

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Ref :.....

## Centre Universitaire de Mila

Institut des Sciences et de Technologie

Département de sciences et Technique

**Projet de Fin d'Etude préparé En vue de l'obtention du diplôme  
LICENCE ACADEMIQUE  
en Hydraulique  
Spécialité : Sciences Hydrauliques**

**Thème :  
CONTRIBUTION à L'ETUDE HYDROCHIMIQUE  
DES EAUX DU SURFACE DU BARRAGE DE  
ZERDAZAS (W.SKIKDA).**

**Préparé par :**

CHOUCHA Radia  
DIF Nadjat  
KERDOUD Imane  
GUIDOUM Ahlem

**Dirigé par :**

Mr: KEMOUKH. Sami

**Année universitaire : 2013/2014**

## **Remerciements**

**Nous remercions dieu tout puissant et miséricordieux de nous avoir donné le courage, la santé, la volonté et la patience de réaliser et de mener à terme ce travail.**

**Nous tenons à remercier dans un premier temps, toute l'équipe pédagogique de l'institut des sciences et technologie. Et les intervenants professionnelles responsables de la formation, pour avoir assuré la partie théorique de celle-ci.**

**Nous remercions également M<sup>f</sup> KEMOUKH.SAMI, pour l'aide et les conseils concernant les missions évoquées dans ce mémoire, qu'elle nous apportés lors des différents suivi.**

**Nous tenons à remercier tout particulièrement et à témoigner, toute notre reconnaissance aux personnes suivantes, pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'elles nous ont fait vivre durant lui cette année on sein d'universitaire Mila.**

**MERCI**

## DEDICACES

Je dédie ce modeste travail aux personnes les plus chères dans ma vie, mes parents qui  
Je ne pourrais jamais les remercier assez, pour leur soutien moral et matériel, leur  
compréhension, leur tendresse, leurs amours et leurs sacrifices :

Mon père : Abd almalek.

Ma très chère mère : Soltana

Mes sœurs : Souheyla, Amel, Salima, lilia, Aicha, Rahma, et Hadil, mes tantes noura  
et fatiha ; mes oncles (abd arzak morad, antar et surtout abd arhman)

## Sommaire :

Introduction	
1. Situation géographique	3
Chapitre I : Géologie	
I Introduction	6
I.1.Géologie Régionale	7
I.3.La Géologie locale (zone d'étude)	9
I.3.1.Le Trias	9
I.3.2.Permo-Trias	9
I.3.3.Crétacé	9
I.3.4.Yprésien (e6-5)	12
I.3.5.Lutétien ea <sup>2</sup>	12
I.3.6. Priabonien ea <sup>3</sup>	12
I.3.7. Oligocène eb <sup>3</sup>	12
I.4.8. Pontien ea <sup>3</sup>	12
I.3.9. Pliocène ec <sup>4</sup>	12
I.4.Conclusion	13
Chapitre II : Hydroclimatologie	
II Introduction	15
II.1. La température	15
II.2. Graphe ombro-thermique	20
II.3. L'aridité	20
II.4. Appréciation du bilan hydrologique	21
II. 4.1. Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP)	21
II.4.2. Calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR)	22
II.4.3. Calcul du bilan hydrologique pour la période : 1986- 2012 Station de Zardezas ( <i>Tableau 2.3</i> )	22
II.4.4. Estimation du ruissellement (R)	22
II.4.5.Calcul de l'infiltration (I)	23
II.5. Interprétation du bilan hydrologique	25
II.6. Conclusion	26
Chapitre III : Hydrochimie	
III. Introduction	28
III.1. Matériel et Méthodes	28
III.2. Choix et localisation de la station de prélèvement	30
III.3. Etude des paramètres physico-chimiques	32
III.3.1 .La température	32
III.3.2. Potentiel d'hydrogène(PH)	32

III.4. La conctivité Electrique-----	33
III .5. Le élément chimique-----	34
III.5.1. L'élément majeur-----	34
III.5.1.1. La cation-----	34
III.5.1.1.1. Le calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ) -----	35
III.5.1.1.2. Le magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ) -----	35
III.5.1.1.3. Le sodium ( $\text{Na}^+$ ) -----	36
III.5.1.1.4. La potassium ( $\text{K}^+$ ) -----	37
III.5.1.2. Les anions -----	37
III.5.1.2.1. Les chlorures ( $\text{cl}^-$ ) -----	37
III.5.1.2.2 .Les sulfates ( $\text{so}_4^-$ ) -----	38
III .5. 1.2.3. Les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) -----	39
III.5.1.2.4. Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) -----	40
III.6. Aptitude des eaux à l'irrigation-----	40
III.7. Risque de sodicité et de salinité (Diagramme du SAR)-----	41
III.8. Influence de la sodicité et de la salinité de l'eau sur la perméabilité du sol--	42
III.8.1. Classification de Wilcox-----	42
III. 9. Faciès chimique-----	44
III.9.1. Classification des eaux-----	44
III.9.2. Classification de piper-----	44
III.10. Conclusion-----	45
Conclusion générale : -----	47

## Liste des figures

Fig. 1 : Localisation du Bassin des Zerdazas-----	3
Fig 2. Cartes des sous Bassin du côtier constantinois-----	4
Fig (I .1) : Ensembles morfo structuraux et Bassins hydrologiques de L'Est Algérien (d'après : M .cote) -----	8
Fig (I .2) La carte géologique du Bassin versant des Zerdazas d'après (jodeau, 1912) - -----	10
Fig : (I .3) Coupe Géologique schématique-----	11
Fig (II. 1) : Graphe Ombro-Thermique durant la période : (1968 – 2012) (Station de Zardezas) -----	20
Fig (II .2) : Représentation graphique du bilan hydrologique pour la période : 1986 – 2012(Station de ZARDEZAS.)-----	25
Fig (III. 1) Carte représente les points de prélèvement-----	30
Fig (III .2) : Evolution des valeurs du pH au niveau de différents points de prélèvement (Juillet 2012-Janvier2013)--- -----	32
Fig (III.3) : Evolution de la conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$ au niveau de différents points deprélèvement (Juillet 2012-Janvier2013) -----	33
Fig (III.4 ) : Evolution des teneurs du calcium aux différents points de prélèvement (Juillet 2012-Janvier2013) -----	34
Fig (III.5) : Evolution des teneurs du magnésium aux différents points de prélèvement (Juillet 2012-Janvier2013) -----	35
Fig (III.6) : Evolution des teneurs de sodium aux différents points de prélèvement (Juillet 2012-Janvier2013) -----	36
Fig (III.7) : Evolution des teneurs du potassium aux différents points de prélèvement (Juillet 2012-Janvier2013) -----	37
Fig (III.8) : Evolution des teneurs des chlorures aux différents points de prélèvement (Juillet 2012-Janvier2013) -----	38
Fig (III .9) : Evolution des teneurs des sulfates aux différents points de prélèvement (Juillet 2012-Janvier2013) -----	38
Fig (III.10) : Evolution de la teneur des bicarbonates aux différents points de prélèvement (Juillet 2012-Janvier2014) -----	39
Fig ((III. 11) : Evolution de la teneur des nitrates aux différents points de prélèvement (Juillet 2012-Janvier2013) -----	40

Fig (III .12) : Classification des eaux d'irrigation du barrage de Zerdazas selon la méthode de S. A .R D'après : Richard.1954-----	42
Fig (III.13) : Classification des eaux d'irrigation du bassin versant de Zerdazas D'après la méthode de Wilcox-----	43
Fig. (III.14): Diagramme de Piper-----	45

## Liste du tableau :

Tableau (I.1) : Les différents étages avec leurs faciès correspondant----	9
Tableau (II .1): Températures moyennes mensuelles en (c°) durant la période :(1986-2012) s .ZARDEZAS-----	15
Tableau (II. 2) : précipitation moyennes mensuelles en (mm) durant la période :(1968-2012) s .ZARDEZAS-----	17
Tableau (II. 3) : Bilan hydrologique - Station de ZARDEZAS (Période : (1986 - 2012). -----	23
Table (III.1) Méthodes utilisées pou déterminer les paramètres des eaux du surface-----	28
Tableau(III.2) : Caractéristiques des points de prélèvement-----	30
Tableau (III.3) : Teneurs moyens des éléments chimiques-----	30

## Introduction

### **INTRODUCTION:**

L'eau est la source de la vie, il y a beaucoup d'années elle a fait maître la vie sur la terre, c'est un élément qui reste de nos jours aussi, quelque chose de vital pour l'existence d'un côté et pour la société de l'autre, donc l'utilisé dans les différents domaines de la vie exemple l'agriculture, l'industrie, est l'utilisation quotidienne ex: boire, laver...

Il faut préciser aussi que le circuit de l'eau joue un rôle important, il se comporte régulièrement, à cause du climat tempéré ou méditerranéen, les précipitations sont normales, les plantes utilisent l'eau pour se développer et pour pouvoir offrir de l'oxygène à l'humanité.

L'Algérie possède pas mal des ressources naturelles de l'eau, permet ces ressources 13 barrages d'une capacité stockage de 454 millions de m<sup>3</sup> contre 70 en exploitation, aujourd'hui dont 39 réalisés ces dix dernières années comme: le trésor de l'Algérie, barrage BENI HAROUN il est considéré parmi les plus grands barrages dans toute la continent, il y a aussi barrage ZARDEZAS (SKIKDA) se situé au sud de la wilaya son volume de la retenue (77000000m<sup>3</sup>) la première étude en 1912, puis premiers travaux 1930; finalement mis en eau en 1945.

La mise en eau de cet oued dont la hauteur au-dessus du lit de l'oued est de 37,5m et le développement en crête 176m, a créé un lac de plus de 125ha emmagasinant environ 77 millions de m<sup>3</sup> utilisés par l'alimentation l'eau de Philippeville et du village d'El harrouche et pour les irrigations de la Aïne du safsaf.

Donc il faut préserver ce précieux ressource par:

Le rendement technique et commercial des réseaux ainsi que la lutte contre le gaspillage, la pollution, la lutte et la protection contre les inondations; la formation des hommes pour une maîtrise croissante des métiers de l'eau.

## Introduction

### 1. Situation géographique

La région d'étude se situe au Nord Est de l'Algérie à 345 Km à l'Est d'Alger (fig 1) ;  
Du point de vue géographique, la région de Zardezas appartient à la Wilaya de Skikda, limitée :

- à l'Ouest par la commune d'Ain Bouziane.
- à l'Est par la Wilaya de Guelma.
- au Nord par la commune de Salah Bouchaour.
- au Sud par la Wilaya de Constantine.

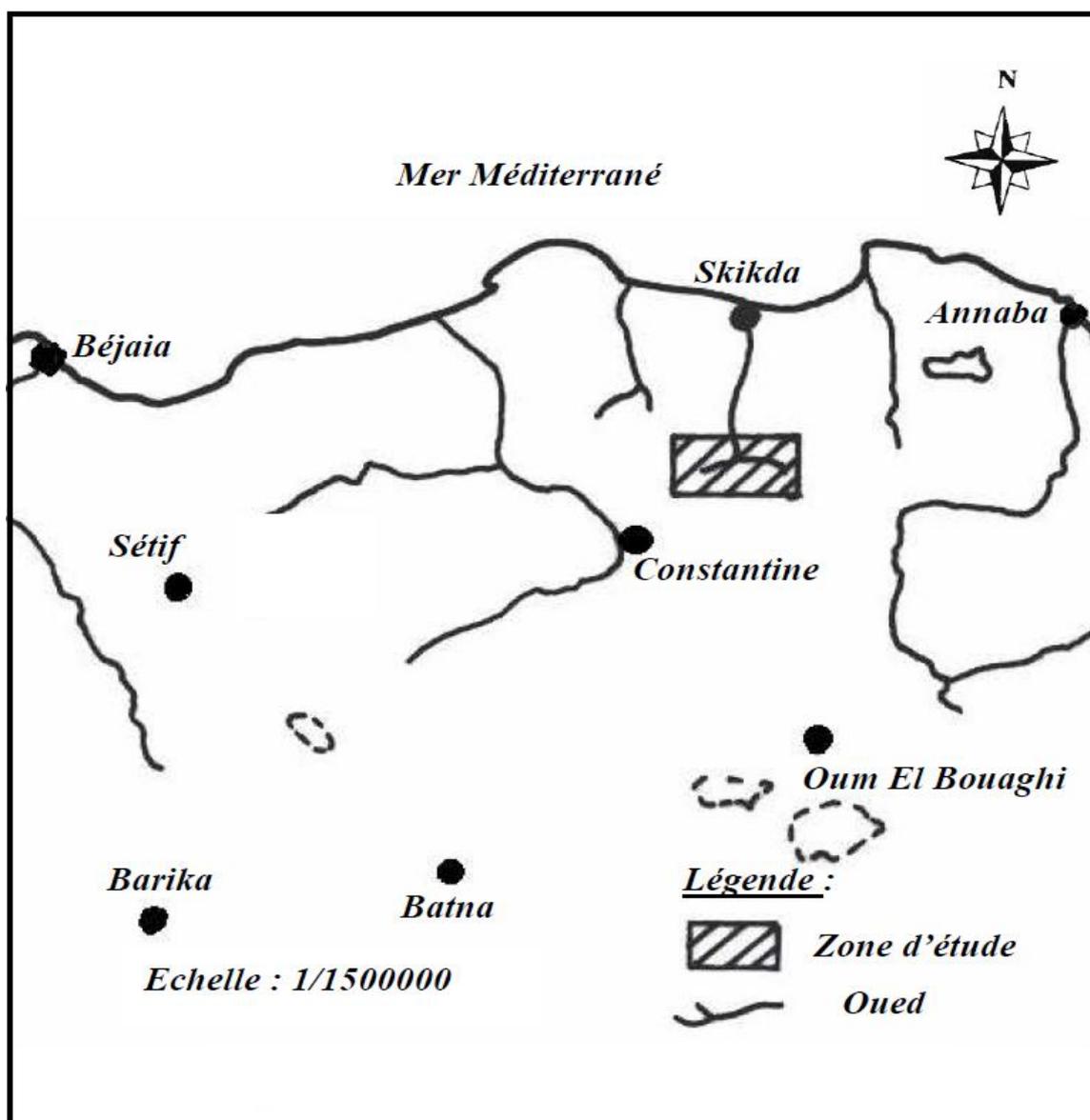


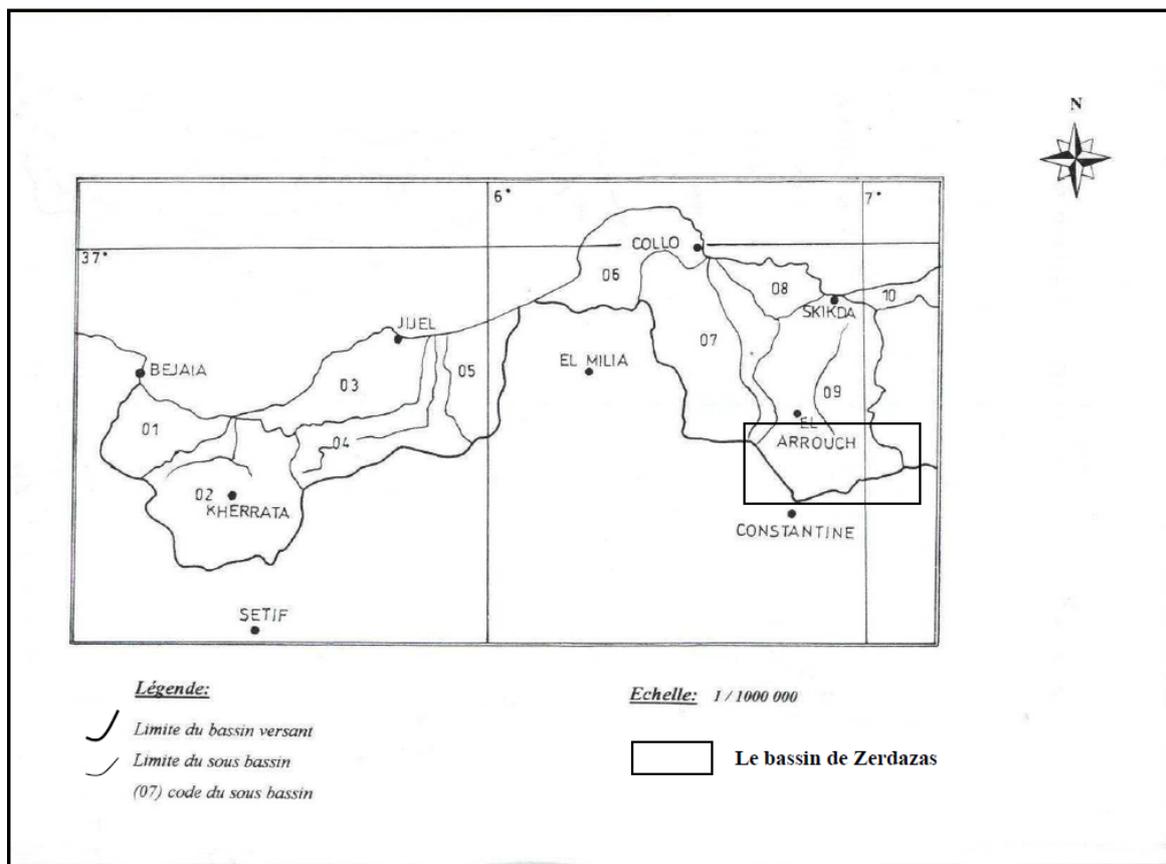
Fig. 1 : Localisation du Bassin des Zardezas

## Introduction

Le bassin versant de Zardezas fait partie des bassins côtiers Constantinois (fig .2), situé entre Les latitudes 36°20' et 36°45' Nord et les longitudes 6° 37' et 7° 15' à l'Est.

Ses limites naturelles sont les suivantes:

- au Sud : les monts de Constantine Dj Ouahch (1200m) et Dj Kef- Tasengga (880m).
- au Nord : Dj Bouabed (611m).
- à l'Est : Edough (Cap de fer) ; Dj Guettar (882m), Dj Fedseris (915m), Dj Grar (1078m) et Dj Mermera (990m).
- à l'Ouest : la petite Kabylie (massif de Collo), Dj Sesnou (704m) et Dj Rara (780m).



**Fig 2. Cartes des sous Bassin du côtier constantinois**

## **I Introduction :**

L'augmentation des exigences en eau dans la région de SKIKDA zone à vocation agricole et Industriel, s'ajoute à la demande en eau croissante pour l'alimentation de la ville de SKIKDA et des villages avoisinants.

Cette alimentation en eau pose des problèmes vu l'accroissement de la Population et l'élévation du niveau de vie, il en a un accroissement des volumes consommés et une Détérioration de sa qualité ce qui laisse penser que les ressources en eaux de bonne qualité délimitent d'avantage pour les besoins locaux.

Cette situation a encouragé les responsables de ce secteur à construire des barrages et des Retenus collinaires pour exploiter les eaux superficielles, qui restent exposés à toutes formes de pollution d'origine urbaine, industrielle ou naturelle. Pour cela ; un travail aura été effectué dans la région pour mieux connaître le comportement Hydrologique et hydro chimique des confluent de Oued SAF-SAF, sur lequel a été construit le barrage de Zerdazas depuis les années 1950.

Dans un premier lieu, nous nous penchons sur la géologie de la région qui a une influence sur la qualité de l'eau au cours de leur passage à travers les formations géologiques, et par la suite on abordera les caractéristiques morpho métriques qui ont un rôle très important dans le comportement hydrologique et chimique des eaux du bassin. La climatologie est également abordée car c'est un facteur important qui influe sur les débits et le chimisme des eaux, aussi bien de surface que souterraines. Dans un deuxième temps, on se consacrera à l'analyse hydro chimique qui a fait l'objet d'un suivi mensuel entre le mois Juin 2012 – Janvier 2013 à différents endroits du bassin versant afin d'apprécier la charge polluante de ces eaux

## I.1. Géologie régionale :

L'Algérie fait partie de l'ensemble Nord-ouest africain. Si l'on examine un schéma structural de cette zone ; deux domaines principaux sont mis en évidence.

- Un domaine méridional ; le Sahara ; où affleurent les socles précambriens du Hoggar et des Eglab ; et leur couverture phanérozoïque de la plate-forme saharienne ;
- Un domaine septentrional ; la zone atlasique ; comportant un atlas saharien au sud ; qui se prolonge à l'ouest (Maroc) par le Haut Atlas marocain et à l'est (Tunisie) par l'Atlas tunisien ; au nord ; l'Atlas tellien ; domaine varié et très complexe ayant aussi des équivalents au Maroc (le Rif et le pré-rif) et en Tunisie (Kroumirie et Nefza) cet Atlas tellien comporte une zone interne et une zone externe formés de terrains allochtones (nappes de charriage) .

Entre les deux atlas affleurent les hautes plaines qui se terminent à l'est par la chaîne du Hodna et se continuent à l'ouest par la Méséta oranaise et au-delà Atlas (Haut et Moyen Atlas) par la Méséta marocaine ; qui se noie dans l'Atlantique.

Entre les ensembles sud (plate-forme saharienne) et nord (l'ensemble atlasique) ; un énorme accident de valeur continentale est connu : l'accident sud atlasique (ASA) ; qui va d'Agadir (Maroc) jusqu'à Gâbes (Tunisie). Il passe en Algérie aux environs de Biskra ; Laghouat.

Le secteur d'étude fait partie du domaine de l'Atlas tellien ; où on distingue trois formations principales.

- ✚ Les terrains anciens ; formés essentiellement par des roches métamorphiques.
- ✚ Les formations tertiaires ; essentiellement sédimentaires.
- ✚ La formation quaternaire ; essentiellement alluvionnaires.

La zone d'étude est définie de point de vue structural du Nord au Sud par plusieurs unités ; qui sont : fig(2)

1. Domaine interne qui correspond au socle kabyle ; et à la dorsale calcaire.
2. Domaine médiane : qui correspond au domaine des flyschs.
3. Domaine externe : qui correspond aux séries telliennes.

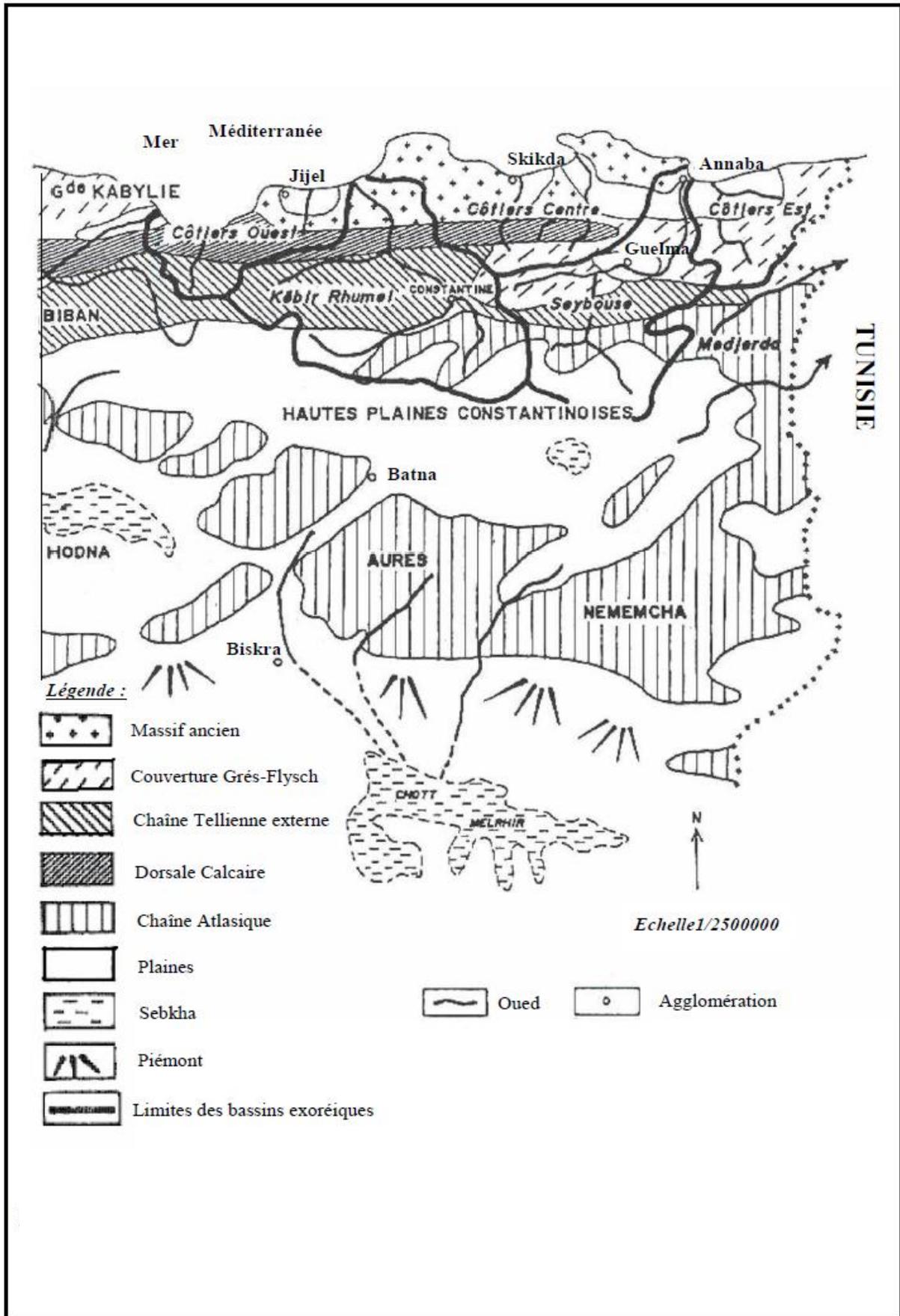


Fig (I.1) : Ensembles morpo structuraux et Bassins hydrologiques de L'Est Algérien (d'après : M. cote)

## I.2. La Géologie locale (zone d'étude) :

D'après les cartes géologiques établies par plusieurs auteurs ; J. F. Raoult (1974), J. P. Bouilloin (1977), J. M. Villa (1980), une carte lithologique au 1/500.000 a été dressée pour montrer les différentes formations géologiques affleurant dans la région. Ces formations s'étalent du Permo-Trias au Quaternaire, Tableau I.1.

**Tableau (I.1) Les différents étages avec leurs faciès correspondants**

Etage	Faciès et lithologie caractéristique
Pliocène $e_c^4$	Conglomérats Sableuses
Pontien (Miocène) $e_c^3$	Sable Argileu
Oligocène (Lattorfien) $e_b^3$	Grès et Conglomérats Numidien
Priabonien (Eocène-Sup) $e_a^3$	Marnes noires
Lutétien $e_a^2$	Grès Argileu
Yprésien (Eocène- inf) $e_{6.5}$	Marno-Calcaires
Albo-Aptien (Crétacé-inf)	Marnes des Flyschs
Albo-Aptien (Crétacé-inf)	Argiles des Flyschs
Permo-Trias	Calcaires et Dolomites
Trias	Argile Gypsifère

### I.2.1. Le Trias :

D'après la carte géologique, les terrains triasiques affleurent sous formes de diapirs, dans des régions accidentées, selon les failles et les fractures, constituent essentiellement par des roches

Gypso-argileuses, occupent principalement, le centre du bassin et la partie Ouest.

### I.2.2. Permo-Trias :

Dans notre région, l'affleurement du Permo-Trias, qui est considéré comme le terrain le plus ancien, est appelé aussi (Nummulitique I). Il est caractérisé par des formations très dures telles que,

les calcaires et des dolomites. Elles affleurent dans la partie Nord-Est, dans Dj Tahassaj. Ce sont

des formations fracturées et les failles, ce qui favorise leur Karstification.

### I.2.3. Crétacé :

Les formations crétacées ou Albo-Aptien on les appelle également les formations des Flysch. Il s'agit d'argile, de marne et de Brèches phtanites. Elles affleurent sur de faibles étendues au Sud,

à l'Est du bassin et au Sud du barrage ainsi qu'au versant Nord de Dj Sidi Driss. Ces flyschs -9+ appartient au flysch Massylien.

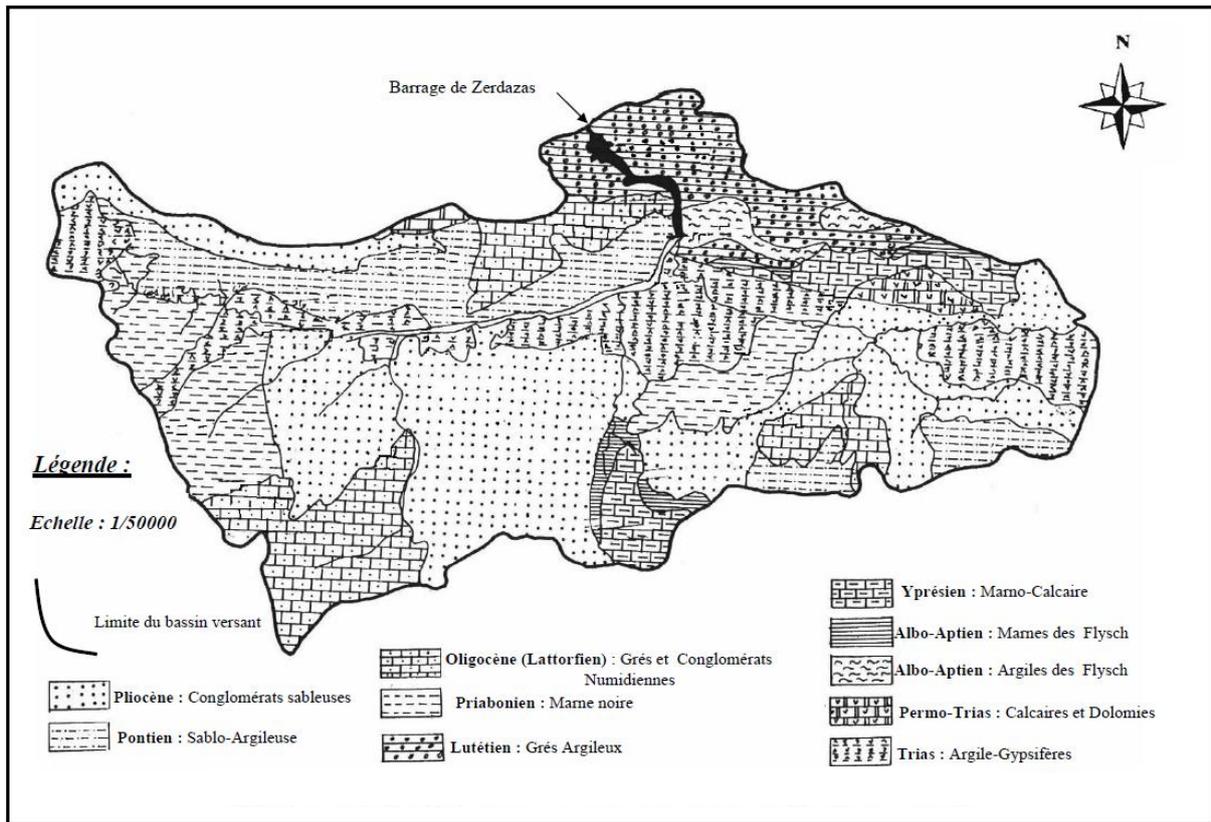


Fig (I.2) La carte géologique du Bassin versant des Zerdazas d’après (jodeau, 1912)

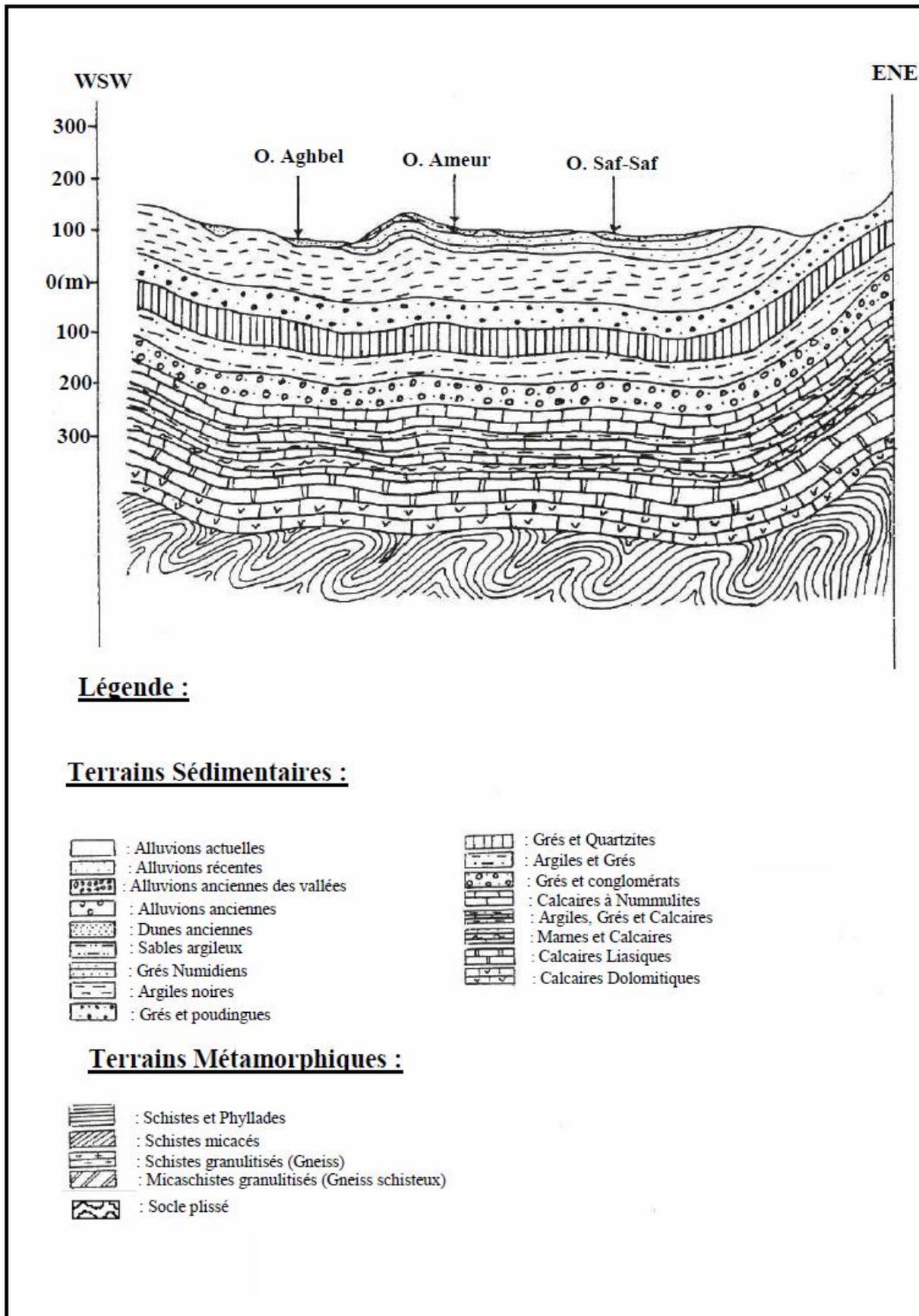


Fig : (I.3) Coupe Géologique schématique

**I.2.4. Yprésien (e6-5) :**

Cet étage appartient à la série Tellienne ou Ultratellienne, il est caractérisé par un faciès carbonaté attribué au néritique Constantinois. Ce sont des formations Marno-calcaires, affleurant

surtout au Sud de Dj Kharfome et à l'Est. Parfois l'Yprésien est constitué par des formations essentiellement Marneuses.

**I.2.5. Lutétien ea<sup>2</sup> :**

Ces faciès hétérogènes, constitués par des grés avec intercalations argileuses minces. Ce sont des formations caractérisées par une perméabilité importante, concentrés surtout au niveau du Barrage.

**I.2.6. Priabonien ea<sup>3</sup> :**

Ce sont des formations Marneuses de couleur noire, localisées à l'Est et à l'Ouest. Ce sont des formations imperméables occupant surtout les lits des oueds.

**I.2.7. Oligocène eb<sup>3</sup> :**

Cet étage est caractérisé essentiellement par la série Numidienne qui occupe les sommets des trois domaines (interne-médiane-externe). Il affleure au niveau du barrage et au Sud du bassin. Il constitue toutes les collines et il est formé par des Grés et des conglomérats de couleur jaunâtre agrainés fins, avec des lits argilo-sableux.

**I.2.8. Pontien eca<sup>3</sup> :**

Ces formations rencontrées au Sud et à l'Ouest du barrage, représentent les terrains supérieurs de la série Nummulitique de la région. Il s'agit de formations Sablo-Argileuses de couleur jaune ougris.

**I.2.9. Pliocène ec<sup>4</sup> :**

Formé par des grés poudings et des grés conglomérats, il constitue un réservoir d'une Perméabilité moyenne avec 10 à 50m d'épaisseur. On le retrouve également au niveau des lits et déterrasses.

**I .3.Conclusion:**

Notre terrain fait partie de la petite Kabylie, qui fait partie de l'ensemble géologique de l'atlas tellien.

Cette zone est caractérisée par sa complexité lithologique et structurale, et qui fait partie de la zone septentrionale de l'orogène littoral nord africain.

La région a fait l'objet de plusieurs travaux notamment de M .Roubault (1974), M.Durand delga (1996)M.g.Builin (1977) et g.M.vila 1981.

**II Introduction :**

L'hydroclimatologie est un outil indispensable pour toute l'étude hydrologique. Elle permet de définir les caractéristiques des eaux de surface, car le comportement des cours d'eau est conditionné par deux paramètres principaux qui régissent l'alimentation et le déficit. Ces paramètres sont la pluviométrie et la température. Leur étude consiste à donner un aperçu sur leur répartition dans le temps et dans l'espace, qui permet d'établir le bilan hydrique et par conséquent d'estimer le taux d'infiltration, l'évaporation, l'évapotranspiration

**II.1. La température :**

La température constitue avec les précipitations l'élément majeur qui régit le climat d'une région. Elle constitue un facteur très important qui intervient dans le calcul de l'évapotranspiration.

C'est bien évident que les contrastes importants de température (écart considérable de température) entre le jour et la nuit a un effet négatif sur le comportement des sols et des roches. En effet, les contrastes importants de température entraînent la désagrégation mécanique des roches.

L'examen des Tableaux N° 01 montre bien que la température moyenne interannuelle est de l'ordre de 19.18°C pour la station de Zardezas avec les mois de juin, juillet, août et septembre, comme mois les plus chauds (avec un maximum de température au mois de juillet :34.6.. C).

**Tableau( II .1): Températures moyennes mensuelles en (c°) durant la période :(1986-2012) s .ZARDEZAS**

Année	JAN	FAV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	Moyenne
1986	11	12,4	13,7	17,5	25,4	23,6	29,5	31,7	27,1	22,4	16	11,8	20,175
1987	11,9	12,4	13,4	18,6	19,5	25,5	29,3	32	29,7	25,1	16,7	15,3	20,783
1988	14,4	12,1	14,7	18,8	22,9	26,1	30	30	24,9	24,6	16,9	11	20,533
1989	11,8	13,4	16,8	17,7	21,4	25,9	30,7	30,3	26,1	21,3	18,3	16,4	20,842
1990	11,6	16,1	15,8	17,5	22,42	27,5	29	28,5	29,4	23,8	16,4	10,8	20,735
1991	11,7	11,3	16	15	18,5	25,4	29,7	30,6	27,7	20,9	9,5	11,2	18,958
1992	11,2	12,1	13,8	16,7	21,3	23,5	26,9	29,36	27,1	21,6	17,2	13,4	19,513
1993	11,9	10,9	14	17,6	22,2	25,3	28,6	30,4	26,3	22,2	16,1	13,1	19,883
1994	12,3	13,9	16,8	16,6	23,3	26,1	31,1	33,8	27,9	22,1	26	13,7	21,967
1995	11,4	15,4	14,9	17,1	23	16,16	29,7	29,9	22,6	22,2	17,5	15,7	19,63
1996	14,6	10,3	15,5	17,1	21,3	24,1	23,6	28,8	26,7	19,8	17,6	15,6	19,583
1997	13,3	13,1	13	16,1	22,2	27,1	27,3	28,2	24,8	21,2	16,6	13,5	19,7
1998	12,6	13,3	13,9	16,8	19,8	26,2	28,3	28,1	25,3	19,4	14,5	11,7	19,158
1999	11,8	9,8	14,8	16,8	23	26,1	27,3	30,7	27,3	23,3	14,7	12,3	19,825
2000	12,1	10	16,3	17,3	22,2	23,9	28,5	29,1	25,7	20,1	15,1	14,6	19,575
2001	13,2	12,2	18,6	16,2	19,9	26,1	28,3	28,6	24,8	23,9	15,8	11,1	19,892
2002	11,4	13,2	14,9	17,1	21,3	26,3	27,4	27,8	24,5	21,8	16,6	13,9	19,683
2003	11,6	10,9	14,6	16,6	21,1	27,9	31	30,9	24,9	22,4	16,9	12	20,067
2004	11,5	10,8	15,3	17,3	22,2	28,3	34,6	30,1	26,5	23,5	15,9	11,8	20,65
2005	12,3	10,7	14,2	17,8	23,1	17,9	28,2	28,6	23,5	22,5	16,2	10,5	18,792
2006	8,66	9,25	11,88	14,54	18,87	23,22	26,85	28,57	22,3	17,98	11,88	8,33	16,861
2007	9,56	9,23	12,58	15,32	18,83	23,33	27,65	28,84	23,85	17,56	12,88	9,98	17,468
2008	9,58	10,1	12,66	13,99	20,57	24,55	28,55	29,22	22,35	17,2	13,57	9,55	17,658
2009	8,22	10,14	12,45	14,1	21,66	22,36	28,23	27,58	21,56	18,88	13,55	10,57	17,442
2010	5,65	8,63	10,21	14,55	18,35	22,53	27,65	27,36	21,3	18,57	12,35	8,54	16,308

<b>2011</b>	6,25	8,65	10,25	13,66	17,99	21,33	26,88	27,88	21,1	17,66	11,54	9,35	16,045
<b>2012</b>	6,55	9,22	10,33	13,25	18,24	20,33	27,58	27,66	22,5	18,88	11,65	8,25	16,203
<b>Total</b>	298.07	309.52	381.36	441.61	570.53	656.61	772.39	794.57	677.76	570.83	417.92	323.97	517.928
<b>Moyenne Mensuelle</b>	11,0396	11,464	14,124	16,356	21,131	24,319	28,607	29,429	25,102	21,142	15,479	11,999	19,183
<b>Max</b>	14,6	16,1	18,6	18,8	25,4	28,3	34,6	33,8	29,7	25,1	26	16,4	21,96
<b>Min</b>	5,65	8,63	10,21	13,25	17,99	16,16	23,6	27,36	21,1	17,2	9,5	8,25	16,045

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
1968	158,7	160,1	36,6	21,6	14,3	67,95	5,5	20,2	10,4	2,2	37,8	70,7	606,05
1969	105	44	72,5	655,1	12,2	10,8	4,7	26,2	80,9	56,7	15,5	213,9	1297,5
1970	42,1	79	80,1	126,1	29,2	0,9	5,8	2,2	2	63,8	1,6	58,2	491
1971	128,2	28,1	112	44,9	41,9	2,77	5,11	11,7	54,6	162,4	52,2	42,7	686,58
1972	166,2	70,8	12,7	13,8	15	112,3	0,7	15,6	622,9	50,2	7,7	143,8	1231,7
1973	250,5	108,3	135,6	32,2	2,4	32,1	7	16,6	57,3	72,3	32,6	97,3	844,2
1974	21,98	61,5	66	71,6	27,5	0,3	13,4	21	23,4	91,7	55,4	45,3	499,08
1975	28	120,6	80,1	18,4	77,6	15	23	14,9	8,6	14,6	97,1	41,66	539,56
1976	79,6	102,7	78,1	63,2	37,6	13,6	32,6	18,6	59	123,6	133,9	25,1	767,6
1977	52,5	14,44	40,7	85,9	54,9	26,9	3,5	13,8	2,71	14,4	92,4	7,8	409,95
1978	103,5	77,1	59,5	68,3	39,1	1,11	5	17,8	4,5	35,4	98,22	25,7	535,23
1979	755,8	19,9	99,8	174,3	19	36,5	7,1	1,7	60,5	44,5	62,9	50,11	1332,11
1980	57,8	53,1	80	566,9	56,7	3,5	5,8	3,5	124,6	41,3	83,8	161,7	1238,7
1981	95,1	78,3	68,7	35,4	23	35,9	2,3	17,8	25,3	27,7	41,9	90,8	542,2
1982	103,9	844,8	130,4	67,5	30,2	9,2	2,3	4,8	24,1	179,9	192,9	19,5	1609,5
1983	22,6	37,6	49,3	22,6	23,8	44,4	2,3	5,5	38,2	42,9	81,2	52,8	423,2
1984	136,3	126,6	45,5	51,9	14,1	12,9	9,5	0,3	42,3	137,3	117,5	452,5	1146,7
1985	99,5	46,5	159	38,5	46,3	18	8	1,5	255	32,5	28,5	46	779,3
1986	118,5	42	97,5	35	8,5	1	14	3	23	110,8	140	121	714,3
1987	58,55	164,5	56,5	39	70,7	38	14,3	0,5	7	23,11	69,2	27,3	568,66
1988	777,9	69,5	37,7	44,7	42,2	12,4	5,6	0,1	44,7	1,5	71,4	204,8	1312,5
1989	56,3	51,8	35,66	57,9	3,7	20,4	2	19,7	43,1	73,6	33,7	56,9	454,76
1990	148,2	0,3	755,1	61,6	55,9	20,5	5,2	6,6	1	18,5	125,4	169,5	1367,8
1991	59,7	104,7	126,2	66,1	48,4	5,3	2,3	7,3	25,1	127,3	29,6	19,7	621,7
1992	66,1	67,6	123,5	152,2	110,2	18,1	22,8	4,9	1,7	21,5	85,1	292,7	966,4
1993	111	51,4	19	29,9	71,1	8,5	0	2,6	27,1	42,8	17,4	48,2	429
1994	129,7	242,5	557,9	94,5	59,4	1,5	0,8	3,3	25,2	76,8	22,1	1,27	1214,97
1995	278,2	24,7	17,7	27	2,9	50,2	10	10	76,5	17	39,7	48,2	602,1

<b>1996</b>	129,7	242,5	57,9	94,5	59,4	11,5	0,8	10,4	37,4	40,2	35,1	86,3	805,7
<b>1997</b>	14,9	24	80	9,3	42,2	71,2	90,8	5	52,7	24,6	44,9	51,9	511,5
<b>1998</b>	58,9	13,3	60	18,2	106,4	49,4	223,3	7	18	113,4	55,7	69	792,6
<b>1999</b>	38,7	16,2	110	30,2	8,1	40,3	63,5	15,8	140	72,8	45,2	36,2	617
<b>2000</b>	49,7	5,5	70,5	12,6	2,2	44,8	0	12,5	45,5	33,7	31,7	25,1	333,8
<b>2001</b>	39,2	20	60,6	50,8	40,3	8,9	95,5	6,4	127,7	83,6	11	72,2	616,2
<b>2002</b>	12,4	21,4	23,8	21,9	21,1	32,5	160,7	17,8	41,9	108,8	23,6	72	557,9
<b>2003</b>	34,3	30	40,5	20,3	89,9	42	38,8	10,2	224,4	114	41	116,9	802,3
<b>2004</b>	69,3	18,3	50,5	30,5	41,7	32,5	231,4	2	110,2	120,3	41,1	118,1	865,9
<b>2005</b>	4,3	14,01	50,6	30,6	33,2	40,3	55,3	2,7	115,9	137,6	41,2	119	644,71
<b>2006</b>	101,8	85,3	37,3	10,6	45,7	0	0,3	2,82	35,5	28,1	35,6	161,8	544,82
<b>2007</b>	8,35	15,1	60,2	33,66	15,4	2,3	3,5	3,5	38,9	50,3	48,56	103,5	383,27
<b>2008</b>	202,2	125,1	33,7	95,1	15,54	20,3	0	3,28	35,5	41,6	49,2	185,13	806,65
<b>2009</b>	120	150,22	47,32	96,56	35,2	3,3	0	5,8	46,2	62,3	110	88,6	765,5
<b>2010</b>	148,3	123,38	46,62	71,55	34,2	13	1,2	0,4	35,9	23,5	35,56	98,6	632,21
<b>2011</b>	145,2	135,26	41,22	61,8	12,34	11,2	4,6	8,3	38,8	43,3	36,23	62,3	600,55
<b>2012</b>	183,2	132	34,62	81,51	15,38	6,33	4,6	6,6	15,86	52,6	115,2	69,2	717,1
<b>Moyenne mensuelle</b>	123.819	90.311	91.972	78.573	36.801	23.330	26.544	8.716	65.135	63.490	59.279	92.688	760.688
<b>Moyenne Mensuelle</b>	306.103			138.704			100.404			215.457			

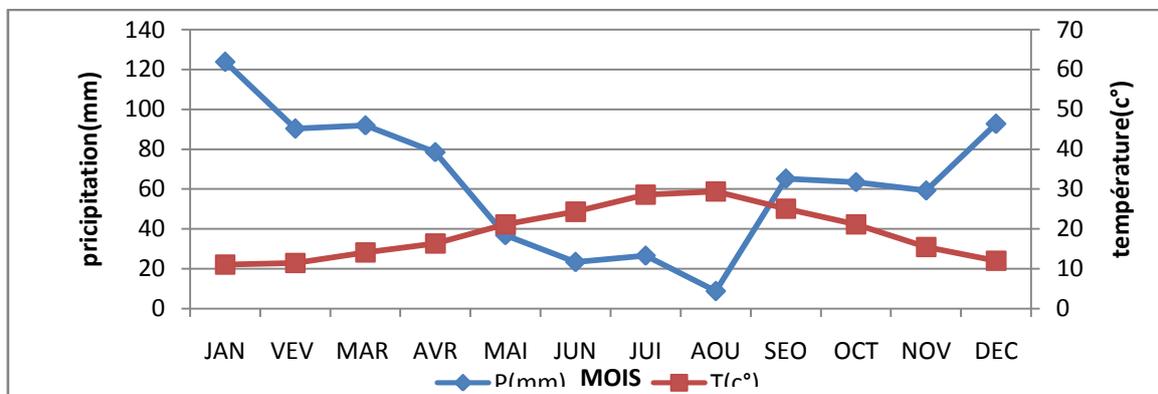
**Tableau (II. 2) : précipitation moyennes mensuelles en (mm) durant la période :(1968-2012) s .ZARDEZAS**

**II.2. Graphe ombro-thermique :**

D’après les graphes ombro-thermiques établis selon la règle de Gaussen et Bernulet on constate que :

- La courbe de précipitation se situe au dessus de la courbe thermique du mois de novembre à la fin d’avril, tandis que du début de mai jusqu’à la fin d’octobre la courbe thermique se trouve au dessus de celle de la pluviométrie.
- La période sèche s’étend du mois d’avril au mois d’octobre. Cette période s’étale sur plusieurs mois secs successifs.

Un mois sec est défini selon Gaussen et Bernulet comme celui ayant un total de précipitation égale ou inférieur au double de la température moyenne du même mois ( $P \leq 2T$ ).



**Fig( II .1) : Graphe Ombro-Thermique durant la période : 1968 - 2012**

**(Station de Zerdazas)**

**II. 3. L’aridité :**

Elle permet d’évaluer le phénomène de désagrégation, d’érosion et par conséquent de l’instabilité des sites dans la région. Cet état est exprimé par l’indice d’aridité de E.Mortonne donné par la formule :

$$I = \frac{P_{moy}}{T_{moy} + 10}$$

Avec : I : Indice d’aridité de E. Mortonne.

$P_{moy}$  : Précipitation moyenne annuelle (mm).

$T_{moy}$  : Température moyenne annuelle (°C).

Aux différentes valeurs de I, correspondent des types de climats

$I < 5$  : le climat est hyperaride.

$5 < I < 7.5$  : le climat est désertique.

$7.5 < I < 10$  : le climat est steppique.

$10 < I < 20$  : le climat est semi-aride.

$20 < I < 30$  : le climat est tempéré.

La région de Zardezas :

$$I = \frac{760.55889}{19.1825309 + 10} = 26.06$$

$I = 26.06$

Donc la région de Skikda est caractérisée par un climat tempéré.

#### II. 4. Appréciation du bilan hydrologique :

L'établissement d'un bilan hydrologique est indispensable pour l'évaluation des réserves d'eau transmises ou emmagasinées dans une région. Il est donné par la formule suivante (G. Réménieras, 1980) :

$$P = ETR + R + I + Wa$$

Avec : P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

ETR : Evapotranspiration réelle (mm).

I : Infiltration (mm).

R : Ruissellement (mm).

Wa : variation des réserves (souvent négligeable).

##### II. 4.1. Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP) :

L'évapotranspiration potentielle (ETP) correspond à l'évapotranspiration d'une surface qui serait suffisamment approvisionnée en eau pour évaporer la quantité d'eau maximale permise par les conditions climatiques. A cet effet, Thornthwaite établi une corrélation entre la température moyenne mensuelle et l'évapotranspiration potentielle mensuelle.

La formule utilisée pour le calcul d'ETP selon Thornthwaite est donnée comme suit :

$$ETP = 16 [10.T / I]^a$$

Avec : ETP : Evapotranspiration potentielle en mm.

T : Température moyenne mensuelle du mois considéré exprimé en °C.

I : Indice thermique annuel égal à la somme des indices mensuels des 12 mois de l'année.

$$I = \sum_{i=1}^{12} i \text{ Avec : } i = \left[ \frac{T}{5} \right]^{1.514}$$

$$a = 0.016.I + 0.5$$

ETPC = ETP. K Avec : ETPC : Évapotranspiration potentielle mensuelle corrigée.

K : Coefficient de correction.

D'après les données de la station de Zardezas : I = 26.06 et a = 0.92

#### II.4.2. Calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR) :

- Si les précipitations du mois (P) sont supérieures à l'évapotranspiration potentielle ETR = ETP.
- Si les précipitations du mois (P) sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle ETR =  $\sum P_i + \text{RFU}$  ; celle-ci est supposée mobilisée comme suit :
  - a) Si RFU antérieure est assez forte pour combler l'insuffisance de précipitation (P) ; ETR = ETP.
  - b) Si RFU est insuffisante pour satisfaire l'évapotranspiration potentielle, l'ETR reste inférieure à celle-ci et est égale à la somme des précipitations du mois et des RFU.

#### II.4.3. Calcul du bilan hydrologique pour la période : 1986- 2012, Station de Zardezas (Tableau II .3) :

$$I = 26.06$$

$$a = 0.92$$

$$\text{RFU} = 100 \text{ mm.}$$

#### II.4.4. Estimation du ruissellement (R) :

Selon Thornthwaite :

$$R = \frac{P^3}{3 \cdot [ETP]^2}$$

$$\text{Avec : } P = 760.55889 \text{ mm}$$

$$\text{ETP} = 915.19 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow R = \frac{(760.55889)^3}{3.[915.19]^2}$$

$$\Rightarrow R = 175.087 \text{ mm}$$

$$R (\%) = \frac{R(\text{mm}) \times 100}{P(\text{mm})}$$

$$R = \frac{175.087 * 100}{760.55889}$$

$$R = 23.021 \%$$

Donc le ruissellement représente 23.021 % des précipitations.

#### II.4.5. Calcul de l'infiltration (I) :

$$P = ETR + R + I + W_a$$

Considérons :  $W_a = 0$

$$P = ETR + R + I \Rightarrow I = P - ETR - R = E_x - R$$

$$I = 760.55889 - 520.377 - 175.087 = 240.187 - 175.087 \text{ mm}$$

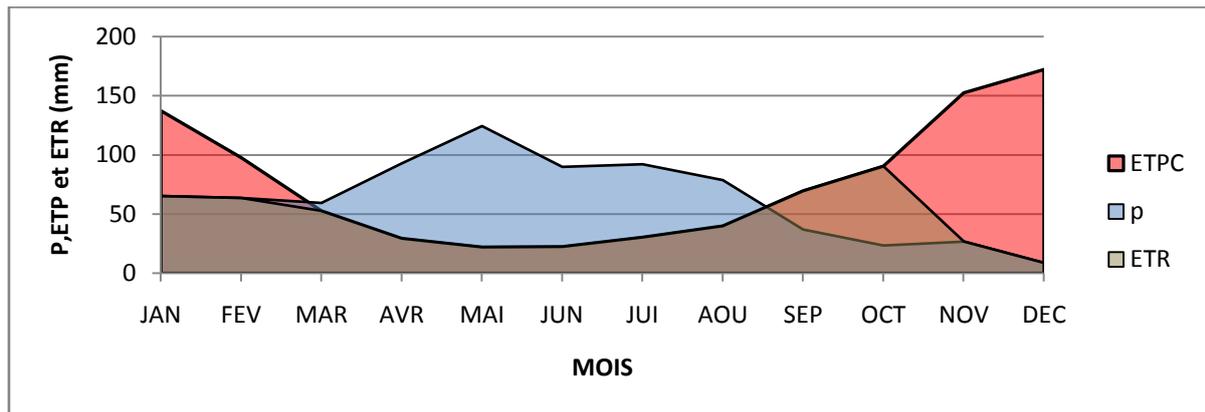
$$I = 65.01 \text{ mm.}$$

$$I (\%) = \frac{I(\text{mm}) \times 100}{P(\text{mm})}$$

**I = 8.56 %** de précipitations.

Tableau (II .3) : Bilan hydrologique - Station de ZARDEZAS (Période : 1986 - 2012).

Mois	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU
T (°C)	25,102	21,142	15,479	11,999	11,039	11,464	14,124	16,356	21,131	24,319	28,607	29,429
I	8,865	10,97	14,02	14,6	11,506	8,872	5,534	3,763	3,317	3,512	4,817	6,015
ETP (mm)	113,359	79,953	42,413	25,272	21,334	23,033	35,209	47,445	79,868	106,3	147,9	157
C	1,21	1,22	1,24	1,16	1,03	0,97	0,86	0,84	0,87	0,85	1,03	1,1
ETPC (mm)	137,165	97,543	52,592	29,316	21,974	22,342	30,28	39,854	69,485	90,34	152,3	172
P (mm)	65,135	63,49	59,28	92,7	124,26 4	89,756	91,972	78,573	36,801	23,324	26,554	8,716
P - ETPC (mm)	-72,03	- 34,053	6,688	63,384	102,29	67,414	61,692	38,719	- 32,684	- 67,016	- 125,74 6	-163,284
RFU (mm)	0	0	6,688	70,072	100	100	100	100	67,316	0,3	0	0
ETR (mm)	65,135	63,49	52,592	29,316	21,974	22,342	30,28	39,854	69,485	90,34	26,854	8,716
DA = ETPC – ETR			0	0	0	0	0	0	0	0	125,746	163,284
Ex = P – ETR	0	0	0	0	72,363	67,414	61,692	38,719	0	0	0	0



**Fig (.II .2) : Représentation graphique du bilan hydrologique pour la période : 1986 – 2012(Station de ZARDEZAS.)**

### II.5. Interprétation du bilan hydrologique :

L'examen des données récapitulées dans les tableaux précédents et les résultats donnés par les graphiques des bilans hydrologiques permet d'en déduire les résultats suivants :

- Les précipitations atteignent leur maximum au mois de décembre (période durant laquelle l'évapotranspiration potentielle (ETP) atteint son minimum). Cette dernière atteint son maximum au cours de la période sèche plus précisément au mois de juillet.
- L'allure de la courbe représentant l'ETP donne une meilleure symétrie que celle des précipitations. Ceci peut être expliqué par l'homogénéité de ETP durant l'année, qui est due au fait qu'elle est en fonction de la température suivant une loi normale, par contre les précipitations sont hasardeuses et irrégulières d'un mois à un autre ou d'une année à l'autre.
- L'excédent d'eau est enregistré du mois de novembre au mois d'avril. L'augmentation du volume d'eau durant cette période (saturation du sol) dont le pourcentage de l'infiltration au niveau de la station de Beni Haroun est de l'ordre de ...8.56 % rend l'instabilité du versant la plus grande.
- Le déficit agricole s'étend sur la période sèche de l'année où un épuisement des réserves est observé.
- La recharge du sol en eau commence à partir de la mi-octobre jusqu'à la mi-novembre. Les réserves sont saturées et les demandes pour l'irrigation sont satisfaites.

## II.6. Conclusion :

Les données hydro climatiques du bassin versant de Zardezas laissent apparaître que la région est caractérisée par un climat tempéré, marqué par des précipitations importantes. Ces précipitations jouent un rôle primordial dans l'accélération des mouvements de terrains surtout que 8.56 % des eaux de précipitations s'infiltrent dans le sous sol et atteignent les argiles marneuses à gypse et engendrent la diminution de leurs caractéristiques mécaniques ( $c$  et  $\phi$ ).

L'eau et le contraste thermique sont deux facteurs qui jouent un rôle important dans la désagrégation mécanique et chimique des roches de la région étudiée. Cette désagrégation modifie considérablement les caractéristiques mécaniques des roches. De plus, l'accumulation des eaux au niveau des surfaces de discontinuités (fissures, joints de stratification, diaclases...etc.) peut déclencher le ripage des bancs rocheux, ainsi que l'ouverture de discontinuités préexistantes.

L'infiltration est très importante, elle est de l'ordre de 65.1 mm. Elle joue un rôle très important dans l'instabilité du site, car d'une part les eaux d'infiltration saturent rapidement les terrains de couverture argileuse et lubrifient la surface de contact entre les argiles rouges quaternaires et les couches d'argiles marneuses sous jacentes plus imperméables et souvent encroûtées, ce qui favorise l'apparition de surface de glissement, d'autre part, la circulation des eaux d'infiltration le long des couloirs des grands accidents tectoniques fragilise les formations néogènes.

En effet, la circulation des eaux le long des zones de faiblesse provoque la dissolution des roches solubles (carbonates, gypse et sel) et un intense soutirage de particules solides très fines (argiles), aboutissant à la désolidarisation des éléments détritiques dans le cas des formations conglomératiques et à la création des vides dans le cas des formations argilo-marneuses gypsifères, ce qui conduit à des effondrements et/ou affaissements en profondeur, accompagnés en surface par des déplacements en masse si la topographie est favorable.

A tout cela s'ajoute le rôle du ruissellement superficiel, surtout en cas de fortes crues ce qui attaque le pied du versant et par conséquent le déclenchement de leur instabilité.

### III .Introduction :

L'étude hydrochimique a pour but d'identifier les faciès chimiques des eaux et leur potabilité, de suivre l'évolution spatiale des paramètres physico-chimiques et de déterminer leurs origines géologiques.

Le développement de la végétation sur les affleurements des massifs carbonatés. Autrement dit le sol n'est pas assez développé pour

jouer le rôle de producteur de gaz carbonique, agent principal dans le phénomène de dissolution des calcaires. Dès que l'eau de pluie pénètre dans le sol, elle se trouve en contact de différents gaz ayant une solubilité proche, tels que N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, He, CO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub> (H.Schoeller, 1959).

Les eaux commencent à dissoudre différents minéraux et roches tels que, le gypse (Ca SO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O), l'anhydrite (Ca SO<sub>4</sub>), les calcaires (CaCO<sub>3</sub>), la dolomie (Ca Mg (CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), le sel gemme (Na Cl) ; avec des coefficients de solubilité différents. Dans la zone aérée se produit une oxydation des sulfures et d'autres oxydes ferreux ou manganés. Donc, d'autres acides prennent naissance suite à ces réactions chimiques tels que: l'acide sulfurique, résultant de l'oxydation des sulfures, acide nitrique provenant de la nitrification. Ces acides jouent un rôle non négligeable à côté de l'acide carbonique résultant de la dissolution du gaz carbonique provenant de l'atmosphère ou des sols cultivables et de la matière organique, dans l'attaque chimique.

Cette étude a porté sur l'analyse et l'interprétation de 32 échantillons d'eau prélevés entre le 05 Juillet 2012 et le 20 janvier 2013 au niveau des points situés le long de Oued Saf –Saf et ses affluents, le choix de lieu de prélèvement a été fixé de manière à couvrir tout le secteur d'étude.

Les dosages des éléments chimiques ont été effectués au laboratoire de chimie des eaux de l'I.S.T de Constantine et ont porté aussi bien sur les éléments majeurs( Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup>), que les éléments mineurs( Pb<sup>++</sup>, Hg<sup>++</sup>, Sr<sup>++</sup>, et Fe<sub>Total</sub> : (Fe<sup>++</sup>, Fe<sup>+++</sup>)). Trois méthodes d'analyses ont été utilisées : Dosage Titrimétrique, Dosage Chlorométrique et Dosage par Spectrométrie d'absorption atomique. Sur terrain nous avons pris les paramètres physiques tel que : T°C, pH et la Conductivité électrique.

#### III.1. MATERIEL ET METHODES

Les prélèvements sont effectués selon une répartition et une fréquence différente d'un site à un autre, qui dépend de la nature des eaux et de type de formation géologiques, les eaux de surface sont échantillonnées en 3 stations positionnées au niveau des points : dans l'oued bou adjeb et oued khemakhem et à l'entrée de la cuvette de barrage.

Une analyse complète des éléments chimiques a été effectuée pour cette étude, les éléments majeurs( Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup>), , T°C, pH et la Conductivité électrique. Environ 32 échantillons ont été analysés au total.

Les échantillons d'eau pour chaque prélèvement ont été conservés dans deux flacons. Le premier est acidifié à un  $\text{pH} < 2$  à l'aide de l'acide nitrique pur, destiné à l'analyse des cations. Le deuxième flacon n'a subi aucun traitement et a été destiné à l'analyse des anions. On note que toutes les eaux ont été filtrées à  $45 \mu\text{m}$  à l'aide des filtres seringues stériles (SFCA). La conductivité électrique (C.E.) et le pH, ont été mesurés in situ à l'aide d'un appareil portatif type Multiline P4 de la marque WTW. La précision respective avec laquelle ont été pris ces paramètres est  $\pm 1\%$  et  $\pm 0.01$ .

Les dosages des éléments chimiques ont été effectués au laboratoire de chimie des eaux de l'I.S.T de Constantine, Trois méthodes d'analyses ont été utilisées : Dosage Titrimétrique, Dosage Chlorométrique et Dosage par Spectrométrie d'absorption atomique.

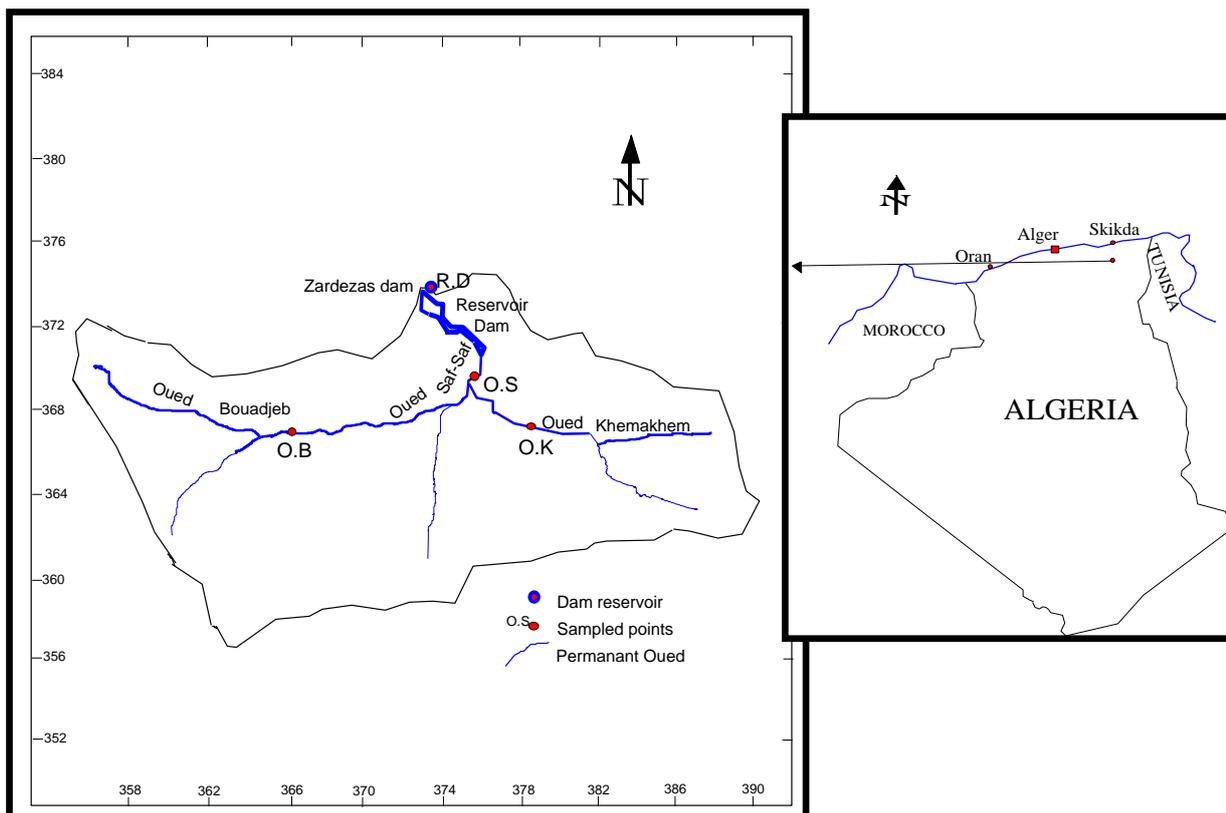
Le dosage des bicarbonates a été effectué par titrimétrie, le reste des anions par spectrophotomètre type Photolab Spectral de marque WTW alors que les cations majeurs ont été déterminés soit par absorption atomique à flamme type Perkin Elmer, 1100B soit par titrage potentiométrique.

**Table (III .1)** Méthodes utilisées pour déterminer les paramètres des eaux de surface

Parameters	Méthodes utilisées
Chloride (as Cl in mg/l)	Argentometric titration
Carbonate (as $\text{CO}_3$ in mg/l)	Titrimetry
Bicarbonate (as $\text{HCO}_3$ in mg/l)	Titrimetry
Magnesium (as Mg in mg/l) EDTA	Titration
Calcium (as Ca in mg/l) EDTA	Titration
Sodium (as Na in mg/l)	Flame photometric method
Potassium (as K in mg/l)	Flame photometric method
Sulphate (as $\text{SO}_4$ in mg/l)	Spectrophotometric method
Nitrate (as $\text{NO}_3$ in g/l)	Spectrophotometric method

**III.2. Choix et Localisation Des Stations De Prélèvement :**

Les stations de prise des échantillons pendant la période d'étude, ont été choisies au niveau de la confluence des affluents des Oueds et des points de pollution. Les stations retenues sont au nombre de trois (03) et qui ont été choisies de manière à suivre l'évolution spatio-temporelle du chimisme de l'eau de surface et par conséquent déterminer l'origine de la pollution de ces eaux. Tableau 1 et 2 et Fig ( III. 1).



**Fig (III. 1) Carte représente les points de prélèvement**

**Tableau (III. 2) : Caractéristiques des points de prélèvement**

N°	Symbole de la station	Coordonnées Lambert			Lieu de prélèvement
		X	Y	Z (m)	
01	S01	884550	367550	315	Oued khemakem
02	S02	870100	366400	310	Oued bou adjeb
03	S03	878600	371150	210	Amant du lac du barrage

**Tableau (III.3): Teneurs moyens des éléments chimiques**

	T				Ca				Cl			
	Min	Max	Moy	ET	Min	Max	Moy	ET	Min	Max	Moy	ET
O.K	6.5	23	13.42	6.41	68.13	96.19	80.70	8.64	28.4	56.8	41.92	9.56
O.B	5.5	23	15.04	7.66	96.19	147.7	116.23	25.96	53.25	88.75	53.25	11.18
O.S	7	25	17.92	6.49	60.12	72.14	65.61	4.1	17.75	49.7	30.87	9.83
	Ph				Mg				SO <sub>4</sub>			
	Min	Max	Moy	ET	Min	Max	Moy	ET	Min	Max	Moy	ET
O.K	7.1	7.6	7.37	0.21	51.33	77.31	63.98	8.12	162	175	167.1	4.72
O.B	6.9	7.7	7.6	0.21	11.69	137.3	83.43	37.67	187	239	234	15.53
O.S	7.3	7.9	7.65	0.21	43	59.28	48.98	4.57	142	182	166.23	11.35
	CE				Na				HCO <sub>3</sub>			
	Min	Max	Moy	ET	Min	Max	Moy	ET	Min	Max	Moy	ET
O.K	475.28	685.41	587.31	81.02	36.4	45.7	39.76	2.91	231.84	376.6	313.81	60.21
O.B	654.72	1215	910.47	188.55	40.8	59.9	41.6	7.18	9.32	11.98	9.32	0.69
O.S	455	622.37	546.32	57.99	28.4	36.2	30.6	2.05	197.64	257.9	235.98	19.72
	TDS				K				NO <sub>3</sub>			
	Min	Max	Moy	ET	Min	Max	Moy	ET	Min	Max	Moy	ET
O.K	450	890	573.42	232.26	8.54	11.6	10.24	1.02	0.3	0.8	0.51	0.18
O.B	510	1040	920.83	144.12	9.32	11.98	9.32	0.69	0.2	0.7	0.7	0.21
O.S	270	730	514.61	139.5	8.33	10.73	9.47	0.62	0.2	0.8	0.55	0.2

### III.3 .Etude des paramètres Physico-chimiques :

Il s'agit des paramètres facilement mesurables et utiles pour la détermination des l'états chimiques des polluants existants dans l'eau. Quatre paramètres ont été étudiés : La température (T°), le potentiel d'hydrogène (pH), la minéralisation et la conductivité électrique.

#### III.3.1. La Température :

La température est un paramètre intéressant dans l'étude des eaux. En effet, elle joue un rôle important dans la solubilité des sels dissouts et dans l'activité chimique.

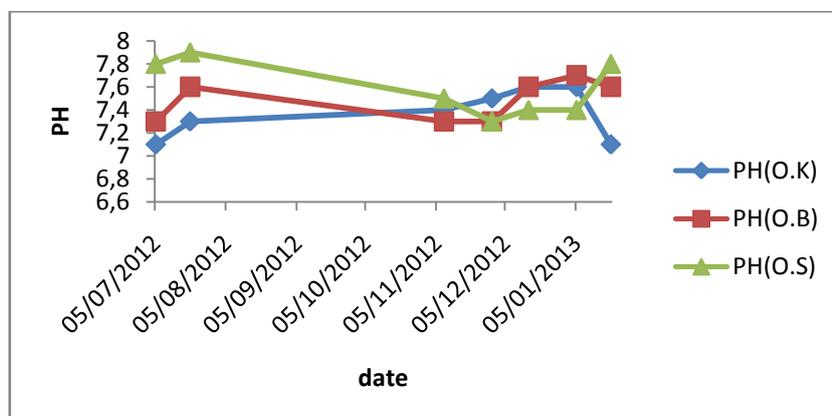
Les mesures effectuées sur terrain à l'aide d'un thermomètre à mercure gradué de -10° à 100° C, on montré que la température des eaux varie entre 5.5°C et 25°C sur l'ensemble de la zone d'étude. Cette variation est fonction de la température de l'air et des saisons Tableau.2 Suivi, pendant l'été la température varie entre 19 et 25°C alors qu'en hiver elle chute jusqu'à 5°C.

#### III.3.2. Potentiel d'Hydrogène (pH) :

Le pH de l'eau est défini par la concentration des ions (H<sup>+</sup>) contenues dans la solution. Par définition, le pH est le log décimal de l'inverse de cette concentration totale :  $pH = \text{Log} \left[ \frac{1}{H^+} \right]$

Ce paramètre qui détermine l'acidité ou l'alcalinité d'une eau naturelle est lié aux terrains traversés.

Le pH de tous les points d'eau est conforme aux normes de potabilité Tableau 2. Le pH varie entre 7.1 et 8.0. Par contre au niveau de la station (S2) au niveau de Oued Hbaba, les valeurs ont un interval de variation plus grand (6.9 à 8.0), suite aux rejets urbains des agglomérations limitrophes. fig (III.2).



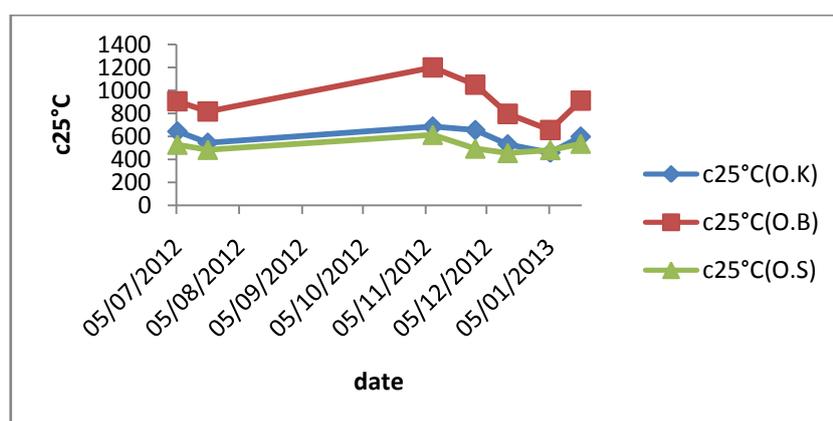
**Fig (III.2) : Evolution des valeurs du pH au niveau de différents points de prélèvement**

(Juillet 2012-Janvier2013)

**III.4. La Conductivité Electrique :**

Elle traduit la propriété qu'a l'eau de laisser passer le courant électrique. La conductivité augmente avec la concentration des ions en solution, elle permet donc une estimation de la minéralisation des eaux. La mesure de ce paramètre a été faite pour l'ensemble des points de prélèvement à l'aide d'un conductimètre et les valeurs mesurées ont été corrigées par rapport à une température standard de 20°C.

Les valeurs de ce paramètre montrent que tous les points d'eaux pendant notre campagne restent inférieures à la norme recommandée pour les eaux destinées à alimentation en eau potable ou pour les eaux d'irrigation. Les faibles valeurs ont été enregistrées pendant la période des hautes eaux, suite aux apports pluvieux qui diluent les concentrations, par contre à la période des basses eaux, les conductivités atteintes des valeurs extrêmes, pour la station S2, elle draine les terrains fortement salés liés au Trias. fig (.III3).



**Fig (III.3) : Evolution de la conductivité en µS/cm au niveau de différents points de prélèvement (Juillet 2012-Janvier2013)**

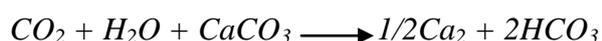
### III.5. Les éléments chimiques :

#### III.5.1. Les éléments majeurs :

##### III.5.1.1. Les cations :

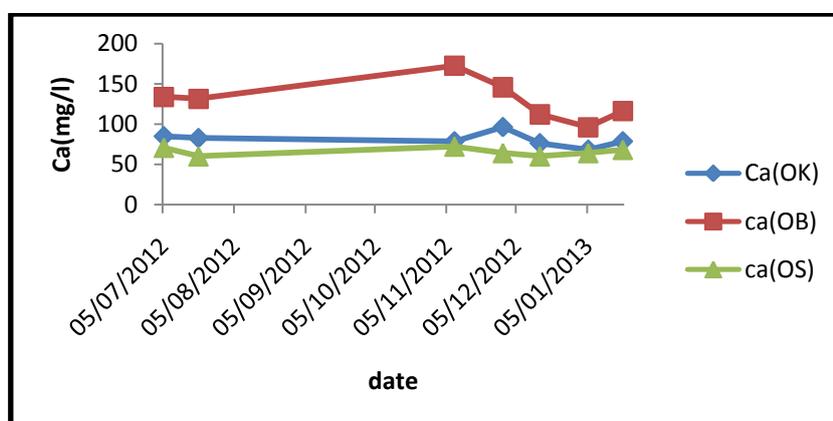
###### III. 5.1.1.1 Le calcium (Ca<sup>++</sup>) :

Il résulte de la dissolution des carbonates en présence du gaz carbonique dans l'eau. Selon le processus suivant :



Le calcium peut provenir également de la dissolution du gypse ( $CaSO_4$ )<sub>2</sub> ( $H_2O$ ). Les résultats obtenus des tous les prélèvements sur les cinq stations sont présentés sur le tableau 2.

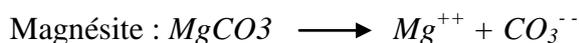
Ce tableau montre que tous les échantillons présentent des concentrations inférieures aux normes de potabilité des eaux, alors que leurs évolutions dans le temps montre une concentration en période des basses eaux suivi par un phénomène de dilution en période de hautes eaux, fig (III. 4). Ce phénomène est beaucoup plus visible au niveau de la station S2, drainent les facteurs salés du Trias. On remarque en général que l'évolution du débit se fait d'une manière inverse avec les teneurs au niveau de la station S2 car la station de jaugeage des débits se trouve juste à l'aval de cette dernière.



**Fig (III.4) : Evolution des teneurs du calcium aux différents points de prélèvement(Juillet 2012-Janvier2013)**

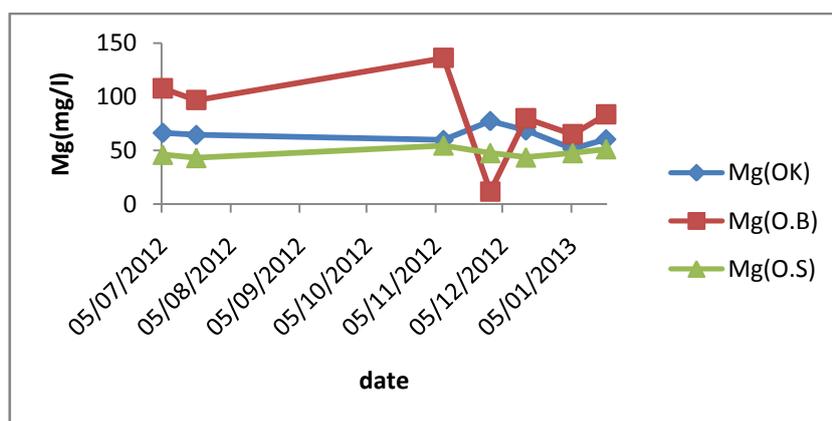
**III. 5.1.1.2.Le magnésium ( $Mg^{++}$ ) :**

La mise en solution de cet ion dans l'eau prend beaucoup de temps, il provient de la dissolution des roches magnésiennes et dolomitiques, il provient aussi des formations métamorphiques tel que les micaschistes. Le processus de dissolution se fait selon la formule suivante :



Les concentrations observées au niveau des différents points de prélèvement sont présentées dans le tableau 2.

L'évolution des teneurs de magnésium est identique à celle du calcium. Les teneurs les plus élevées sont observées au niveau de la station O2, mais elles restent toujours sous la norme de potabilité. Cette différence est due à la présence de la formation dolomitique de la station 2 Fig(III\_5).



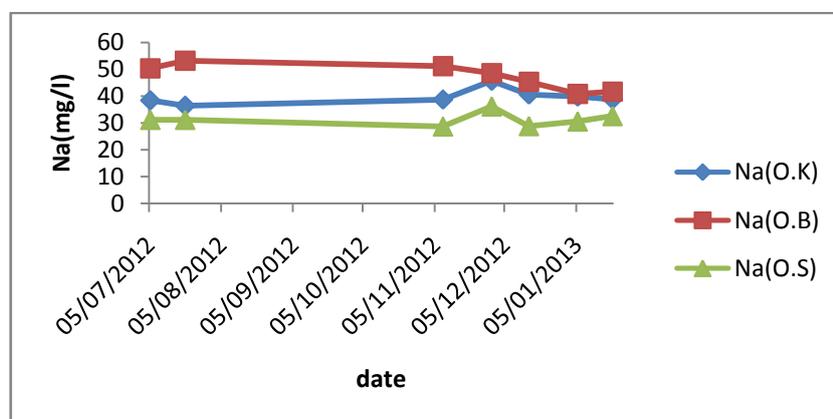
**Fig (III.5) : Evolution des teneurs du magnésium aux différents points de prélèvement (Juillet 2012-Janvier2013)**

### III. 5 1.1.3. Le sodium ( $\text{Na}^+$ ) :

Le sodium provient du lessivage des formations riches en  $\text{NaCl}$ , des formations argileuses, argilo-marneuses et des rejets des eaux usées d'origine domestique.

Pour les eaux de bonne qualité chimique, la teneur en sodium doit être inférieure à 100  $\text{mg/l}$ , l'existence de cet élément dans la région est liée à la dissolution des formations triasiques à l'amont qui peuvent contenir des évaporites. Tableau.2.

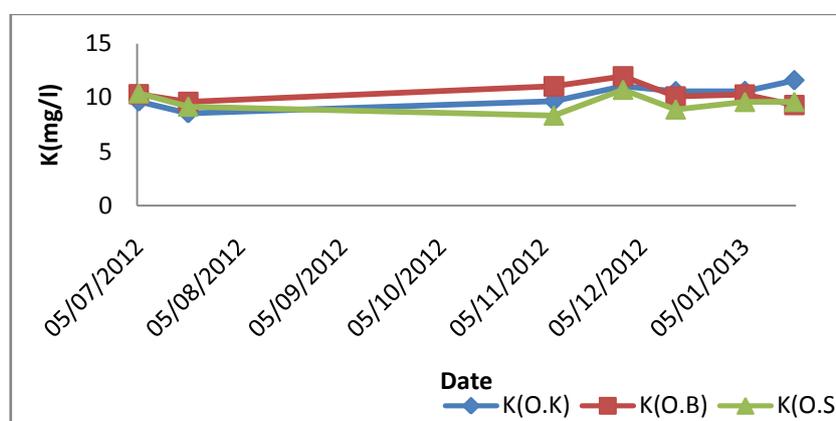
L'analyse de la fig (3.6) montre que les teneurs en sodium présentent des valeurs inférieures aux normes de potabilité., traduisant un apport pendant la période de crue. Ce ci peut être dû à des lâchés par des station de traitement. Profitant des forts débits pour dissimuler leurs rejets trop chargés. On remarque en général que l'évolution du débit se fait d'une manière inverse avec les teneurs au niveau de la station S2 car la station de jaugeage des débits se trouve juste à l'aval de cette dernière.



**Fig(III .6) : Evolution des teneurs de sodium aux différents points de prélèvement (Juillet 2012-Janvier2013)**

#### III.5.1.1.4. Le potassium ( $K^+$ ) :

Le potassium provient de l'altération des formations silicatées (gneiss, schiste), des argiles potassiques et de la dissolution des engrais chimiques (NPK). Ce minéral est caractérisé par son alcalinité et sa radioactivité. Tableau 2.



**Fig (III.7) : Evolution des teneurs du potassium aux différents points de prélèvement (Juillet 2012-Janvier2013)**

Les concentrations observées au niveau des tous les points de prélèvement montrent des teneurs inférieures aux normes, mais nous constatons que les valeurs sont relativement proches, sauf au niveau de la station de traitement qui présente des valeurs moins élevées, probablement à cause de traitement que les eaux ont subi. On remarque en général que l'évolution du débit se fait d'une manière inverse avec les teneurs au niveau de la station S2 .

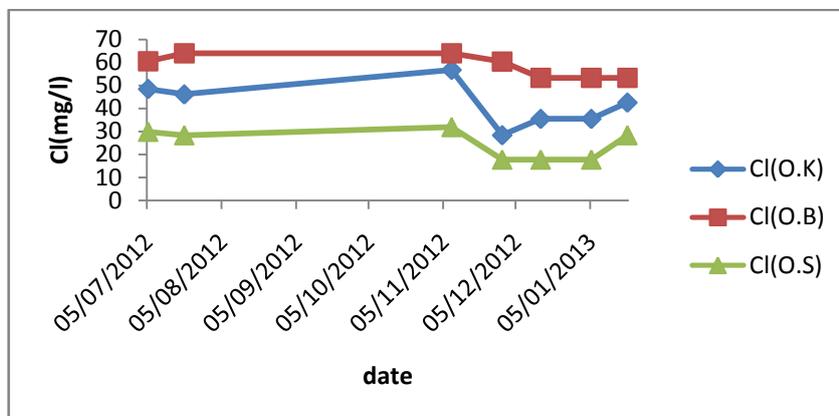
### III .5. 1.2. Les anions :

#### III.5.1.2.1. Les chlorures ( $Cl^-$ ) :

La teneur en chlorure augmente généralement avec le degré de minéralisation d'une eau. Généralement les chlorures rencontrés dans les eaux proviennent essentiellement de la dissolution des sels naturels par le lessivage des terrains salés, de l'utilisation des engrais et les rejets des eaux d'origine industrielle et domestique. Tableau2.

Les résultats d'analyse montrent que toutes les teneurs sont très inférieures à la norme de l'OMS. Dans la majorité des cas les valeurs sont inférieures à 100mg/l, Fig (III.8). On assiste à une concentration pendant la période de basses eaux et une dilution pendant la période des hautes eaux. On remarque également ici que la station S2 se démarque des restes des stations.

On remarque en général que l'évolution du débit se fait d'une manière inverse avec les teneurs au niveau de la station S2 car la station de jaugeage des débits se trouve juste à l'aval de cette dernière.

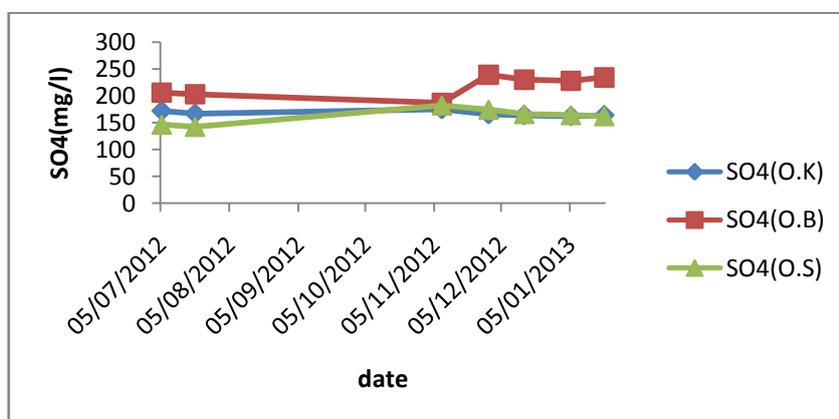


**Fig (III.8) : Evolution des teneurs des chlorures aux différents points de prélèvement (juillet 2012-Janvier2013)**

**III.5.1.2.2.Les sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) :**

Les sulfates sont toujours présents dans les eaux naturelles en proportion très variable. L'eau de pluie peut en fournir des quantités importantes par oxydation dans l'atmosphère de l'anhydrite sulfureuse lors de la combustion du charbon et du pétrole, ou par le lessivage des terrains argileux et marneux. Les concentrations observées sont indiquées dans le tableau 2.

Les concentrations observées montrent des teneurs inférieures aux normes de l'OMS, alors que les valeurs des teneurs au niveau de la station S2 montre des valeurs supérieures à celles des stations avales suite a des phénomènes de dilutions. Fig Fig (III.9). On remarque en général que l'évolution du débit se fait d'une manière inverse avec les teneurs au niveau de la station S2 .



**Fig (III.9) : Evolution des teneurs des sulfates aux différents points de prélèvement (juillet 2012-Janvier2013)**

### III .5. 1.2.3. Les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) :

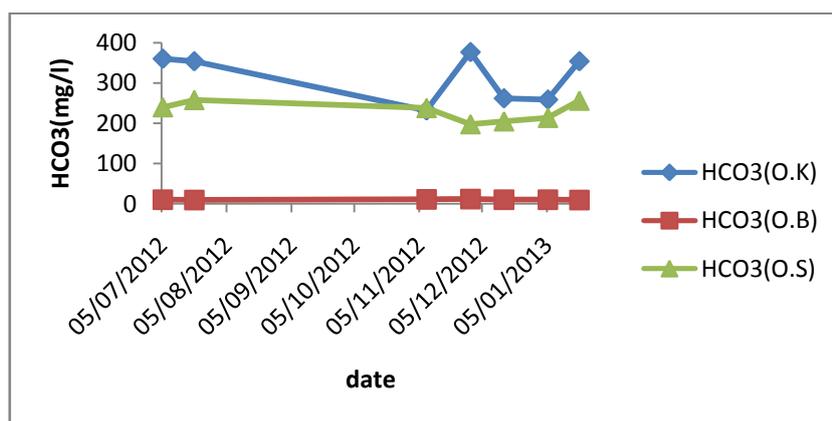
Les bicarbonates résultent de l'équilibre physico-chimique entre la roche, l'eau et le gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ), selon l'équation générale :



La concentration des eaux en  $\text{HCO}_3^-$  est fonction de la lithologie des terrains traversés (calcaire, dolomite), du pH de l'eau, de la tension de  $\text{CO}_2$  et de la température de l'eau.

Les concentrations observées sont indiquées dans le tableau 2.

Les plus grandes valeurs sont enregistrées au niveau de la station S2 (494mg/l). En période de basses eaux, ces valeurs sont plus fortes et deviennent de plus en plus faibles lorsqu'on se rapproche de la cuvette, suite à une dilution, Fig (III .10)



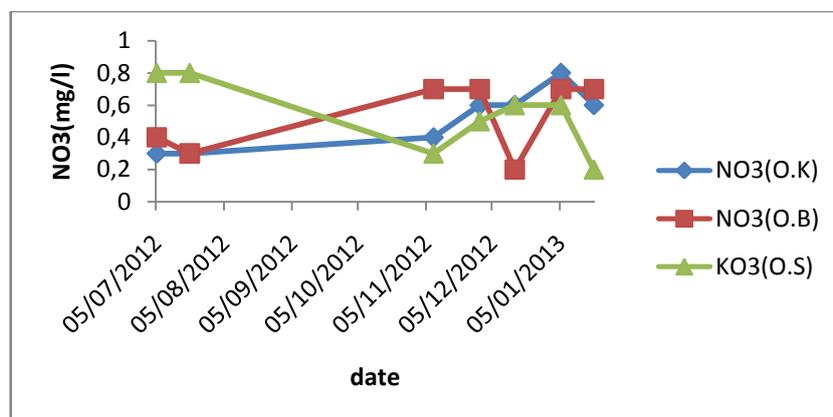
**Fig (III.10) : Evolution de la teneur des bicarbonates aux différents points de prélèvement (juillet 2012-Janvier2014)**

On remarque que la station S2 se démarque toujours du reste des stations. On remarque en général que l'évolution du débit se fait d'une manière inverse avec les teneurs au niveau de la station S2.

#### III.5.1.2.4. Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) :

Les nitrates sont des ions naturels présents partout dans l'environnement. Ils sont le produit de l'oxydation de l'azote (qui représente 78% de l'atmosphère) par les microorganismes dans les plantes.

Le nitrate est la forme oxydée de l'azote qui est la plus stable, mais il peut être réduit en nitrite, modérément réactif, par action microbienne. Le nitrate étant un sel très soluble dans l'eau, très mobile dans le sol ; pénètre dans la nappe phréatique lorsque sa quantité dépasse ce que les plantes peuvent utiliser. Les résultats des analyses des nitrates sont mentionnés au tableau 2.



**Fig (III.11) : Evolution de la teneur des nitrates aux différents points de prélèvement (Juillet 2012-Janvier2013)**

Les plus fortes concentrations sont enregistrées au niveau des stations S2. En période des hautes eaux, ces concentrations deviennent plus fortes lorsqu'on se rapproche de la cuvette, suite à une concentration le long de l'écoulement. L'évolution de ces teneurs est représentée dans la fig (III.11). Contrairement aux éléments précédents la réunion d'une grande masse d'eau véhicule une quantité plus importante en éléments azotes ( $\text{NO}_3^-$ ).

#### III. 6.Aptitude des eaux à l'irrigation:

Etant donné que la région est à vocation agricole, la majeure partie de la zone du bassin est occupée par les cultures maraîchères, de ce fait une étude chimique détaillée des eaux pour l'irrigation s'avère nécessaire pour mettre en évidence le danger que présentent certains éléments chimiques pour les plantes et le sol. Les normes de qualité de l'eau destinée à l'irrigation tiennent compte des caractères chimiques de l'eau, en particulier sa salinité, de la nature des cations mais également de la nature des cultures, du type de sol, du climat, de la méthode d'irrigation et les propriétés du drainage du sol.

### **III.7. Risque de sodicité et de salinité : Diagramme du SAR :**

Le danger que représentent les concentrations élevées en éléments chimiques tel que le Sodium ( $\text{Na}^{++}$ ), implique une étude de l'évolution de la minéralisation de l'eau pour l'irrigation.

Le principe consiste à une représentation graphique qui met en évidence les valeurs de la conductivité en fonction du S.A.R.

Le SAR est définie comme étant une mesure de pouvoir de remplacement des ions  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  par la Sodium ( $\text{Na}^+$ ) dans les argiles et les colloïdes. En effet, pour un SAR donné, la vitesse d'infiltration augmente au fur et à mesure que la salinité de l'eau augmente, il peut être estimé par la relation de RICHARD (1954) :

$$S.A.R = \frac{Na}{\sqrt{\frac{(Ca + Mg)}{2}}}$$

Où :

Na : la concentration de  $\text{Na}^+$  en méq/l ;

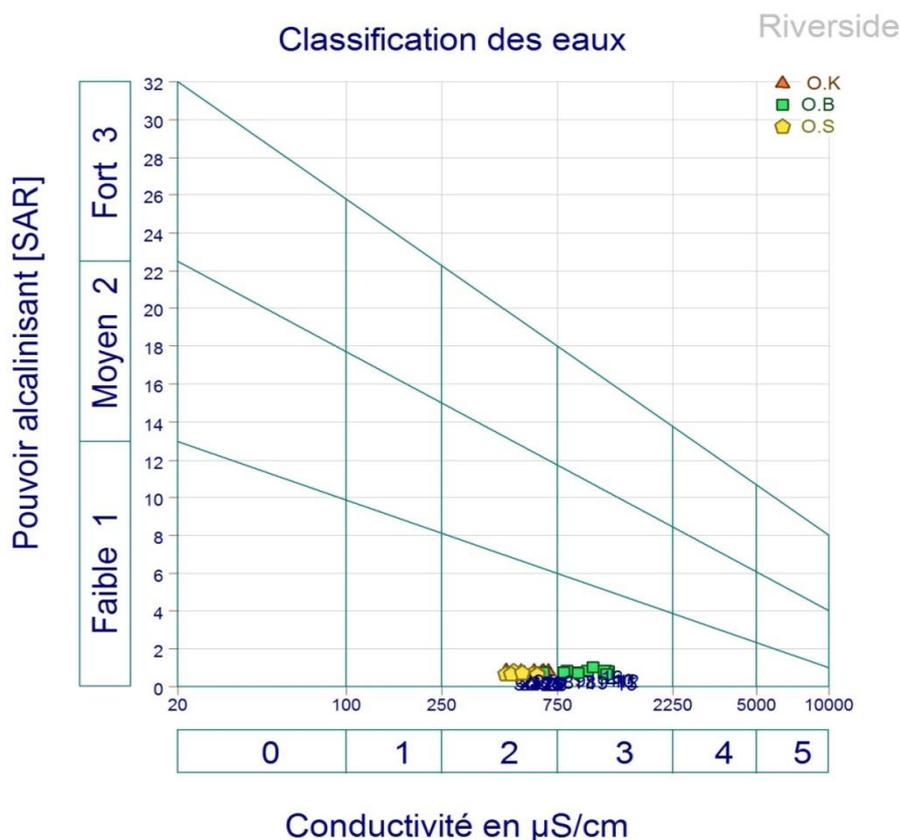
Ca : la concentration de  $\text{Ca}^{++}$  en méq/l ;

Mg : la concentration de  $\text{Mg}^{++}$  en méq/l ;

Les valeurs sont portées sur le tableau (3.2)

La combinaison du SAR et de la conductivité électrique de l'eau permet de faire une classification de l'eau destinée à l'irrigation.

Après avoir reporté des différentes valeurs sur le graphe Fig (III.12) ; nous remarquons que les eaux du bassin versant de Zerdazas présentent en général un degré de salinité faible ( $C_2$  et  $C_3$ ). Les eaux d'oued Hbaba (S2), présente des valeurs élevées par rapport aux autres points avec des valeurs qui dépassent les  $750 \mu \text{S}/\text{Cm}$ , mais à l'aval du bassin, les conductivités deviennent de plus en plus faibles avec un degré d'alcalinisation faible (S1).



**Fig (III .12) : Classification des eaux d’irrigation du barrage de Zerdazas selon la méthode de S. A .R D’après : Richard.1954**

### **III .8.Influence de la sodicité et de la salinité de l’eau sur la perméabilité du sol :**

#### **III.8.1. Classification de Wilcox :**

En milieu salé, la conduite de l’irrigation est fortement influencée par la perméabilité du sol. Dans un sol salé imprégné de Na Cl, la perméabilité reste bonne tant que la solution saline percolant présente une charge élevée en électrolytes. Cette charge maintient les argiles flocculées. Maintenant, si l’eau d’irrigation est chargée en sodium, le nombre d’ions  $\text{Na}^+$  combiné avec le sol, augmente, cependant une quantité équivalente en cations et essentiellement en  $\text{Ca}^{++}$  est déplacée. On assiste à une dégradation de la structure, avec un gonflement des argiles,

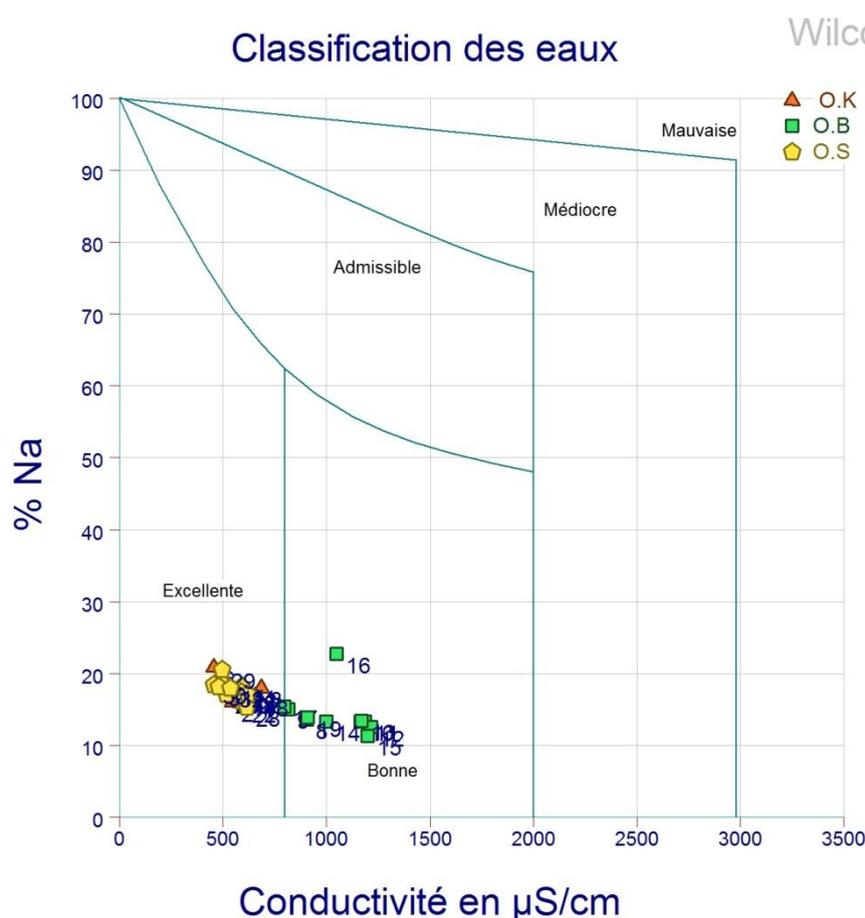
ce qui entraîne une imperméabilisation du milieu. Le processus de dessalement et de drainage risque alors d’être stoppé. Dans le cas où le calcium est dominant, l’échange de base se fait dans le sens inverse créant ainsi un sol flocculé et plus perméable. L’apport de  $\text{Ca SO}_4$  au sol peut par l’échange de base, améliorer la texture du sol ainsi que son drainage.

Cette classification basée sur la conductivité, et le pourcentage du Sodium ( $\text{Na}^+$ ) soluble est définie par la formule suivante.

$$Na(\%) = \frac{(Na + k).100}{Ca + Mg + (Na + K)}$$

Tout les éléments sont exprimés en méq/l, cette formule nous donne la charge du sodium ( $Na^+$ ) dans l'eau d'irrigation ; puisque si le nombre de  $Na^+$  combiné avec le sol augmente on aura une dégradation de la structure avec gonflement des argiles se qui rend le milieu imperméable. L'augmentation de la charge de  $Na^+$  influence négativement le développement des plantes. Le diagramme de Wilcox est une représentation graphique du pourcentage du Sodium (%Na) en fonction de la conductivité électrique ; permettant de déterminer le risque de salinité des eaux.

D'après le digramme de Wilcox fig (3.12), on constate que la majorité des eaux du bassin sont Excellentes pour l'irrigation, avec un pourcentage de Sodium ne dépasse pas les 30%.



**Fig (III.13) : Classification des eaux d'irrigation du bassin versant de Zerdazas d'après la méthode de Wilcox**

### III. 9. Faciès chimique

#### III.9.1. Classification des eaux:

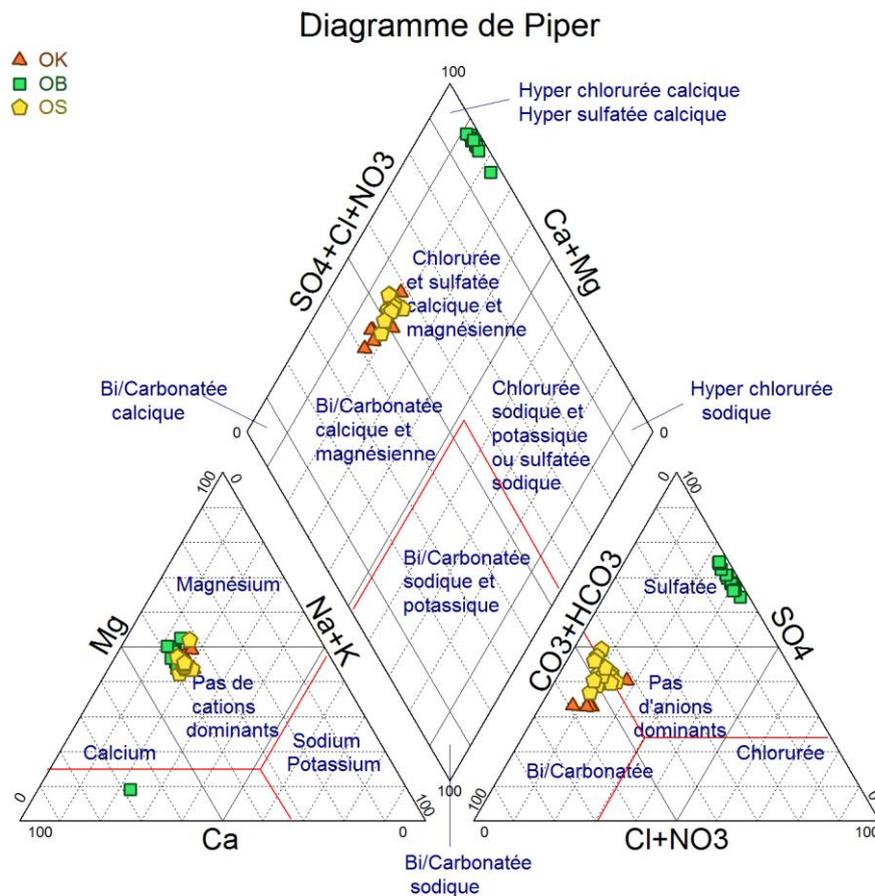
#### III.9.2. Classification de Piper:

Le diagramme de Piper permet d'établir une classification simple qui différencie les faciès chimiques des eaux.

La représentation des données sur le diagramme de Piper, montre que l'ensemble des points pour les stations (O.K) et (O.S) se positionnent entre les deux pôles Chlorurée sulfaté calcique magnésiennes, et Bicarbonaté calcique et magnésienne (Figure 3.14). alors que les échantillons de station (O.B) montre une faciès Chlorurée Calcique.

L'examen de cette figure permet de voir que le quasi totalité des échantillons prélevés a un faciès bicarbonaté magnésien à calcique rarement sulfaté magnésien. Ces échantillons correspondent à la période de crue.

Les faciès dominants sont en liaison directe avec la géologie qui laisse affleurer des formations carbonatées telles que les calcaires, les dolomies d'âge Crétacé de la plate forme néritique constantinoise, par contre les faciès sulfaté ne représentent qu'un faible pourcentage à cause des eaux de pluie par l'effet d'oxydation dans l'atmosphère de l'anhydrite sulfureuse lors de la combustion du charbon et du pétrole, ou par le lessivage des terrains argileux et marneux gypsifères.



**Fig (III.14) : Diagramme de Piper**

**III.10.Conclusion :**

Cette étude nous a permis de montrer l'évolution spatiale et temporaire des éléments chimiques des eaux de surface du bassin versant de Zerdaz : les teneurs de ces éléments restent au-dessus des normes admissibles fixées par l'OMS

Pour l'irrigation, les eaux du barrage sont des eaux de bonne qualité et ne présentent aucun risque sur les cultures.

## ***Conclusion générale***

---

### **Conclusion générale :**

Au cours de cette étude, nous avons contribué à l'analyse des risques de pollution dans le bassin versant qui alimente la cuvette du barrage de Zerdzas. Ce bassin fait partie des bassins côtiers Constantinois, c'est l'une des régions les plus arrosées d'Algérie, qui se trouve dans les zones hydrologiques des montagnes plissées du littoral.

La géologie de la région est très diversifiée avec une lithologie très hétérogène grâce à sa position, dans l'Atlas Tellien du Tell oriental (Kabylie de Collo). Cette zone est caractérisée par sa complexité litho-structural, dont les formations les plus anciennes sont d'âge Permo-Trias et les plus récents sont d'âge Quaternaire. La lithologie dominante est représentée par des calcaires, des marnes, des grés et des argiles, ce qui nous permet de dire que les terrains perméables représentent 27% et les terrains imperméables 73%. Donc le ruissellement est supérieur par rapport à l'infiltration.

L'étude géomorphologique a montré que le bassin versant du barrage de Zerdzas est caractérisé par une morphologie variée, avec une superficie de l'ordre  $340\text{Km}^2$  et un périmètre de l'ordre de  $94\text{Km}$ , de forme allongée. On note que le talweg principal a  $33,50\text{ Km}$  de longueur avec un chevelu hydrographique très dense et un écoulement temporaire.

L'étude hydroclimatologique montre que la région de Zerdzas est l'une des régions les plus arrosées d'Algérie avec un climat Sub-Humide selon De MARTONNE avec un indice d'aridité de l'ordre de 26.06. Du point de vue climatique la région est caractérisée par :

Une précipitation moyenne annuelle de  $776.558899\text{mm}$  ;

Une température moyenne annuelle de  $19.18^\circ\text{C}$ , et la saison pluvieuse va de la mi-Octobre jusqu'au mois d'Avril, l'été est sec et chaud et s'étend du mois de Juin au mois de Septembre.

Le bilan hydrologique selon la méthode de THORNTHWAITE montre que l'évapotranspiration réelle annuelle est de l'ordre de  $464\text{mm}$ .

Le ruissellement est de l'ordre de  $157.087\text{mm}$  et l'infiltration plus faible soit  $65.01\text{mm}$ , ce qui totalise un excédent de 30% des précipitations. Il faut noter également que le bassin versant est formé en grande partie par des terrains imperméables.

Le déficit agricole commence à partir du mois de Juillet et s'étale jusqu'au mois d'Octobre, ce qui nécessite une irrigation.

La RFU atteint son maximum entre les mois de Décembre et Avril, mais à partir du mois d'Avril elle commence à baisser suite à un épuisement de stock.

## ***Conclusion générale***

---

Le suivi hydrochimique des eaux du bassin versant du barrage de Zardezas au cours d'un demi cycle hydrologique a permis de donner un aperçu sur la qualité de ces eaux.

Les apports extérieurs représentés par les eaux météoriques peu minéralisées alimentent le ruissellement. Une dilution des éléments chimiques proportionnelle à l'intensité et à la durée des précipitations, malgré le parcours des eaux au cours de leurs écoulement, les eaux

du bassin versant restent toujours faiblement chargées avec une minéralisation totale inférieure à  $1200\text{mg/L}$ . le faciès est chloré –sodique, cependant pour mettre en évidence les liens qui existent entre les éléments eux mêmes,

Les résultats obtenus nous ont permis de dire que les eaux du bassin versant de Zardezas sont aptes à être utilisées pour l'agriculture mais non potable pour l'AEP à cause de l'existence de quelques minéraux nocifs et dangereux pour la santé tel que le mercure et le plomb. Pour remédier à cette catastrophe naturelle, il faut traiter ces éléments au niveau de la station d'épuration pour éliminer ou au moins abaisser le taux de ces éléments dans les eaux destinées à l'AEP.

## BIBLIOGRAPHIE

**ABH-CSM (1999-2000).** Les cahiers de l'Agence. Agence de bassin hydrographique constantinois, Seybouse-Mellegue, Constantine le bassin de la Seybouse Revu. Science de la terre. Constantine, no1, 35p.

**BENGUEDACHE M, (1999) :** la région hydrographique constantinoise, Seybouse-Mellegue. Journées d'information et d'étude, la protection des eaux du littoral de l'Est algérien, A.B.H.- C.S.M, Constantine, 16-17 nov.1999.

**BENHAMZA.M, NOUAAURIA.Y et ZENATI. N (1994).** Ressources en eaux dans l'extrême NORD-EST Algérien, Synthèse et analyse des données. Revu. Science de la terre. Constantine.

**BOUGUERNE.A (2001).** Etude comparative par analyse hydrologique et hydrochimique des eaux du surface des bassins versants de l'oud Boussalem et l'oud Rhumel. Mémoire de Magistère .Université de BATNA.

**David.L, (1956).**Etude des monts de la haute Medjerda. Publication du service de la carte géologique de l'Algérie. Bulletin No11.Alger, 1956.

**DUROZOY G. (1952).** Eléments de technologie des barrages algériens : Le barrage des Zerdazas. Etude prélim. ; XIX congr. Géol. intern .Alger, T.I, pp. 236-250.

**ERFOUCHI M. S. (1981).** Approche hydroclimatique, ressources en eau et aménagement dans la wilaya de Skikda, Mém. D.E.A. Université Nancy II, 62p.

**PHILPEAU.G (1986).** Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales, Institut Technique des Céréales et des fourrages. Paris.

**RODIER.J (1978).** L'analyse de l'eau, éditions, Dunod, Paris.

**SELTSER.P (1946).** Climat de l'Algérie. O.N.M ALGERIE.

**MR .D- JEBBAR (2004-2005),** contribution a l'étude hydrogéologique de l'aquifère cotier de la plaine de SKIKDA, p5, p14.

**MR.MEDJERAB AYMEN (2013),** étude hydrogéologique de la zone industrielle de SKIKDA p55, p56.

Faculte des sciences de la terre.COSTANTINE.

**MEBARKI A, et BENCHEIKH-LEHOCINE. M, (1997) :** sources et charges de pollution dans le bassin du Kébir-Rhumel (Algérie orientale).élément d'étude pour la protection des ressources en eau, Rhumal, Revu. Institut Science de la terre. Constantine, n.o5, p, 33-52.