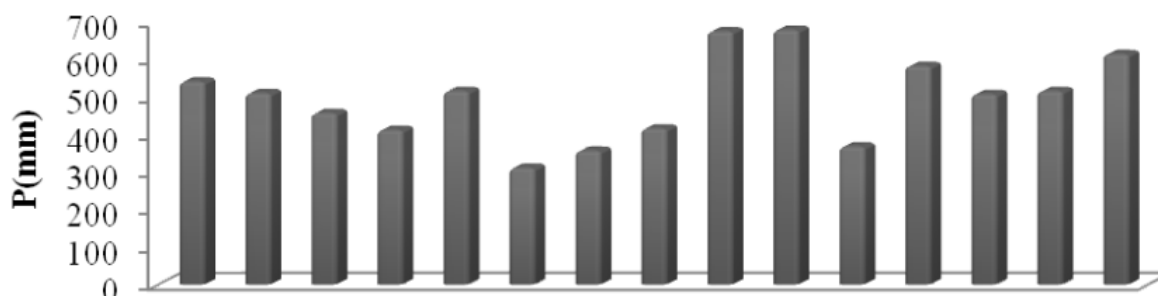
#### III.1. L'étude des facteurs climatiques

##### III.1.1. Les précipitations

###### a) Précipitations annuelles, mensuelles et leurs variabilités

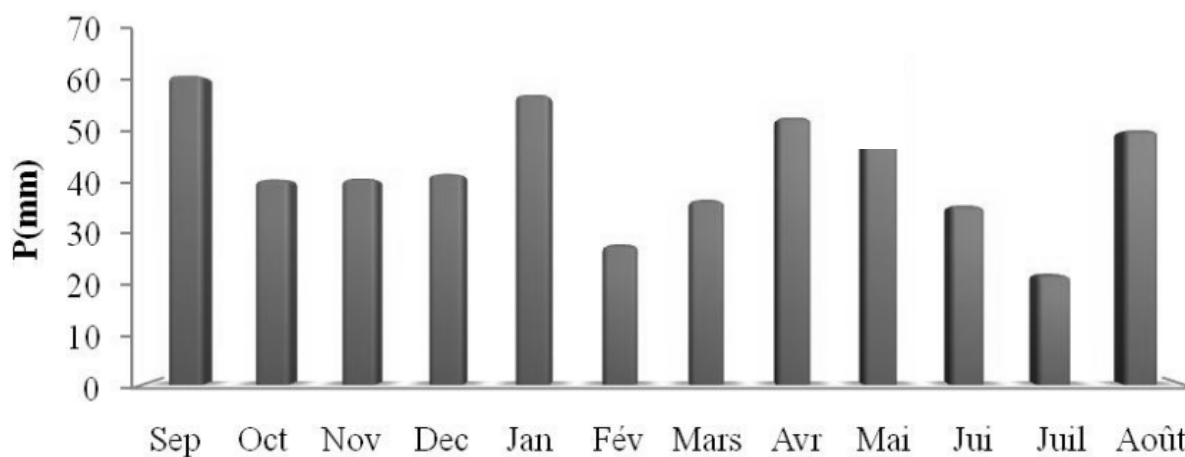
Le bassin d'oued El Arab se caractérise par un climat semi-aride, en effet la pluviométrie moyenne est de l'ordre de 430 mm / an, le calcul de la hauteur annuelle de pluie tombée durant chaque année de la période d'observation allant de 1999 à 2014 a permis de dresser les histogrammes de variation des précipitations annuelles et mensuelles de la station de mesure (Fig.06 et Fig.07).

On remarque d'après les histogrammes de variation des précipitations annuelles que le régime pluviométrique est irrégulier d'une année à l'autre ; l'année la plus arrosée est celle de 2008/2009 avec une hauteur d'eau de 680 mm, l'année la plus sèche est celle de 2004/2005 avec une hauteur qui ne dépasse pas les 262,45 mm.



**Fig.06: Variation des précipitations annuelles de la station de Khenchela (1999/2014)**

La représentation graphique relative à la variation des précipitations moyennes mensuelles de la station de mesure montre la persistance du caractère irrégulier du régime pluviométrique (Fig.07) un maximum enregistré au mois de Décembre atteignant les 61 mm, un minimum est enregistré au mois d'Août 07,00 mm.



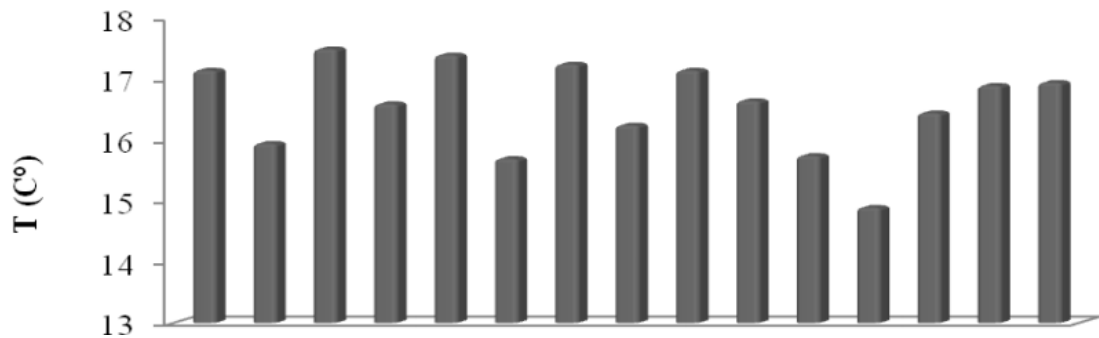
**Fig.07: Variation des précipitations mensuelles de la station de Khenchela (1999/2014)**

### III.1.2. Les températures

Les températures ont une grande influence sur l'écoulement ainsi que les données relatives à l'évaporation favorisant le déficit d'écoulement.

### a) Au pas de temps annuel

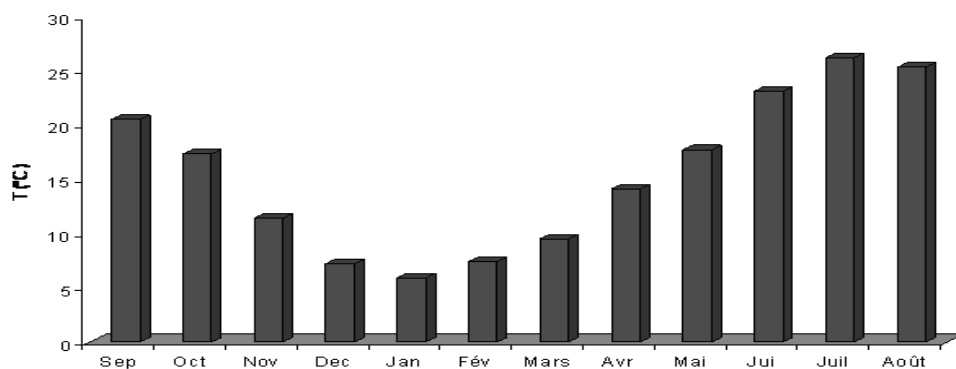
On peut ressortir que la fluctuation thermique moyenne annuelle est faible d'une année à l'autre (Fig.08) dont l'année la plus chaude est celle de 2001/2002 avec 17,75 °C, l'année la plus froide est celle de 2010/2011 avec 13,10 °C.



**Fig.08: Variation des températures annuelles moyennes de la station de Khenchela (1999/2014)**

### b) Au pas de temps mensuel

D'après l'histogramme de variation des températures moyennes mensuelles de la station de mesure (Fig.09), la température est maximale au mois de Juillet avec une valeur de plus de 26,9 °C, pour la température minimale, elle est marquée au mois de Janvier avec une valeur de l'ordre de 05,90 °C.



**Fig.09: Variation des températures mensuelles moyenne de la station de Khenchela (1999/2014)**

### III.1.3. Relation : Précipitation - Température

La combinaison des deux principaux facteurs (précipitation - température) est intéressante dans la mesure où elle permet de déterminer les mois véritablement secs et humides.

La courbe ombrothermique (courbe de Gaussen et Bagnouls  $P = 2T$ ) permet la distinction entre deux saisons l'une humide et l'autre sèche. Le courbe ombrothermique de la station de mesure est indiquée dans la figure suivante (Fig.10) :

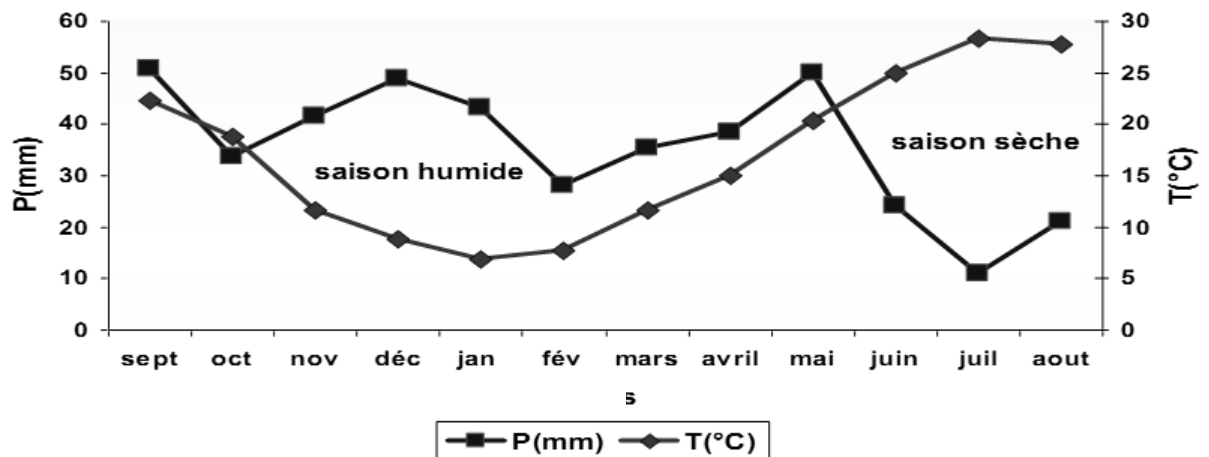


Fig.10: Courbe ombrothermique de la station de Khenchela (1999/2014).

D'après la courbe ombrothermique de la station de mesure on distingue deux périodes, l'une humide ou pluvieuse commence le début du mois d'Octobre et s'étale jusqu'au mois de Mai et l'autre sèche commençant du mois de Juin jusqu'au mois de Septembre.

### III.1.4. Indice d'aridité

Ce facteur est un élément important dans l'identification du climat, il est lié aux deux caractéristiques climatiques, à savoir les précipitations moyennes annuelles P et les températures moyennes annuelles T, calculées sur une période d'observation donnée. Cet indice est évalué de manière empirique à partir de la relation :

$$I = P / (T+10) \quad / I = 19$$

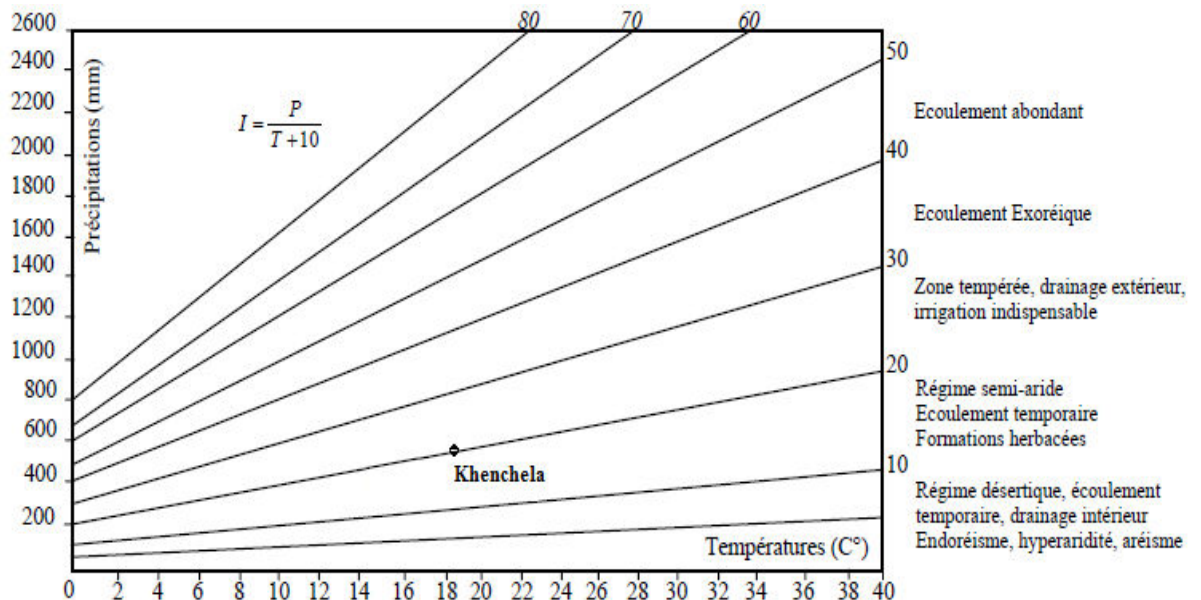
Selon la valeur que prend ce facteur, on peut caractériser le type de climat de la région d'étude comme suit :

\*\* Si  $20 < I < 30 \Rightarrow$  le climat est de type tempéré.

\*\* Si  $10 < I < 20 \Rightarrow$  le climat est de type semi aride.

\*\* Si  $7,5 < I < 10 \Rightarrow$  le climat est de type steppique.

L'application de cette expression avec les données de la station de Khenchela révélé que la région est de type de climat semi-aride ( $10 < I < 20$ ).



**Fig.11: Abaque de l'Indice d'aridité Annuel de Martone 1923**

### III.2. Calcul du bilan d'eau selon la méthode de Thornthwaite

Le bilan d'eau s'applique principalement pour établir la relation entre les apports et les pertes, il est fonction de plusieurs facteurs de systèmes hydrologiques tels que : les précipitations, ruissellement, infiltration, évaporation, évapotranspiration.

#### a) Mesure de l'évapotranspiration réelle et potentielle (ETP et ETR)

On appelle évapotranspiration réelle notée ETR la quantité d'eau évaporée ou transpirée par le sol, les végétations, et les systèmes libres du bassin versant estimée en (mm). On peut l'évaluer par la formule de Turc (1961) :

$$ETR = P / (0,9 + P^2 / L^2)^{1/2}$$

Pour l'évapotranspiration potentielle notée ETP, c'est la quantité d'eau qui sera évaporée ou transpirée en partie d'un bassin versant si l'eau disponible pour l'évaporation n'était pas un

facteur limitant. Plusieurs formules ont été utilisées pour estimer l'ETP parmi ces formules celle de C.W Thornthwaite basée essentiellement sur la température de l'air :

$$ETP = 16 (10 t / I)^a k$$

Avec :

**ETP** : évapotranspiration potentielle en mm ;

**t** : température moyenne mensuelle en °C ;

**I** : indice thermique annuel donné par :  $I = \sum i$  avec  $i = (t / 5)^{1,514}$

**K** : coefficient d'ajustement mensuel.

D'après G. Castany (eaux souterraines) la méthode se présente comme suit :

\*\* Si la hauteur de pluie mensuelle supérieure à l'ETP  $\Rightarrow$  ETP = ETR

\*\* Si la quantité qui reste est affectée à la réserve facilement utilisable (RFU), elle s'ajoute de mois en mois jusqu'à ce que la RFU atteigne le maximum de rétention, il en résulte donc un excédant (EX).

\*\* Si la hauteur de pluie mensuelle  $<$  ETP  $\Rightarrow$  ETR dépend de toutes RFU jusqu'à épuisement.

#### a) Le bilan d'eau et le Déficit d'écoulement

Donné par l'équation suivante :

$$P = R + I + ETR$$

Avec:

**P** : hauteur pluviométrique moyen (mm) ;

**R** : ruissellement annuel (mm) ;

**I** : infiltration annuelle (mm) ;

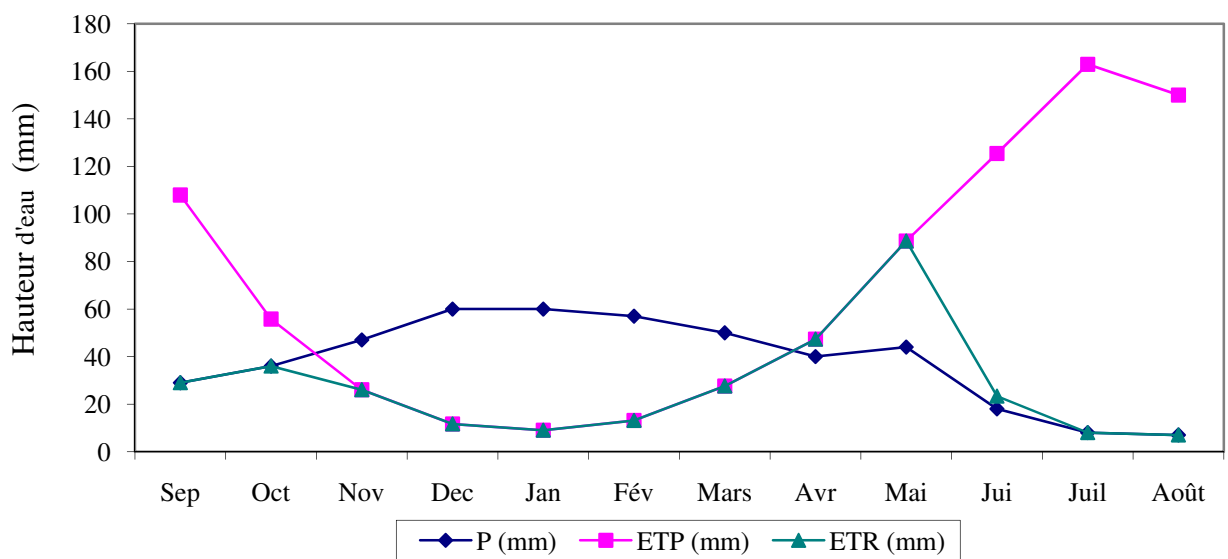
**ETR** : évapotranspiration réelle annuelle (mm).

#### b) L'interprétation des bilans d'eau

Après avoir calculé le bilan d'eau de la station de Khenchela et d'après la représentation graphique du bilan selon la méthode de Thornthwaite (Fig.11), on constate que :

Le bilan d'eau établi par la méthode de Thornthwaite a montré que l'ETP atteint son maximum au mois de Juillet (162,93 mm) et son minimum au mois de Janvier (9,03 mm). La reconstitution de la réserve facilement utilisable (RFU) s'effectue au mois d'Octobre et atteint son maximum (50 mm) à partir du mois de Décembre jusqu'au mois d'Avril, puis elle commence à être épuisée, vidée complètement au mois de Juin. L'écoulement commence après le remplissage de la RFU (saturation du sol) en Décembre et se termine en Avril.

Pour l'excédent, il est de l'ordre de 168,61 mm représentant 36,84 % des précipitations annuelles alors que l'ETR est égale à 287,39 mm représentant 62,80 % des précipitations annuelles.



**Fig.12: Représentation graphique du bilan d'eau de Thornthwaite de la station de Khenchela (2000/2014)**

*Chapitre IV*

*Qualité des eaux de  
surface de bassin  
versant d'oued El  
Arab*

## **IV. Qualité des eaux de surface du bassin d'oued El Arab**

### **IV.1.Introduction**

La qualité de l'eau est à présent une question aussi importante que sa pénurie. La dégradation récente de cette qualité pose un problème considérable dans la gestion de cette ressource.

Dans ce chapitre, nous allons essayer de répondre à certaines questions :

Quel est l'état actuel de la qualité chimique des eaux superficielles et souterraines du bassin d'oued El Arab ?

Quels sont les différents polluants chimiques existant dans l'eau ainsi que leurs origines?

### **IV.2. Indicateurs de qualité de l'eau**

#### **IV.2.1. Principaux paramètres physico- chimiques et chimiques mesurables**

##### **IV.2.1.1. La température (T)**

La température de l'eau joue un rôle important par exemple en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz dont, entre autres, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 fois pour une augmentation de température de 10 degrés Celsius (°C).

L'activité métabolique des organismes aquatiques est donc également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît (Rodier, 1996).

##### **IV.2.1.2.La conductivité électrique (CE)**

La conductivité électrique (CE) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en milli siemens par mètre (ms/m) à 20 °C (IBGE, 2005: Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement).

L'estimation de la quantité totale de matières dissoutes peut être obtenue par la multiplication de la valeur de la conductivité par un facteur empirique dépendant de la nature des sels dissous et de la température de l'eau. La connaissance du contenu en sels dissous est importante dans la mesure où chaque organisme aquatique a des exigences propres en ce qui

concerne ce paramètre. Les espèces aquatiques ne supportent généralement pas des variations importantes en sels dissous qui peuvent être observées par exemple en cas de déversements d'eaux usées.

#### **IV.2.1.3. Les Matières en suspension (MES)**

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres micro-organismes de l'eau.

La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et par suite, la photosynthèse. Elles peuvent également gêner la respiration des poissons. Par ailleurs, les matières en suspension peuvent accumuler des quantités élevées des matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques...). Les matières en suspensions sont exprimées en mg/l.

#### **IV.2.1.4. Les Hydrocarbures**

Ce terme fait la plupart du temps référence aux huiles minérales qui comportent des substances telles que les alcènes. Outre leur toxicité, ces substances peuvent limiter l'apport d'oxygène dans les eaux de surface lorsqu'elles sont présentes en concentrations élevées. Ces polluants incluent également les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ainsi que les hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM). Les HAP sont des combinaisons organiques résultant de l'assemblage de plusieurs noyaux benzéniques. Ces composés sont relativement stables et peu solubles dans l'eau. Ils s'adsorbent fortement aux sols et aux matières en suspension et sont entourés, très solubles dans les graisses ce qui favorise leur bioaccumulation dans les tissus humains et animaux. Plusieurs HAP sont classés comme agents cancérigènes possibles par l'OMS.

#### **IV.2.1.5. Eléments en solution**

Les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) et les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) font généralement l'objet d'un suivi particulier. Une forte teneur en chlorures peut indiquer une pollution par des eaux usées domestiques (sels régénérant utilisés dans les lave-vaisselle) ou par certaines eaux usées industrielles. Les pics de concentration en chlorures s'observent le plus souvent en période de gel (sels de déneigement). Les eaux usées de nombreuses industries peuvent également contenir des sulfates.

Ce sont surtout les changements brusques et importants des teneurs en chlorures et sulfates qui se révèlent néfastes (IBGE, 2005).

#### IV.2.1.6. Dureté de l'eau

La dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques, excepté celles des métaux alcalins ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) et  $\text{H}^+$ . Elle est souvent due aux ions  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{+2}$ . La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. La dureté se mesure en mg de  $\text{CaCO}_3$  par litre (IBGE, 2005).

#### IV.2.1.7. Oxygène dissous (OD)

Les concentrations en oxygène dissous constituent, avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique.

L'oxygène dissous dans les eaux de surface provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments. Cette concentration en oxygène dissous est également fonction de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par l'activité des organismes aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau.

#### IV.2.2. Normes de la qualité des eaux

Une eau de consommation ne doit pas contenir de germes des maladies à transport hydrique, de substances toxiques ni de quantité excessive de matières minérales et organiques. Elle doit par ailleurs, être limpide, incolore et ne posséder aucun goût ou odeur désagréable (OMS, 2002). En outre l'eau potable doit contenir sans excès un certain nombre d'éléments minéraux dont la présence lui confère une saveur agréable à l'exclusion de ceux qui seraient l'indice d'une contamination ainsi que toute substance toxique.

**Tab.09: Qualité physico-chimique de l'eau potable (Directive de l'OMS 2002)**

Eléments	Valeurs indicatives en mg/l
Cuivre	1 mg/l
Cyanures	0,07 mg/l

Fluorures	1,5 mg/l
Manganèse	0,1 mg/l
Mercure	0,001 mg/l
Nitrates	50 mg/l
Nitrites	3 mg/l
Ammoniac	15 mg/l
Plomb	0,01 mg/l
Chlore	5 mg/l
Couleur	15 UCV (unité de couleur vraie)
Turbidité	5 UTN (unité de turbidité néphélométrie)
Aluminium	0,2 mg/l
Chlorure	250 mg/l
Dureté	-
Fer	0,3 mg/l
pH	6,5 – 8,5
Sodium	200 mg/l
Sulfates	250 mg/l
Solides totaux en solution	1000 mg/l
Zinc	3mg/l
Coliforme fécaux et totaux	non détectable dans 100ml d'échantillons

### IV.3. Hydrochimie et qualité des eaux de surface du bassin d'oued El Arab

Le chimisme naturel des eaux dépend essentiellement de la composition géologique des milieux traversés et du temps de séjour. Le chimisme est principalement régi par les équilibres calco-carboniques ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) auxquels viennent se greffer des éléments en provenance de l'environnement alluvial :  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  et des éléments d'origine biologique :  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ , et  $\text{NH}_4^+$  (Rouabhia. A, 2006).

L'intérêt principal de cette partie de l'étude est de mieux caractériser la qualité des eaux de surface du bassin versant d'oued El Arab et ses variations dans l'espace et dans le temps, afin de voir l'état du système vis-à-vis de la pollution.

Par définition, l'eau est un liquide naturel qui se forme par condensation en altitude, puis elle acquiert son chimisme au cours de son trajet, par dissolution des gaz et absorption des composés solubles et insolubles présents dans l'air. Au sol, elle traverse les formations géologiques perméables, ce qui augmente sa minéralisation par lessivages des roches.

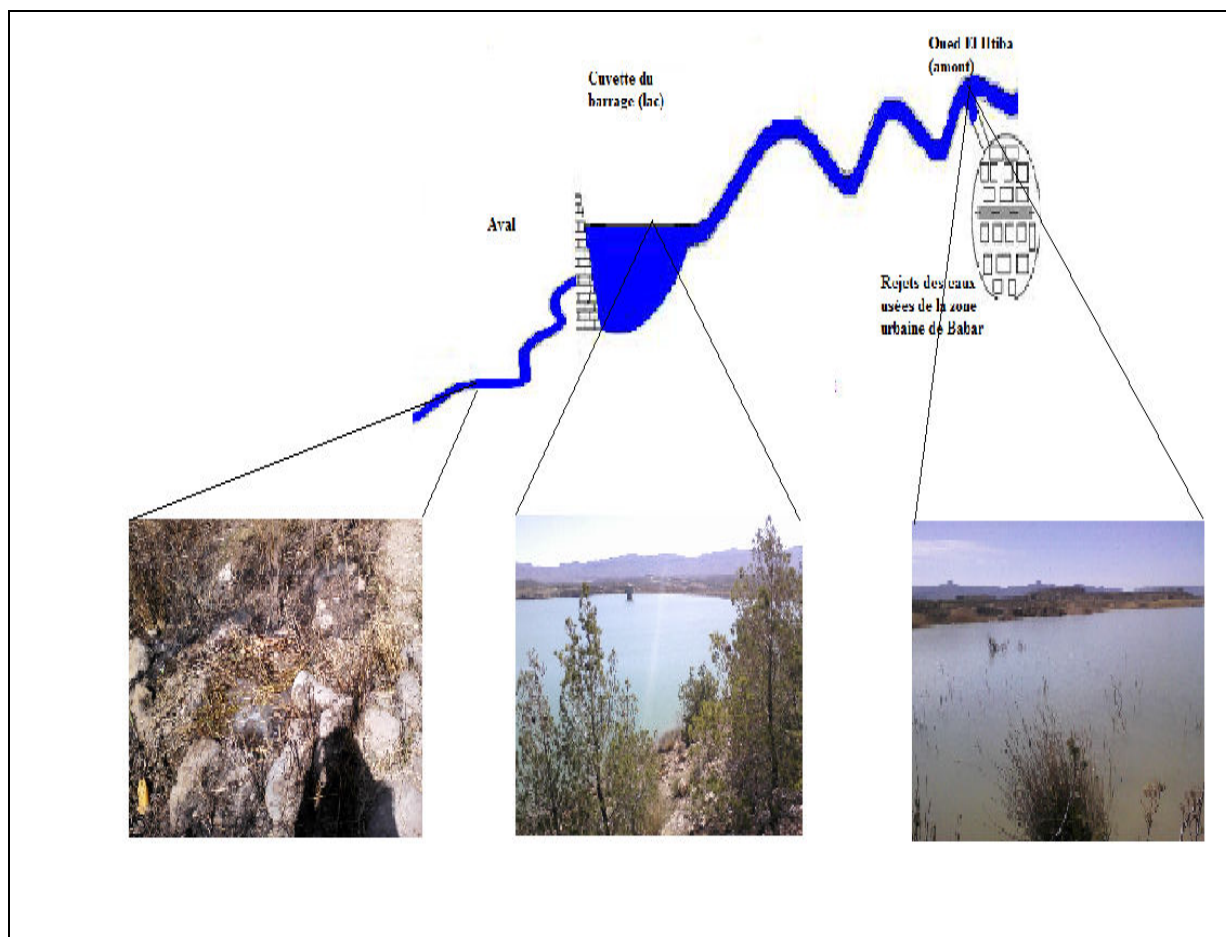
Afin de tenter connaître le régime, l'origine, le mécanisme du chimisme et de caractériser la qualité des eaux de surface une campagne hydrochimiques a été entreprise. Le tableau (Tab.10) Donne une récapitulation sur cette campagne :

**Tab.10: Répartition des prélèvements hydrochimiques**

Compagne	Période		Nbr. Echant	Laboratoire d'analyse
	Mois	Année		
01	Mars	2015	03	EURL SID Laboratoire et BET Khenchela Laboratoire de l'ADE de Khenchela

#### IV.3.1. Evolution des éléments chimiques dans les eaux d'Oued El Arab

En examinant les histogrammes de l'évolution des différents éléments chimiques contenues dans les eaux des trois échantillons (Fig.13), on constate que:



**Fig.13: Points de prélèvement d'eau de surface (bassin oued El Arab)**

#### IV.3.1.1. Température

La Température joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique, bactérienne et de l'évaporation des eaux. Elle varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol. Dans notre cas, on remarque que la température des eaux a une relation avec celle de l'air (22°C).

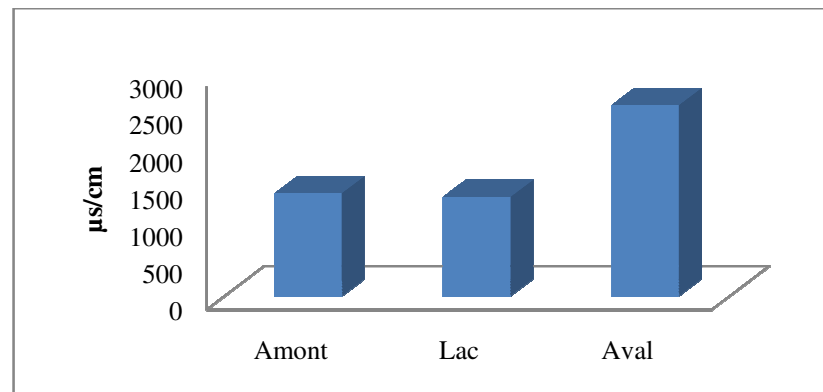
#### IV.3.1.2. Potentiel d'Hydrogène (pH)

C'est un paramètre qui détermine l'acidité ou l'alcalinité d'une eau ainsi que l'état d'équilibre des éléments chimiques dans les diagrammes Eh-pH (Eh: Potentiel d'oxydoréduction).

Les résultats des pH des eaux montrent une variation non significative avec une valeur de 7,23 donc ces eaux tant vers la neutralité.

### IV.3.1.3. Conductivité ( $\chi$ )

La présence des ions confère à l'eau une certaine conductivité c'est à dire une certaine aptitude à conduire le courant électrique, on en conclue que plus la concentration des sels dissout est plus élevée plus la conductivité est grande. Les eaux des trois points de prélèvement présentent des valeurs variant de 1343 à 2580  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Fig.14) cela est due aux apports pluvieux (la dissolution).

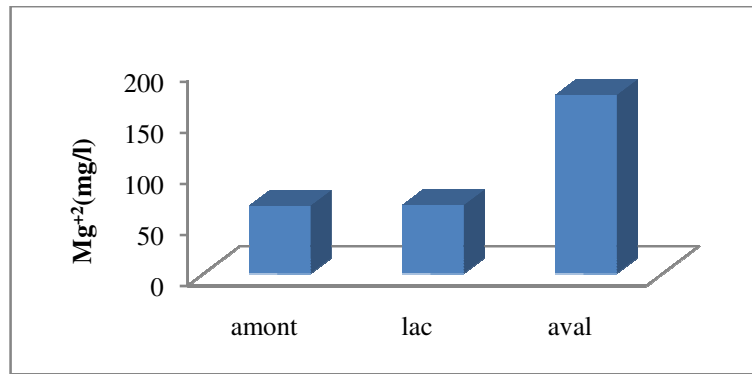


**Fig.14: Histogramme de variation des valeurs de la conductivité dans les eaux de surface du bassin d'oued El Arab (Mars 2015)**

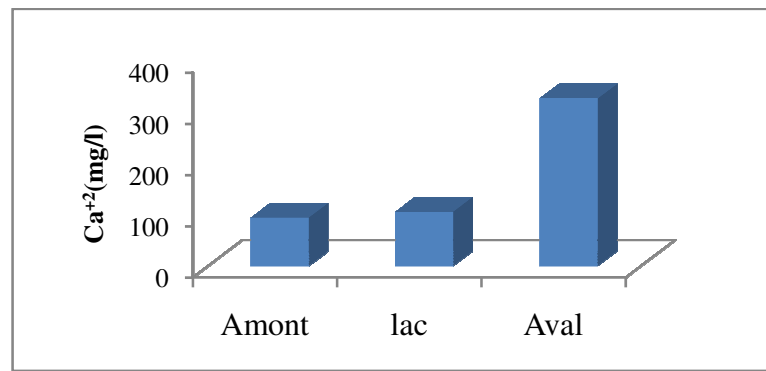
On remarque que les valeurs de la conductivité électrique au niveau du lac et de l'amont ne dépassent pas les normes (1343 et 1391 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), mais au niveau de l'aval la conductivité est plus élevée et dépasse la norme 2580 $\mu\text{S}/\text{cm}$  (la norme = 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

### IV.3.1.4. La dureté ( $\text{Ca}^{+2}$ et $\text{Mg}^{+2}$ )

La dissolution des ions de  $\text{Ca}^{+2}$  et celle des  $\text{Mg}^{+2}$  résulte principalement lors du ruissellement et lessivage des calcaires et des dolomies par les eaux de pluies à la provenance du gaz carbonique (TARDAT et BEAURDRY,1984).Les analyses des ions de  $\text{Mg}^{+2}$ des eaux des trois échantillons montrent que les concentrations sont moyennes variant de 66,58 à 174,96 mg /l. Pour les concentrations des  $\text{Ca}^{+2}$ elles se varient sont de 94.95 à 372.05 mg/l (aval) cela est due au lessivage des formations calcaires.



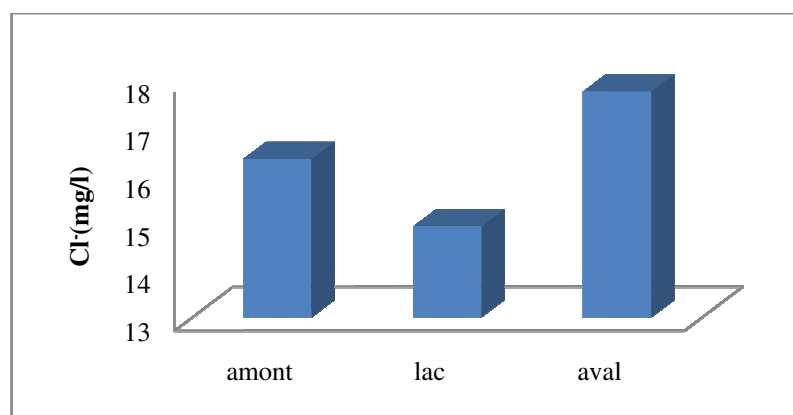
**Fig.15: Histogramme de variation des valeurs de magnésium dans les eaux du bassin d'oued El Arab (Mars 2015)**



**Fig.16: Histogramme de variation des valeurs de calcium dans les eaux du bassin d'oued El Arab (Mars 2015)**

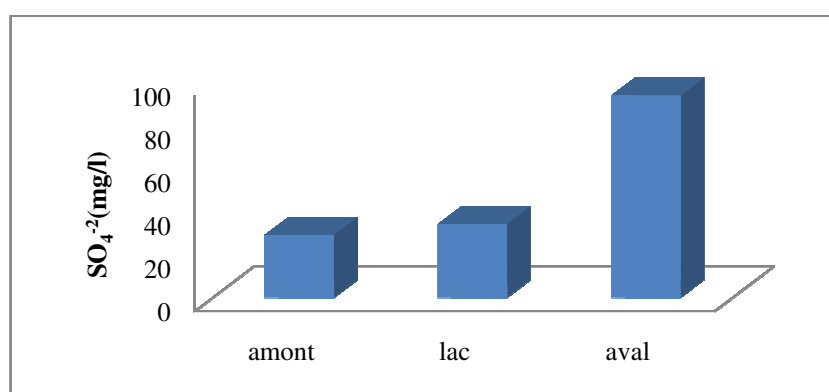
#### IV.3.1.5. Les chlorures et les sulfates (Cl<sup>-</sup> et SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>)

Les chlorures peuvent avoir plusieurs origines, liés principalement à la dissolution des terrains salifiées et du gypse, ainsi ils peuvent prévenir également de l'action anthropique à partir du salage des routes ou par contamination par les eaux usées.



**Fig.17: Histogramme de variation des valeurs du chlorure dans les eaux de surface du bassin d'oued El Arab (Mars 2015)**

Selon notre résultats les concentrations du chlorure pour les trois échantillons sont très faibles et ne dépassent pas les normes (norme : 250 mg/l) et qui varient entre 14 et 17mg/l.

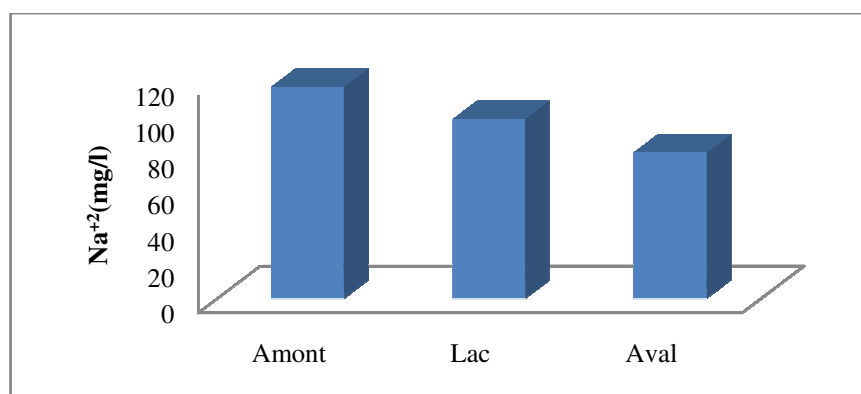


**Fig.18: Histogramme de variation des valeurs du sulfate dans les eaux de surface du bassin d'oued El Arab (Mars 2015)**

Selon notre résultat d'analyses d'eau des échantillons les concentrations du  $\text{SO}_4^{+2}$  sont faibles surtout au niveau du lac et de l'amont (entre 29 et 34 mg/l) avec une valeur moyenne au niveau de l'aval.

#### IV.3.1.6. Le sodium $\text{Na}^+$

L'origine de sodium est liée principalement à la dissolution des formations salifères et évaporétiques. En agriculture, le composé du sodium le plus important est le chlorure de sodium.

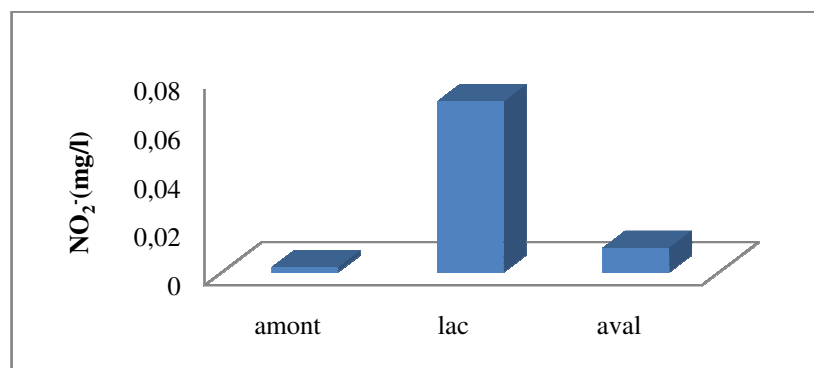


**Fig.19: Histogramme de variation des valeurs du sodium dans les eaux du bassin d'oued El Arab (Mars 2015)**

On remarque que les concentrations du sodium au niveau d'amont de barrage de Babar sont plus élevées (117,1 mg/l) qui dépasse la norme (100 mg/l), par contre au niveau du lac et de l'aval du barrage les concentrations sont moyennes qui varient entre 80,89 et 99,17 mg/l.

#### IV.3.1.7. Les nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

Les nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) ou azote nitreux, représentent une forme moins oxygénée et moins stable, elle représente la forme du passage entre les nitrates et l'ammonium, c'est une forme toxique. La concentration des nitrites dans les eaux des trois échantillons sont très faibles varient entre 0.002 à 0.07 mg/L (ne dépassent pas les normes).

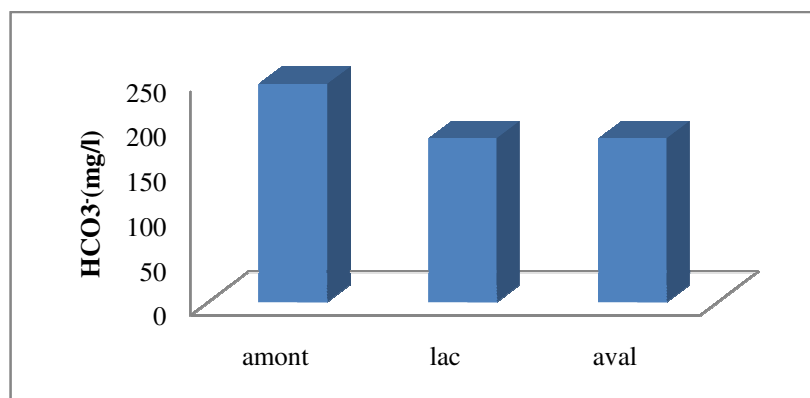


**Fig.20: Histogramme de variation des valeurs du nitrite dans les eaux de surface du bassin d'oued El Arab (Mars 2015)**

On remarque que les valeurs les plus élevées du nitrite sont enregistrées au niveau du lac avec une teneur de 0,07 mg/l, alors que les faibles teneurs sont enregistrées au niveau de l'amont. Selon l'OMS la norme du nitrite est égale 3 mg/l. Donc la concentration du nitrite ne dépasse pas les normes.

#### IV.3.1.8. Les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ )

Les bicarbonates se trouvent dans les eaux naturelles, leur présence dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées tel que les calcaires et les dolomies. Les analyses de bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) des eaux des trois échantillons montrent que les concentrations sont moyennes variant de 183 à 244 mg/l.

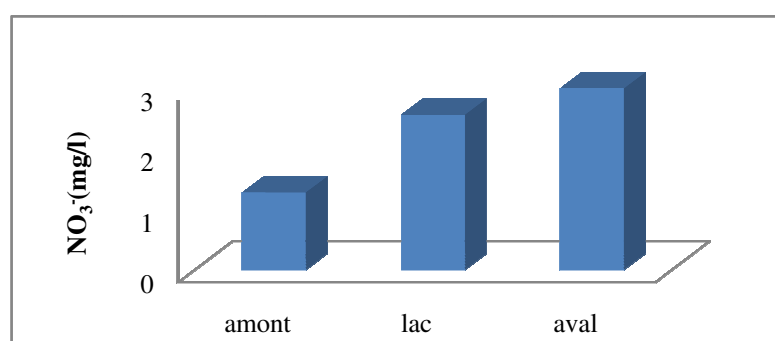


**Fig.21: Histogramme de variation des bicarbonates dans les eaux de surface du bassin d'oued El Arab (avril 2015)**

On remarque qu'au niveau du lac et de l'aval les concentrations du  $\text{HCO}_3^-$  sont moyennes (183 mg/l) mais au niveau de l'amont on observe une augmentation jusqu'au 244 mg/l.

#### IV.1.9. Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Représentent la forme la plus oxygénée de l'azote, c'est une forme très soluble. Sa présence dans les eaux souterraines est liée à l'utilisation intensive des engrais chimiques. En présence de phosphore, les nitrates favorisent l'eutrophisation du milieu aquatique, ils proviennent souvent de l'utilisation des engrais mais aussi des rejets domestiques et industriels.



**Fig.22: Histogramme de variation des nitrates dans les eaux de surface du bassin d'oued El Arab (Mars 2015)**

Pour le nitrate et selon les résultats des analyses des échantillons les concentrations varient entre 1 et 3 mg/l. Selon l'OMS notre résultats ne dépasse pas la norme (la norme = 50 mg/l).

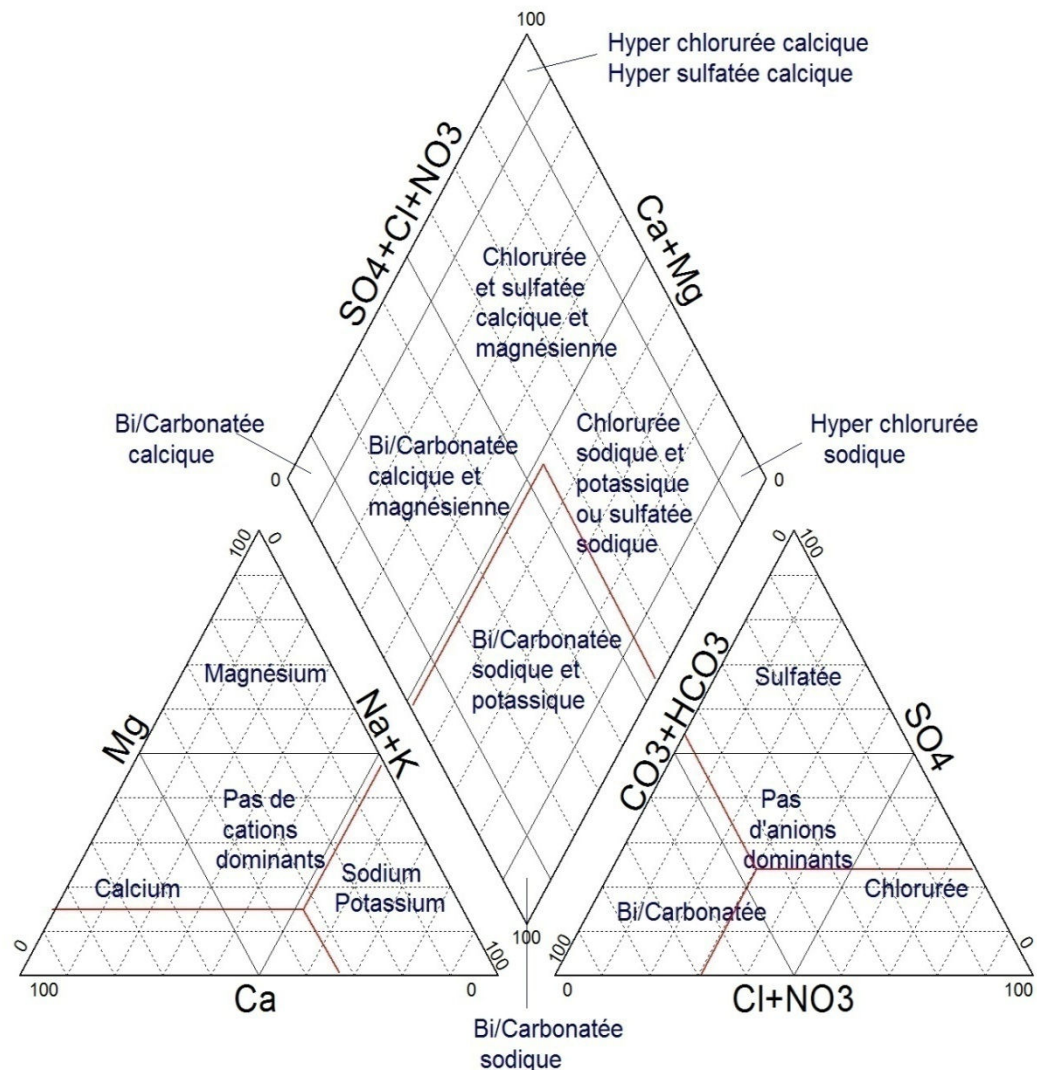
Comparant les résultats des analyses chimiques des eaux de surface des trois échantillons avec les valeurs des paramètres de qualité on constate que les eaux de notre zone d'étude sont de qualité passable.

#### **IV.4. Identification des faciès chimiques des eaux de surface**

##### **IV.4.1. Diagramme de PIPER**

Ce diagramme est un autre mode de représentation graphique et de classification d'une eau analysée. De forme triangulaire, il est subdivisé en trois zones de faciès (Fig.19). Les nuages de points concentrés dans une zone représentent pour les différents échantillons la combinaison des éléments cationiques et anioniques.

Sur le diagramme de Piper nous allons interpréter les résultats d'analyses hydrochimiques, correspondant à la période d'observation, pour avoir une idée sur le faciès chimique des eaux de la région et sur son évolution temporaire, ainsi que sur le mode d'acquisition de ce faciès.



**Fig.23: Diagramme de Piper. Présentation générale**

Le report des résultats d'analyses chimiques des eaux superficielles de la zone d'étude (amont, aval d'Oued El Arab et le lac du barrage de Babar) sur le diagramme de Piper, Schoeler, Berkallof montre la dominance du faciès chimiques sulfato magnésienne et calcique qui dépendent de la nature géologique. La semi aridité de la région caractérisée par une forte évapotranspiration favorise la précipitation du gypse ( $\text{CaSO}_4$ ) donc l'agressivité de ces eaux.

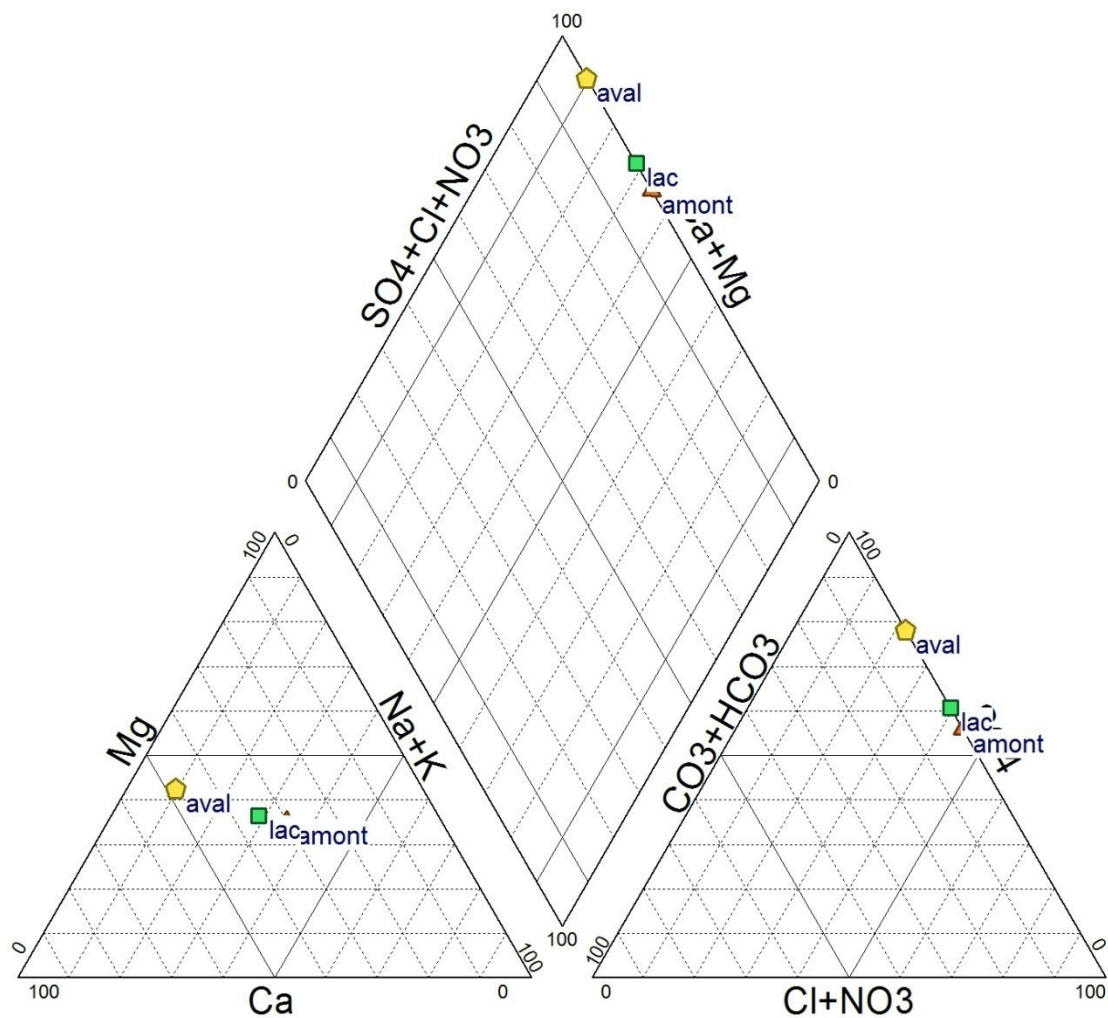


Fig.24: Diagramme de Piper (Mars 2015)

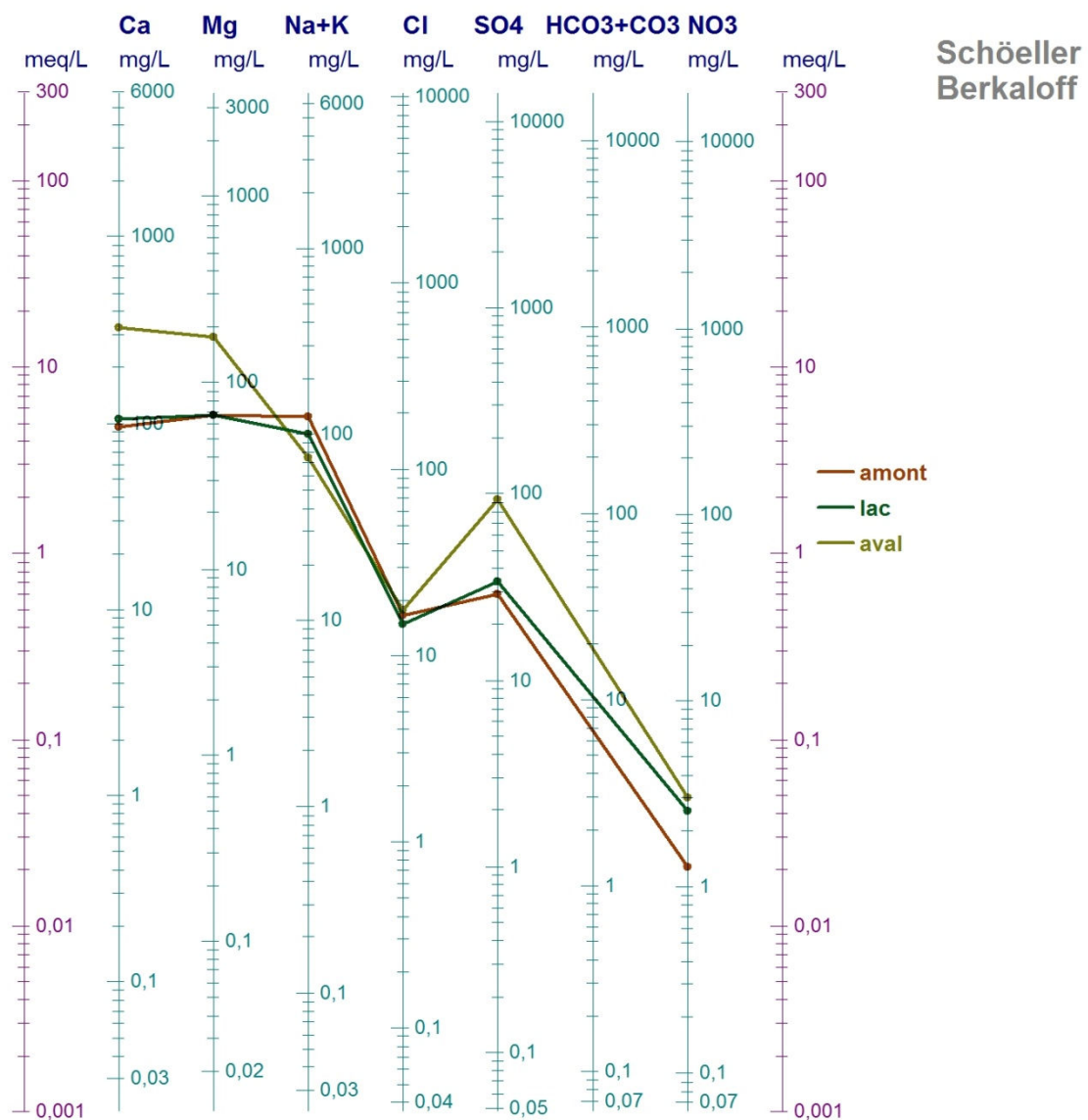


Fig.25: Diagramme de Schoeler, Berkaloff (Mars 2015)

## IV.5. Qualité bactériologique des eaux d'oued El Arab

### IV.5.1. Notions générales sur la qualité bactériologique de l'eau de surface

On trouve naturellement dans les eaux de surface une grande variété de microorganismes, dont certains peuvent notamment favoriser la décomposition de la matière organique et le recyclage des éléments nutritifs essentiels au maintien des organismes aquatiques et de la chaîne trophique (Hébert et Légaré, 2000). Par contre, d'autres microorganismes proviennent des déjections d'origine animale et humaine et peuvent causer des maladies importantes chez les humains, dont des gastro-entérites et des infections cutanées. Des bactéries indicatrices présentes en grand nombre dans le tube digestif des animaux à sang chaud, comme les coliformes fécaux (coliformes thermo tolérants) et les *Escherichia coli* (*E. coli*), sont utilisées pour évaluer le niveau de contamination bactériologique des eaux (MDDEFP).

### IV.5.2. Résultats et discussion

**Tab.11: Bulletin d'analyse microbiologique, eau oued El Htiba (amont)**

Analyse	Résultat	Normes
Germes aérobies à 37°C/ml	15	20
Germes aérobies à 22°C/ml	34	100
Coliformes aérobies à 37°C/100 ml	21	10
Coliformes fécaux /100 ml	Absence	Absence
Streptocoques D/50 ml	Absence	Absence
Clostridium sulfito-réducteurs à 46°C/ml	Absence	Absence
Clostridium sulfito-réducteurs à 46°C/ 20 ml	04	05
Salmonelle	Absence	Absence

**Tab.12: Bulletin d'analyse microbiologique, eau de la cuvette du barrage (lac)**

Analyse	Résultat	Normes
Germes aérobies à 37°C/ml	35	20
Germes aérobies à 22°C/ml	41	100
Coliformes aérobies à 37°C/100 ml	64	10
Coliformes fécaux /100 ml	Absence	Absence
Streptocoques D/50 ml	Absence	Absence
Clostridium sulfito-réducteurs à 46°C/ml	Absence	Absence
Clostridium sulfito-réducteurs à 46°C/ 20 ml	03	05
Salmonelle	Absence	Absence

**Tab.13: Bulletin d'analyse microbiologique, eau d'aval**

Analyse	Résultat	Normes
Germes aérobies à 37°C/ml	18	20
Germes aérobies à 22°C/ml	43	100
Coliformes aérobies à 37°C/100 ml	15	10
Coliformes fécaux /100 ml	Absence	Absence
Streptocoques D/50 ml	Absence	Absence
Clostridium sulfito-réducteurs à 46°C/ml	Absence	Absence
Clostridium sulfito-réducteurs à 46°C/ 20 ml	01	05
Salmonelle	Absence	Absence

Pour les eaux de surface du bassin d'oued El Arab l'interprétation des résultats d'analyse bactériologique montre que ces derniers sont les coliformes aérobies à 37°C/100 ml qui sont variés entre 15 et 64 et les germes aérobies à 37°C/ml avec une valeur 35 (hors des normes). Cela est dû aux rejets domestiques non traités qui sont rejetés directement dans le milieu récepteur (oued).

Des nombreuses maladies à transmission hydrique peuvent perturber la santé humaine (collera, Hypatie C, Typhoïde, Conjonctivite ... etc.), donc un traitement préalable des eaux usées domestiques est indispensable.

*Chapitre V*

*Aptitude des eaux de  
surface du bassin  
d'oued El Arab*

## V. Aptitude des eaux de surface du bassin d'oued El Arab à l'irrigation

### Introduction

L'intensité des pratiques agricoles et la mise en place de nombreux systèmes d'irrigation ont provoqué un impact sur la qualité des eaux souterraines, notamment ceux de retour vers la nappe après irrigation. Il est connu que les sels minéraux contenus dans l'eau ont des effets sur le sol et les plantes.

Les sels peuvent perturber le développement physique des plantes. Du fait de l'absorption de l'eau, on peut observer des effets sur les processus osmotiques, ou du point de vue chimique par des réactions métaboliques, telles que celles causées par les constituants toxiques. En plus, (Person j. 1978) les sels causent des changements dans la structure du sol (sur sa perméabilité et son aération), affectant directement le développement de la plante.

La sécheresse de la dernière décennie a engendré un fort déficit (démontré par les calculs du bilan hydrique) et une forte évapotranspiration, influençant le taux de salinité des eaux. Les formations géologiques (sables, grés, gypse ...) traversées par les eaux modifient la composition chimique de celles-ci. Dans cette partie du mémoire nous allons mettre en évidence l'utilisation à des fins agricoles des eaux de la région. Les méthodes de Richards et Wilson, les plus fréquemment utilisées, seront développées.

### V.1. Calcul des paramètres des eaux à usage agricole

Les principaux facteurs qui peuvent dégradé la qualité des eaux pour l'irrigation se résument donc à la concentration en sels dissous exprimée par le résidu sec ou la conductivité électrique, la salinité potentielle, la concentration relative en sodium et la quantité des éléments toxiques (Bore et Chlore) présents dans l'eau. Quand les sels sont concentrés dans les solutions de sol, chacun des facteurs dégradant la qualité, à un effet sur la croissance de la plante et par conséquent sur sa production d'une part, et d'autre part sur les propriétés physiques et chimiques.

L'effet primordial de la salinité totale est de réduire la croissance des cultures et leur production, elle est généralement exprimée par la minéralisation globale ou par la conductivité électrique (CE). Cette dernière est liée au résidu sec (RS) et à la pression osmotique par les formules suivantes :

$$\begin{aligned} \text{RS (mg/l)} &= 0.7 \text{ CE } (\mu \text{ s/cm}) \\ \mathcal{A}(\text{atm.}) &= 0.00036 \cdot \text{CE} \end{aligned}$$

La salinité du sol est constituée par tous les sels de chlorures de sodium et des sulfates de magnésium, par conséquent la salinité potentielle (Sp) pourrait être estimée par (Doneen, 1961). Tous les termes sont exprimés en méq/l :

$$\text{SP} = \text{Cl} + \frac{1}{2} \text{SO}_4^{2-}$$

Pour le sodium, il a été reconnu que sa concentration dans les eaux d'irrigation a une influence sur la perméabilité et l'infiltration des sols. La présence de  $\text{Na}^+$  a des effets néfastes sur la structure des sols par défloculation de l'argile. Cet effet est interprété par différents auteurs en calculant plusieurs paramètres tels que le SAR déjà signalé :

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

Le pourcentage en sodium est donné par

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

Le pourcentage d'échange de sodium ;

$$\text{ESP} = 100 \frac{[-a + b(\text{SAR})]}{1 + [-a + b(\text{SAR})]} \quad \text{Où } a = 0,0126 \text{ et } b = 0,01475$$

Dans les formules ci-dessus, tous les éléments sont exprimés en méq/l. De plus, des études récentes ont indiqué que la perméabilité du sol dépend de plusieurs autres facteurs tels que la concentration totale de l'eau, la quantité de sodium, la concentration en bicarbonates et la nature du sol lui-même. Les trois premiers termes ont été combinés dans une seule formule donnant ce qu'on appelle l'indice de perméabilité (IP) défini par (Doneen, 1961) :

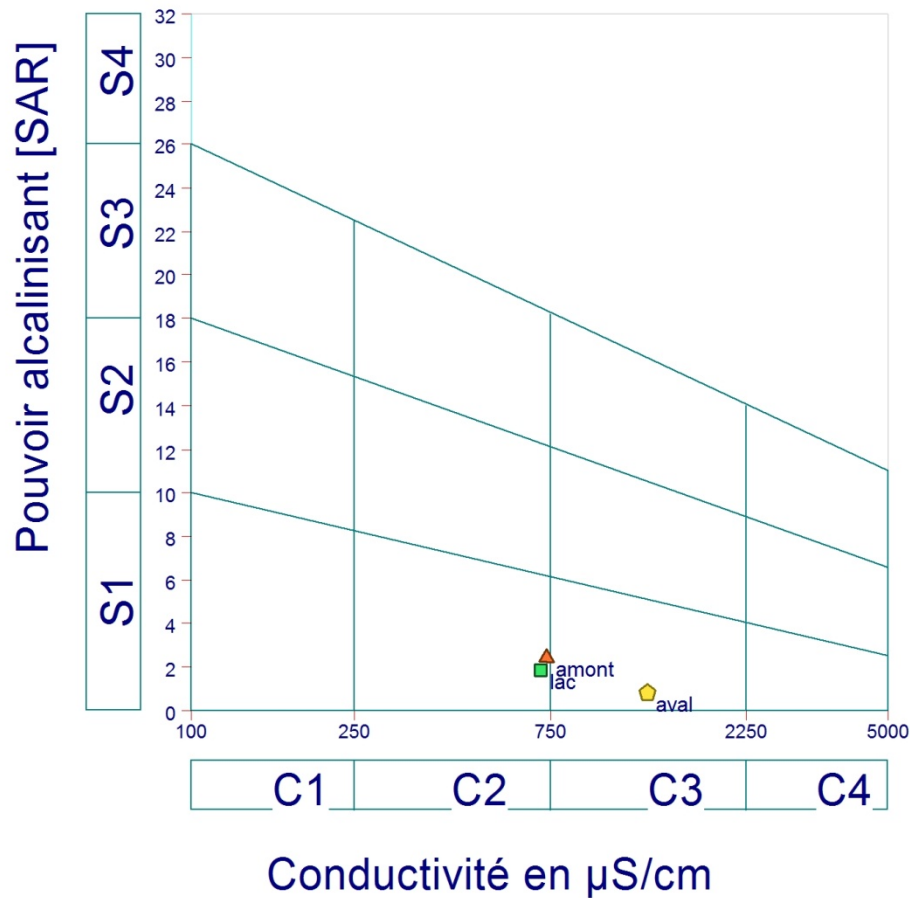
$$\text{IP}(\%) = \frac{\text{Na}^+ + \sqrt{\text{HCO}_3}}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+} \times 100$$

Parmi les éléments reconnus toxiques, on note les concentrations en bore et en chlore. Le bore est généralement présent dans certaines eaux d'irrigation en quantité indésirables mais pas

tellement toxiques. Quant au chlore, sa présence excessive dans le sol exerce des effets défavorables sur la végétation et la qualité de certaines cultures. Ces différents paramètres peuvent agir séparément ou de façon combinée dans la classification des eaux à usage agricole.

**Tableau.14: Classification des eaux par degré d'aptitude à l'irrigation (méthode de SAR)**

Degrés	Qualité	Classes	Etat d'utilisation
1	Excellente	$C_1-S_1, C_1-S_2$	Utilisation sans danger pour l'irrigation des cultures et même pour les sols
2	Bonne	$C_2-S_1, C_2-S_2$	Convenable pour des plantes qui ont une tolérance aux sels (générer des problèmes pour les argiles)
3	Admissible	$C_3-S_1, C_2-S_3, C_3-S_2$	La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés
4	Médiocre	$C_4-S_1, C_2-S_1, C_3-S_3$	Eau fortement minéralisée, utilisée seulement pour des plantes très résistantes aux sels (sols de bonne perméabilité)
5	Mauvaise	$C_3-S_4, C_4-S_3, C_4-S_4$	Inutilisable



**Fig.26: Diagrammes Riverside (Mars 2015)**

L'interprétation des résultats selon les diagrammes de Riverside et Wilcox montre que les eaux du surface du bassin versant d'oued El Arab sont excellente à bonne pour l'irrigation (Convenable pour des plantes qui ont une tolérance aux sels (générer des problèmes pour les argiles), elles se situent dans la classe C1S2 (amont et lac du barrage) la qualité des eaux en aval passe du bonne à admissible (La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés) ces eaux sont situées dans la classe C3S1 (Tab.14).

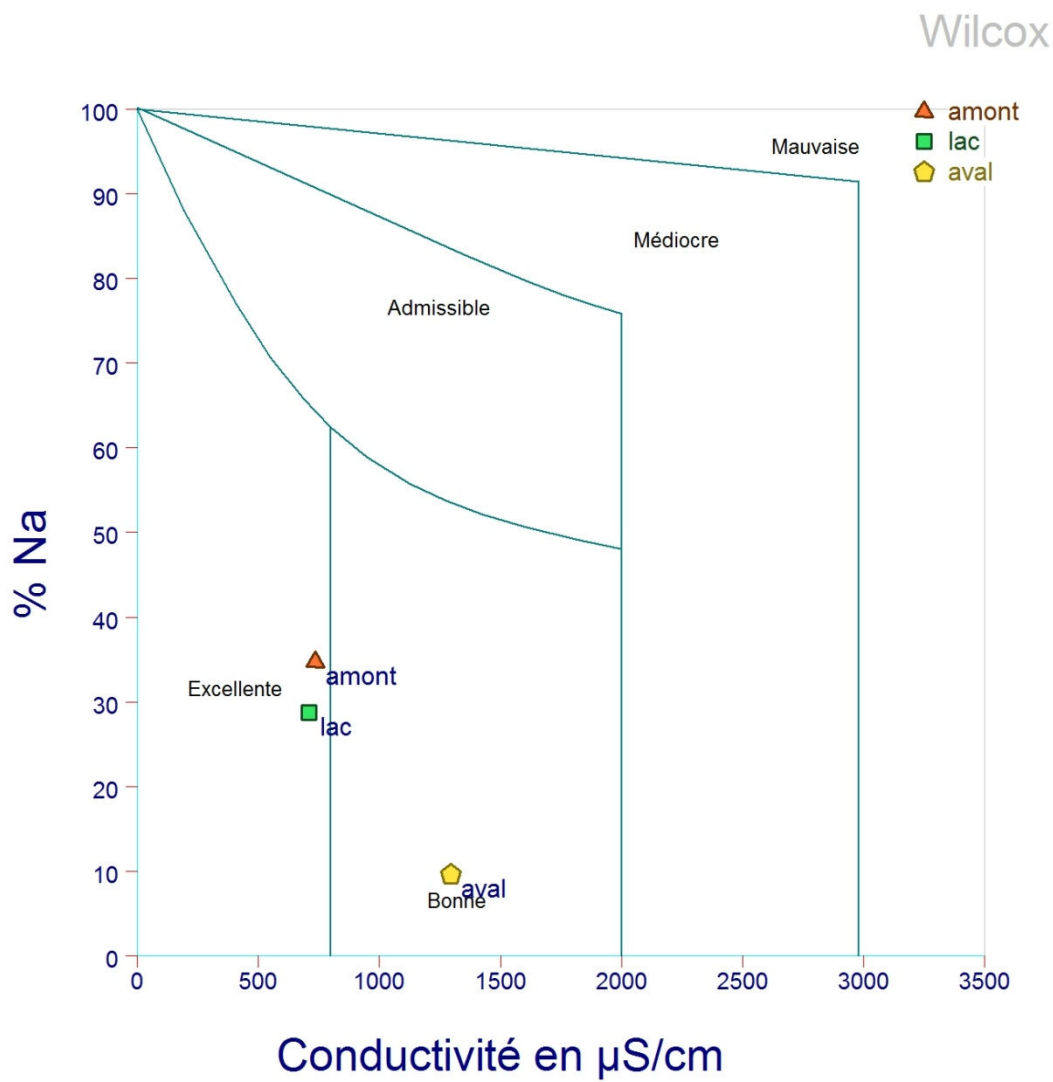


Fig.27: Diagrammes Wilcox (Mars 2015)

*Conclusion  
Générale*

## Conclusion Générale

Les différents chapitres de notre étude ont fait l'objet de conclusions partielles, aussi, résumons-nous brièvement les résultats obtenus :

Dans un premier temps, nous avons dégagé les premières remarques sur l'évolution géologique de la région 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.

Le climat de la région étudiée est semi aride influencé par les facteurs géographiques (altitude, éloignement de la mer et orientation des versants des montagnes) et par les facteurs atmosphériques essentiellement imposés par le régime sub-saharien. Les précipitations, dont moyenne annuelle est de l'ordre de 430 mm/an et une température moyenne de l'ordre de 16°C.

Le bilan hydrique et l'estimation de ses paramètres nous ont permis de faire ressortir une évapotranspiration réelle de l'ordre de 170 mm /an.

Les résultats d'analyse montrent que les eaux de surface du bassin d'oued El Arab présentent une qualité plus ou moins bonne (des valeurs qui ne dépassent pas les normes pour les trois échantillons).

les eaux du surface du bassin versant d'oued El Arab sont excellente à bonne pour l'irrigation (Convenable pour des plantes qui ont une tolérance aux sels, générer des problèmes pour les argiles), elles se situent dans la classe C1S2 (amant et lac du barrage) la qualité des eaux en aval passe du bonne à admissible (La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés) ces eaux sont situées dans la classe C3S1.

## Références bibliographiques

**ABH. (2005):** Agence des bassins hydrographiques

**ANB(2005):** agence nationale des barrages

**ANRH :** Agence nationale des ressources hydraulique.

**Bouziane. N (2011) :** Contribution à l'étude de la qualité et l'envasement des eaux du barrage de Foum El Gueiss. Mémoire de Master, départ d'écologie et environnement-Univ-Khenchela.85 pages.

**Castany. G (1980) :** L'eau propre .Hachette édition Paris ; 192 pages.

**Castany. G (1982) :** Hydrologie : principes et méthodes, DUNOD édition ; 234 pages.

**DHW. (2009) :** Direction de l'hydraulique.khenchela.

**Direction de l'OMS. (2009) :** Organisation mondial de la santé .

**DSA. Khenchela (2009) :** direction des services agricoles.

**Gaagai, (2009) :** Etude hydrologique et hydrochimiques du bassin versant du barrage de Babar sur oued El Arab région Est de l'Algérie. Mémoire Magister, départ d'hydraulique .univ-Batna.108 page.

**Habert .P (1998) :** Eaupuscul, une introduction à la gestion de l'eau ,2<sup>ème</sup> édition HGA, Buresti, Romania ; 209 pages.

**Hébert et Légaré, 2000 :** Hébert, S, et S. Légaré (2000). Suivi de la qualité de l'eau des rivières et des petits cours d'eau. Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, no ENV 2001 0141, rapport no QE 123, 24 p. et 3 annexes.

**Halimi S. (2008) :** Ressources et essai de gestion intégrée des eaux du bassin versant d'oued Cherf / Sedrata (Nord – Est Algérien)

**Harrat. N (2007) :** Qualité des eaux de surface de l'Est Algérien et leur réactivité vis-à-vis du chlore. Mémoire de magistère, université Annaba ; 96 pages.

**IBGE. (2005) :** Institut bruxellois pour les gestions de l'environnement.

**Lvovitch. M.I (1970) :** Les ressources en eau du globe terrestre et leur avenir, Bulletin de l'association internationale d'hydrologie scientifique, XV, 4, pp 23-28.

**MDDEFP** : Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, 2013. Guide pour l'évaluation de la qualité bactériologique de l'eau en lac, Québec.

Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-67327-9 (PDF), 30 p. + 1 Annexe.

**Rodier J. (1996)** : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8<sup>e</sup> édition Dunod, Paris.

**Richard L. (2000)** : Sur l'origine des ions des chlorures dans les eaux salines des massifs

**Rouabhia. K (2006)** : Vulnérabilité et risques de pollution des eaux souterraines de la nappe des sables miocènes de la plaine d'El Ma El Abiod Nord-Est Algérien. Thèse de doctorat, Université d'Annaba, 167 pages.

**Schoeller .H (1962)** : Les eaux souterraines. Hydrologie dynamique et chimique.

Recherche, exploitation et évaluation des ressources Masson et Cie. Editions, 642 pages.

**Simmers. I (1997)**: Recharge of Phreatic Aquifers in (Semi-) Arid Areas. Intern. Ass. Hydrogeol., 19, F 7918, 255 p.

**Schoeller. H (1962)** : Les eaux souterraines. Masson, Paris, 642 pages.

**Tardat-Henry. M (1984)** : Chimies des eaux. Editions le griffon d'argile inc. 338p.

**Todd. D .K (1980)** : Groundwater hydrology .J Wiley et Sons edition; New York; 510 pages.

**Nom: Medji Prénom: Zineb**

**Nom: Medji Prénom: Imen**

**Date de soutenance: 13/06/2015**

**Master Académique en Ecologie Option: Ecologie et Environnement**

**Thème :**

**Qualité physicochimique et bactériologique des eaux de surface du bassin d'oued El Arab (Wilaya de Khenchela, Nord Est Algérien) et leurs aptitude à l'irrigation**

**RESUMER**

Occupant la partie centrale de la wilaya de Khenchela, le bassin d'Oued El Arab s'étend sur une superficie de 567 km<sup>2</sup> environ qui fait partie du grand bassin versant de Chott Melghir. L'étude hydroclimatique montre que La zone d'étude est caractérisée par un climat semi-aride, ce qui traduit des conditions d'alimentation et d'écoulement très défavorable notamment une forte évaporation.

L'étude hydrochimique du bassin versant d'oued El Arab nous a permis d'avoir un aperçu sur l'état qualitatif en eau de la région. L'évolution des éléments chimiques fait ressortir que des fortes concentrations de sulfate, calcium et du magnésium d'ou le facies chimique sulfaté calcique est lié au formations évaporétiques ou salifères comme le gypse. Pour les autres éléments chimiques les concentrations restent inférieur aux normes admissibles.

Les eaux de surface de la zone d'étude d'après les diagrammes de Wilcox et Riverside sont excellentes à bonnes pour l'irrigation

**Mots clés :** Bassin versant, Oued El Arab, eau de surface, facies, pollution

**ABSTRACT**

Occupying the central part of the province of Khenchela, El Arab river basin covers an area of 567 km<sup>2</sup> which is part of the great watershed Chott Melghir. The study shows that hydro climatic for the study area is characterized by a semi-arid climate, reflecting supply conditions and very unfavorable flow particularly high evaporation.

The hydrochemical study of the watershed of Oued El Arab has allowed us to have an overview of the quality status of water in the region. The evolution of the chemical elements shows that high concentrations of sulphate, calcium and magnesium or chemical facies sulfated calcium is related sulfated évaporétiques or salt formations such as gypsum. For other chemical elements concentrations are lower to eligible standards. Surface waters in the study area from the Riverside Wilcox and charts are good to excellent for irrigation.

**Keywords:** Watershed, Oued El Arab, surface water, facies, pollution.

**Devant le jury :**

**Présidente : Adad. D**  
**Encadreur : Halimi. S**  
**Examinatrice : Dib. D**

**Université de Khenchela**  
**Université de Khenchela**  
**Université de Khenchela**