

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'étude hydrologique du bassin  
versant du barrage du Zerdezas .W Skikda

**Préparé par :**

**Cherkhak Chahra  
Mebarki Aicha  
Layadi Nour Elhouda  
Khellaf Wafia**

**Dérigé par :**

**Mr : Kemoukh Sami**

**Année universitaire : 2013/2014**

## *Remerciement*

*Au terme de la rédaction de ce mémoire ; Nous ne manquons pas d'adresser nous s'incérons remerciements à notre Dieu, qui a éclairé nous itinéraires du savoir. Il m'est également agréable de remercier aussi toutes les personnes qui ont contribué à son élaboration :*

*Monsieur Kamoukh Sami le chef département de sciences et Technique de centre universitaire de Mila nous avoir encadré et suivi nous travail avec sa rigueur scientifique, ses conseils ainsi que sa gentillesse qui nous permissions de mener à bien ce travail ;*

*Nous exprimons également nous profond remerciement à nous enseignants du département d'Hydraulique de centre universitaire de Mila : Monsieur Kabour pour leurs aides.*

*Mes remerciements les plus s'insèrent à tous :*

*Les anciens enseignants de l'Institut des Sciences de la Terre de l'Université de Constantine « Zewaghi » : Monsieur Chennaaf abd alkrim de gestion et Monsieur Soubhi le chef département de la hydrochimie ;*

*En fin je saisis l'occasion de remercier tous les membres qui ont bien voulu en faire partie.*

## *Dédicace :*

Merci Allah (mon dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la  
force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur  
de lever mes mains vers le ciel et de dire

" Ya Kayoum "

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est  
sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère Ratiba

A mon père Abdellah,

Amon grand père : Ahmed et El madani

Amon grand mère : Djennet

A la défunte de grand-mère : Rebaya

A mes sœur : Afef ,Hannaà , et Ibtissem et lui marie Abdelrahman

Et les fleures de la famille : Selsabile ,Ayet Elrahman , Yahya

A mon frère : Seifeldin

A mes amies : Aicha, Nourelhouda ,Djouhra , Bouchra , Ahlam ,et Halima , Sonia , Najea ,

Ilhame, Wafia et Iman.

A ceux qui me sont chères et j'aime. : Samir.

## *Chakra*

## *Dédicace :*

Merci Allah (mon dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire  
" Ya Kayoum "

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère Rokia .A mon père Lakhdar,  
A mes adorables sœurs :Nadia ,Ferouze,Ismahan,

A mes frères : Farouke et sa femmeWidade,Chrife et sa femmeAdra,Omar et sa femmeHouda,AbdElghani,Ali, Toutik.

A tous ceux qui ma chères :Lhadj et sa femmeSamouna et son enfant  
Hayder,Islam,Rahma,Imane

Les oiseaux de la famille Mebarki : Bilal,Chayma, Abdraouf,Mohamed, Djomana.

A mes amies :Chahra,Houda ,Djawhara,Bouchra,Ahlam,Sonia,Halima,Nadjia,Wafia,Imanet  
Ilhame.

A tous ceux qui ma chères

A ceux que j'aime :sami.

Je dédie ce travail

*A CHA*

# *Dédicace*

Au nom du dieu

Avec toutes les expressions d'amour et de fidélité et à l'occasion de la finition de ma tache J'ai le grande plaisir de présenter le fruit de mon travail et tout ce je possède de cher de mes nobles sentiments pour mes chers parents ,que dieu les bénisse .

A la source de ma fierté, mes frangins : Farid, Najla et son époux Adlen et à la l'inoxente enfant Salssabil «LOULI »

Je présent tout mes remerciement à toute la famille LayadiHidjaziYacoub

A celle qui a partagé cette tache avec moi « Aicha,Chahra , Wafia »

A tout qui étaient pour moi frères et amis Hamza ,Bouchra , Djawhara , Sonia , Ahlem ,Halima Nadjia et Ilhame.

*NOURELHOUDA*

## *DEDICACES*

Je dédie ce travail aux personnes les plus chères, mes parents

pour leur soutien moral et matériel, ,

leur tendresse, leurs amours et leurs sacrifices :

Ma très chère mère : Wassila ;

Mon père : Abdalhak ;

A mes frères : Abdalmalek et sa femme Majeda , et le petit

de la famille khellaf Abdalkrim ;

Ma grand père : soultan et le défunt de grand père Saleh et ma

grand-mère : zehour et la défunte de grand mère  
Berguallah

Mon fiancé :Fares boucenna

Les plus chère et j'aime les petites fille : Safia et Miralle

Mes amies ; Iman Yassmin, Fati, Amira , Marwa et Hanane

A mes amies de la promotion : Iman, Chahra , Aicha et Nourelhouda

*Wafia*

# *Sommaire*

# Sommaire

	page
1-Introduction .....	02
1-1- Buté de l'étude.....	02
1-2-Situation géographique.....	03
Chapitre I : la Géologie	
I-1- Introduction.....	05
I-1-1- Localisation De La Zone d'Etude.....	05
I-1-2- Géologie Régionale ( Nord Est Algérien).....	05-07
I-1-2-1- Le Domaine Interne.....	08.
I-1-2-2- Domaine Des Flyschs.....	08
I-1-2-3- Domaine Externe.....	11
I-1-3- Géologie Local ( Zone d'Etude).....	11
I-1-3-1- Le Trias.....	11
I-1-3-2- Permo _ Trias.....	11
I-1-3-3- Crétacé.....	11-12
I-1-3-4- Y présien (e6-5).....	14
I-1-3-5- lutétien (ea2).....	14
I-1-3-6- Priabonien (ea3).....	14
I-1-3-7- Oligocène (eb3).....	14
I-1-3-8- Pontien (ec3).....	14
I-1-3-9- Pliocène (ec4).....	14
I-1-4- Conclusion.....	14
Chapitre II : Hydroclimatologie	
II -1- Introduction.....	16
II-2- La Température.....	16
II-3- Graphe Ombro-Thermique.....	21
II-4- L'Aridité.....	21-22
II-5- Appréciation Du Bilan Hydrique.....	22
II-5-1- Calcule De L'évapotranspiration potentielle ( ETP).....	22-23
II-5-2- Calcule De L'évapotranspiration Réelle (ETR ).....	23
II-5-2-1- Calcule De Bilan Hydrologique Pour La Période 1986-2012 .....	23-24
II-6- Interprétation Du Bilan Hydrologique.....	26
II-7- Conclusion.....	27
Chapitre III : Géomorphologie	
III-1- morphologie du bassin .....	29
III-1-1-Reliefs.....	29
III-1-1-1-. Ensemble des hautes altitudes.....	29

III.-1-1-2-.Ensemble des basses altitudes .....	29
III-1-1-3-.Ensemble .....	29
III-1-2-. Les pentes.....	29
Les pentes faibles à moyennes .....	29
Les pentes moyennes.....	29
Les pentes moyennes à fortes.....	29
Les pentes fortes.....	29
III-2- Analyse morphométrique du Bassin versant .....	30
III-2-1-Caractéristiques morphométriques.....	30
III-2-1-1-Périmètre.....	30
III-2-1-2-.La surface .....	30
III-2-1-3-.La forme .....	30
III-2-1-4-.Rectnгле équivalent.....	30
III-2-1-4-1-.Longueur du rectangle équivalent .....	30-31
III-2-1-4-2-.Largeur du rectangle équivalent .....	31
III-2-1-5-.Répartition altimétrique .....	31
III-2-1-5-1-.Altitude moyenne.....	31-33
III-2-1-5-2-Altitude médiane.....	33
III-2-1-5-3-Dénivelée simple (D).....	33
III-2-1-5-4-Indice des pentes et de Reliefs .....	33-34
Indice de pente globale (Ig) .....	33-34
Indice de pente de Roche : (Ip) .....	34
III-2-1-5-5- Dénivelée spécifique DS.....	34
III-2-1-6-Réseau hydrographique .....	35
III-2-1-6-1-Densité de drainage .....	35
III-2-1-6-2-Coefficient de Torrentialité Ct .....	35-36
III-2-1-6-3-Rapport de la confluence.....	36-37
III-2-1-6-4-Rapport de longueur.....	37
III-2-1-6-5-Temps de concentration .....	37
1) Formule de GIANDOTTI .....	37-38
III-2-1-7-.Profil en long du cours d'eau principal du bassin versant de Zerdazas.....	39
1) La zone amant .....	39
2) La zone intermédiaire .....	39
3) La zone avale .....	40
III-3- Conclusion .....	40
Conclusion Générale.....	42
Bibliographie.....	44-46
Annexe	

*La liste des  
figures*

# La liste des figures

page

## Introduction générale :

Fig 1: Localisation du bassin des Zerdezazs.....03

## Chapitre I :

Fig (I-1) : L'ensembles morpho structuraux et bassins hydrologiques de l'Est Algérien (d'après M.cote).....06

Fig (I-2) : Schéma structurale des Maghrebides ( D'après M.Durand Delga et J.M Fondoté 1980).....07

Fig (I-3) : Colonnes stratigraphiques synthétiques de la chaine calcaire ( D'après J.F Roult 1974).....09

Fig ( I-4) :Colonne stratigraphiques synthétiques des séries du flysch Mauretanie et Flysch Massylien (D'après J.F.Raoult1974) .....10

Fig(I-5) : La carte géologique du bassin versant des Zerdazas d'après (Jodeau.1912).....12

Fig ( I-6) : Coupe géologique schématique .....13

## Chapitre II :

Fig01 : Graphe Ombro-Thermique durant la période : 1968 – 2012

(Station de ZADEZAS).....21

Fig02 : Représentation graphique du bilan hydrologique pour la période : 1986 – 2012

(Station de ZARDEZAS.).....26

## Chapitre III :

Fig(III-1) : carte hypsométrique du bassin versant de Zerdazas.....31

Fig (III-2) : courbe hypsométrique du bassin versant de Zerdazas.....32

Fig (III-3) : la coube hydrographique du bassin versant de Zardazas .....37

Fig (III-4) : profil de longue de Oued Bou Adjeb.....40

# *La liste des tableaux*

# *La liste des tableaux*

Page

## *Chapitre I :*

Tableau (I.1) Les différents étages avec leurs faciès correspondants.....11

## *Chapitre II :*

Tableau N°01 : Températures moyennes mensuelles en (c°) durant la période :(1986-2012) s .ZARDEZAS.....17-18

Tableau02 : précipitation moyennes mensuelles en (mm) durant la période : (1968-2012) s .ZARDEZAS.....19-20

*Tableau N°03 :Bilan hydrologique -Station de ZARDEZAS (Période :1986 - 2012)....25*

## *Chapitre III :*

Tableau 1 : Calcul des surfaces à partir de la carte hypsométrique.....33

Tableau2 : Récapitulatif des paramètres morpho métriques.....38

Tableau 3 : Récapitulatif des paramètres du réseau hydrographique.....39

# *Introduction*

## **1-Introduction :**

Les eaux superficielles représentent une partie importante du cycle de l'eau et participent de ce fait aux équilibres naturels. Elles constituent également une formidable ressource renouvelable, exploitée pour l'approvisionnement en eau potable, l'usage industriel ou agricole (OFEFP, 2003). En outre les eaux superficielles constituent la ressource principale pour l'alimentation en eau potable de la population mondiale.

L'Algérie est classée parmi les pays déficitaires en eau. De part son appartenance à la zone géographique du « Middle - Est North Africa (MENA) » et la quasi-totalité de son territoire classé en zone désertique sa pluviométrie moyenne annuelle est estimée à 89 mm.

De ce fait l'Algérie est classée parmi les 13 pays africains qui souffrent le plus du manque d'eau.

En effet avec moins de 500 m<sup>3</sup>/habitant/an.

L'Algérie dispose de moins de 50% du seuil théorique de rareté fixé par la Banque mondiale à 1000 m<sup>3</sup> par habitant et par an, donc l'Algérie accorde une grande importance à l'eau pour le faire et stocke 19 milliard m<sup>3</sup> par an où est son importance dans la suite.

On utilisant des quantités considérables d'eau quotidienne humaines dans une opération des besoins et de la nourriture et la propreté des vêtements de cors et de lavage et d'autres activités.

L'eau douce est essentielle pour l'agriculture et l'industrie car il ne peut y avoir une agriculture sans eau, mais j'ai dit que les plombe à la sécheresse et la désertification affectent négativement les rendements agricoles et la production alimentaires et que l'industrie à besoins grande quantités d'eau.

En raison de l'importance de l'eau en Algérie elle possède 120 barrages, comme le barrage de BENI HAROUNE qui se trouve à la Wilaya de Mila et le barrage de ZARDEZAS qui construire dans le bassin versant de ZARDEZAS et leur capacité 149 million m<sup>3</sup>. En vasé à plus de 60%, il est construire dans les années cinquante.

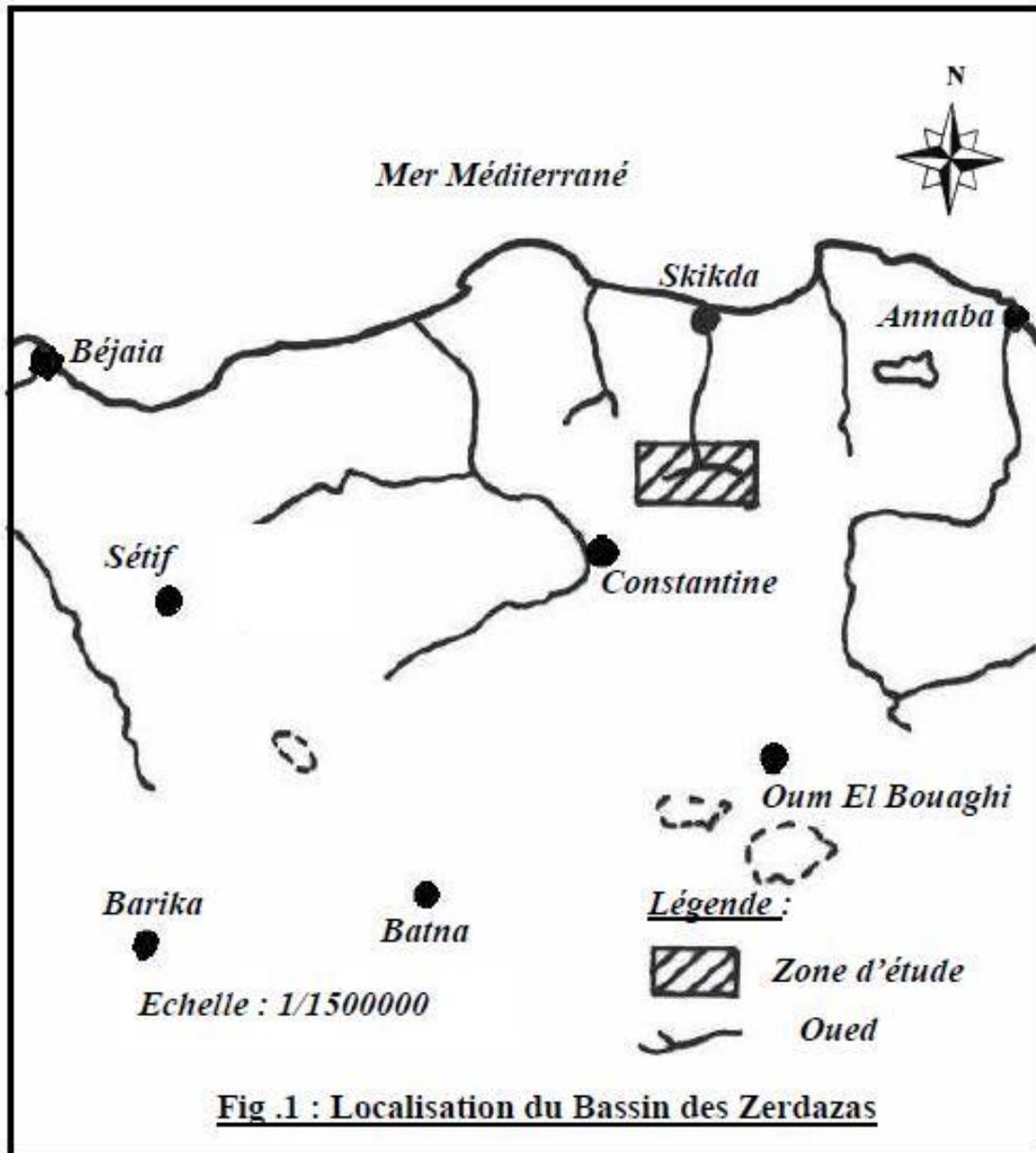
### **1-1-Bute de l'étude :**

Un travail aura effectue dans la région pour mieux connaitre le comportement hydrologique et hydrochimique de Oued SAF – SAF. Nous nous penchons sur la géologie de la région qui une influence sur la qualité de l'eau au cours de leur passage à travers les formations géologique, les caractéristique morphométrique (hydrologique) et climatologique.

### 1-2-Situation géographique :

Le B.V de ZERDAZAS se situe au Nord – Est de l’Algérie à 345 km à l’Est d’Alger et à l’ouest par la commune AIN – BOUZIANE et la Wilaya de Guelma à l’Est, et dans le Nord par la commune de SALAH BOUCHAOUR et la Wilaya de Constantine à sud.

Situé entre les latitudes 36°20 et 36°45 Nord et les longitudes 6°37 et 7°15 à l’Est.



*Chapitre I*  
*Géologie*

## **I-1-Introduction :**

L'analyse de l'environnement géologique est fondamentale a hydrogéologique. La géologie permet d'identifiée les matériaux et les structures des formations susceptibles de conduire l'eau des précipitations en profondeur. Elle permet aussi de déterminée type d'aquifère.

Pour mieux définir et délimiter ces caractéristiques, il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance du milieu a étudier, de ce fait il faut déterminer les déférentes formations géologiques en procédant a une études géologique.

### **I-1-1-Localisation de la zone d'étude :**

Le bassin versant de ZERDAZAS fait partie de la chaine des Maghrébides. Plus exactement il appartient au tel oriental Algérien limité au sud par des formations purement sédimentaires qui appartiennent au mole néritique constantinois et constitués généralement par des formations carbonatées d'âge crétacé, quant aux formations cristallophylliennes elles sont d'âge paléozoïque elle le limitent a l'ouest par colle et au nord est par le Dj Fifila et Dj Alia, les formations alluvionnaires, côtoient dans toute sa trajectoire.

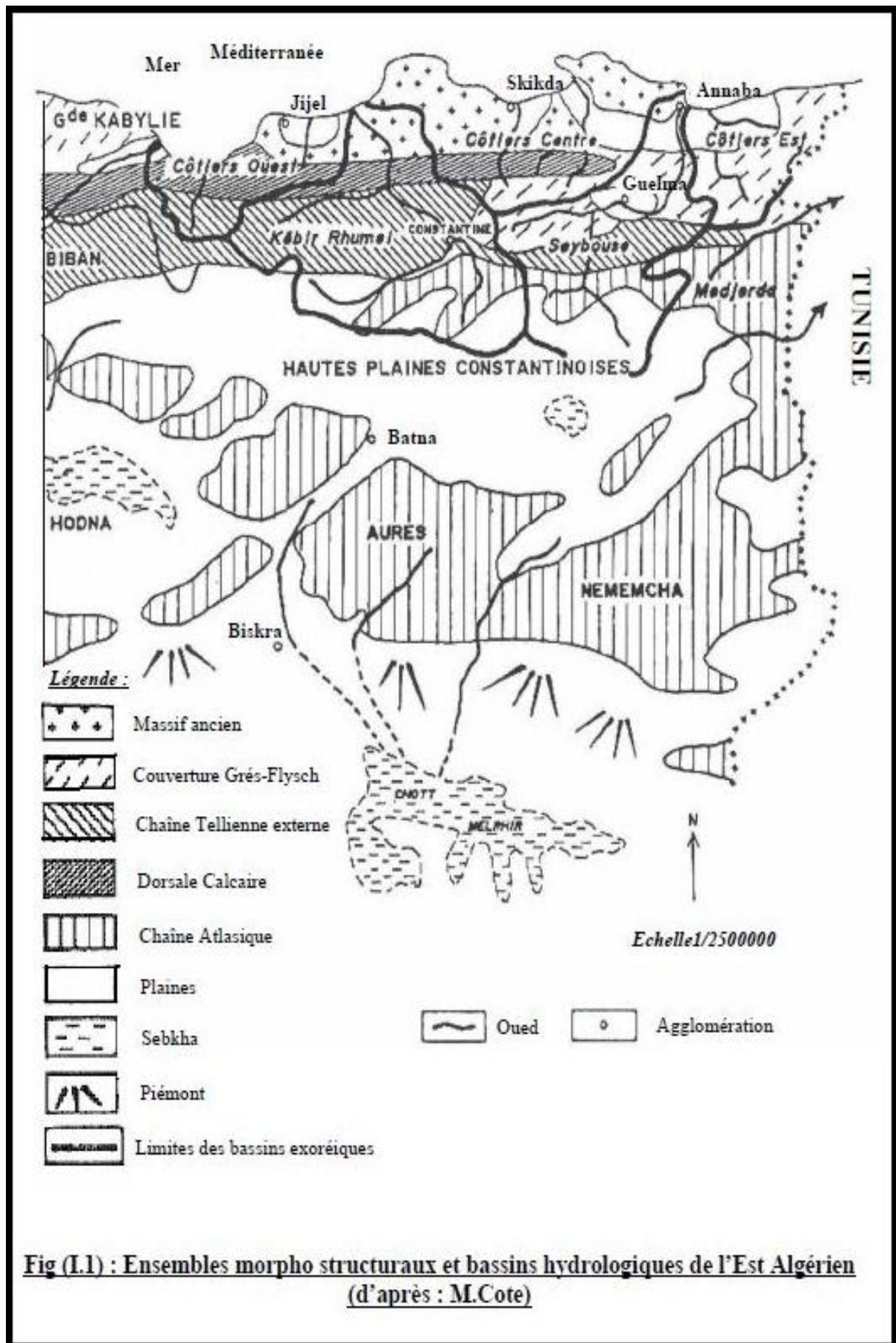
### **I-1-2-Géologie Régionale (Nord Est Algérien) : Fig-I-1-**

La géologie de l'Algérie septentrionale a été affectée par deux grandes périodes tectoniques en relation avec l'orogénie alpin, il s'agit de la période mésozoïque à miocène inférieur et la période Mio-Plio-Quaternaire.

Du point de vue géologique au sens régional, l'Algérie du nord comprend trois ensembles qui sont :

1. Le domaine des massifs primaire kabyles.
2. Le domaine tellien.
3. Le domaine près saharien composé de :
  - ❖ Les hauts plateaux.
  - ❖ L'atlas saharien.

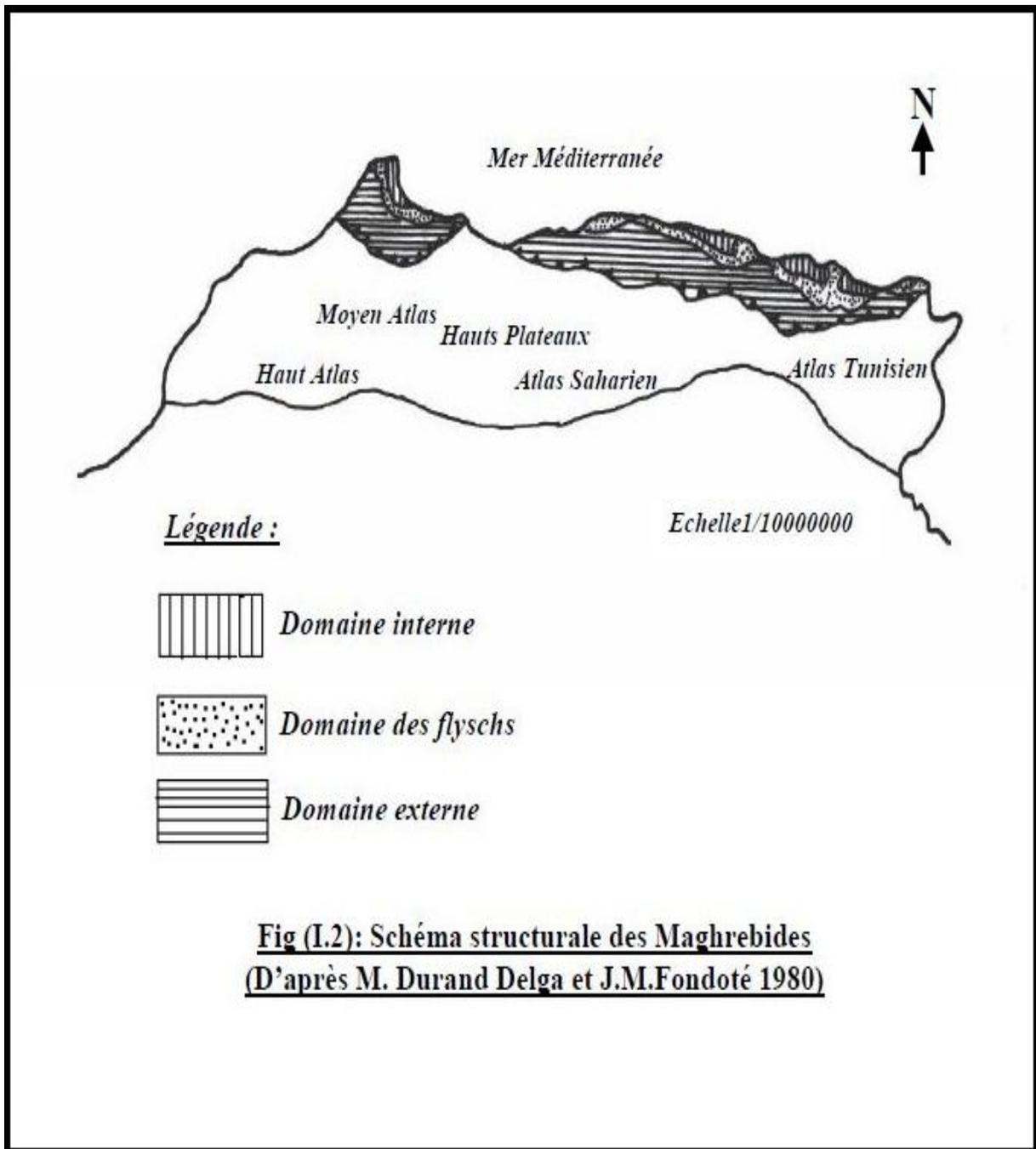
Le secteur d'étude fait partie du domaine de l'atlas Tallien ou on distingue trois formations principales Fig – I – 1 –



**Fig (I.1) : Ensembles morfo structuraux et bassins hydrologiques de l'Est Algérien (d'après : M.Cote)**

- Les terrains anciens, formés essentiellement par des roches métamorphiques.
- Les formations Tertiaires, essentiellement sédimentaire
- Les formations quaternaires, essentiellement alluvionnaires

La zone d'étude est définie de point de vue structural du nord au sud par plusieurs unités Fig – I  
 – 2 – qui sont :

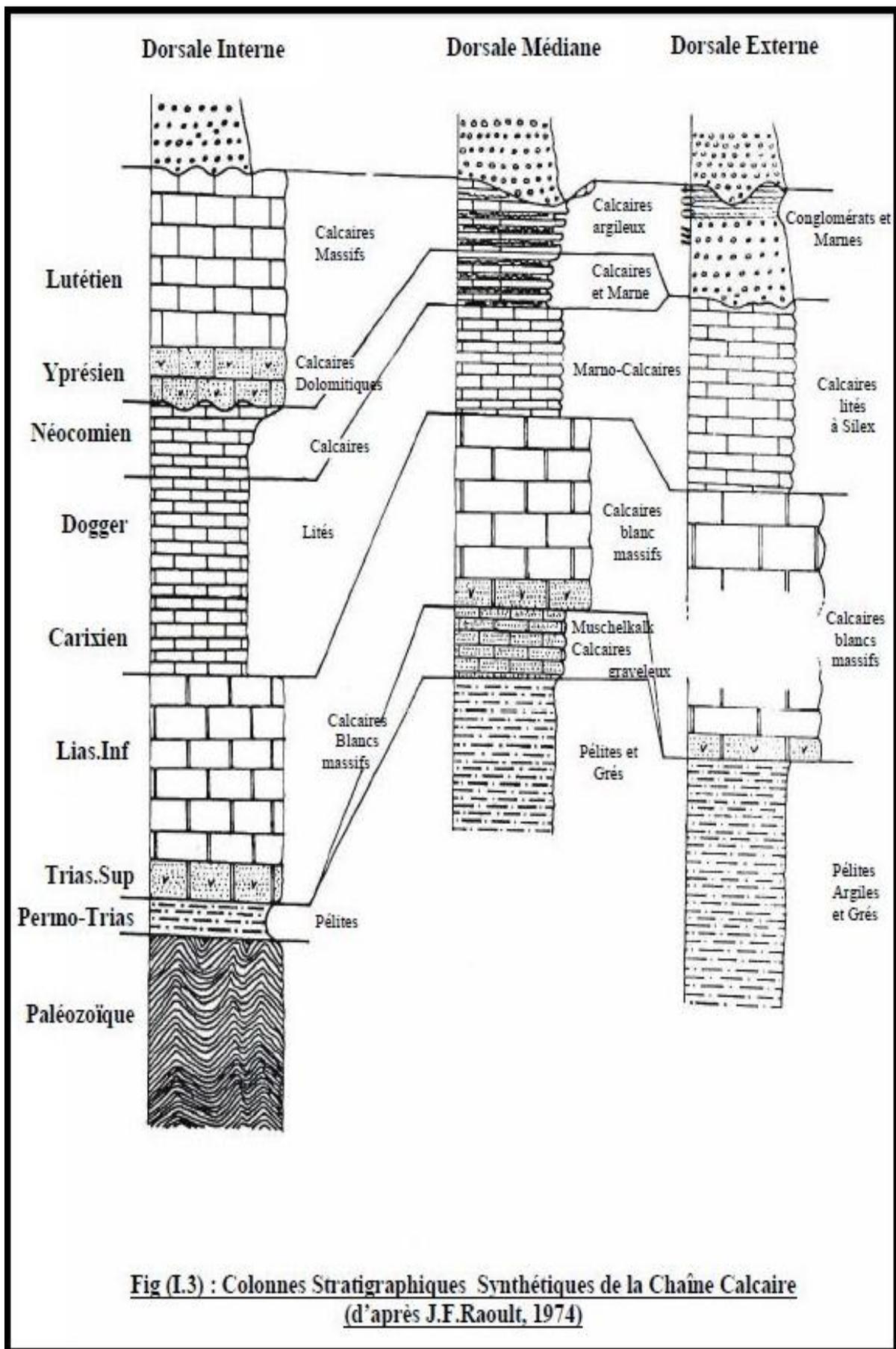


#### **I-1-2-1- Le domaine interne :**

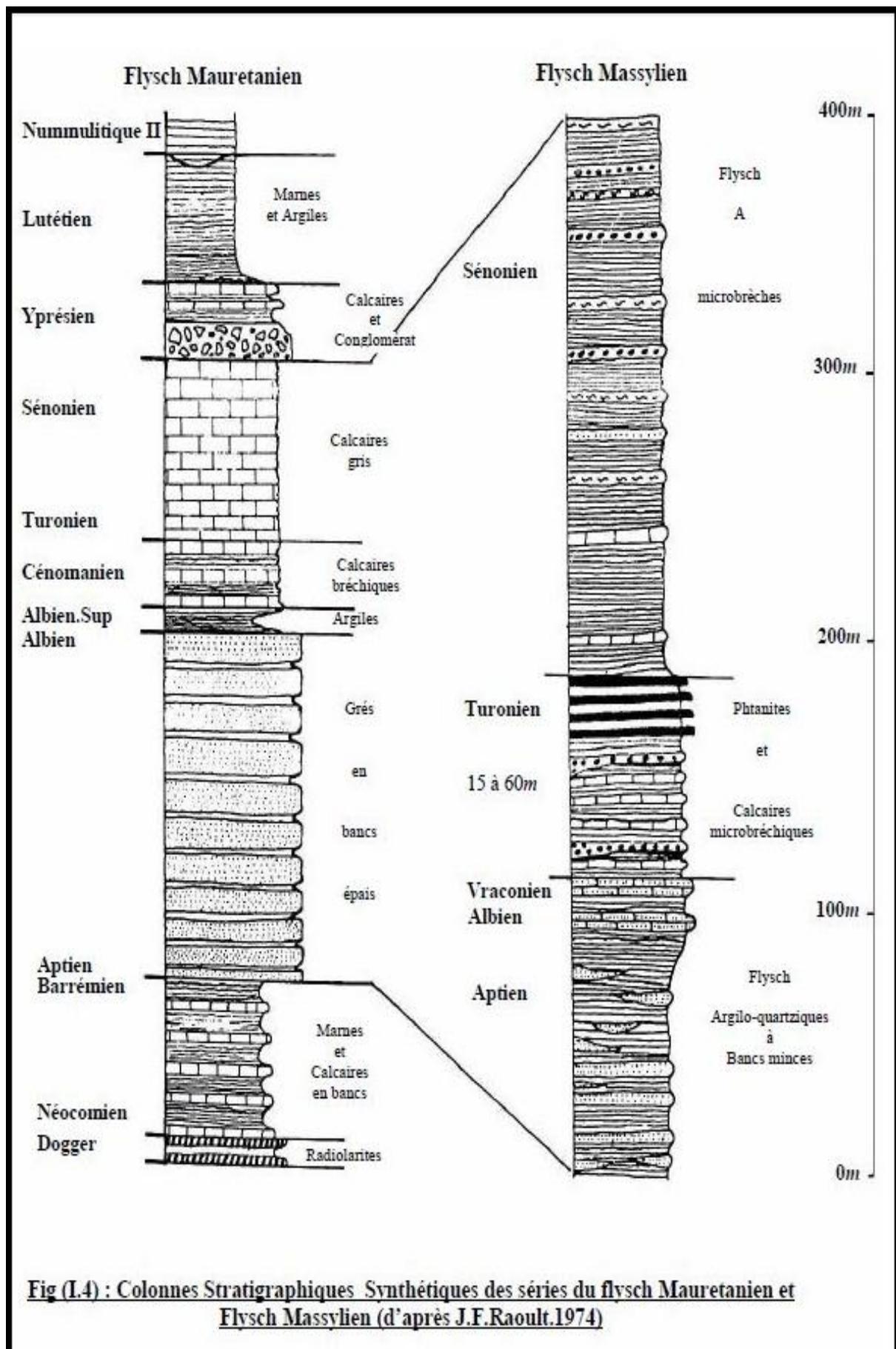
- Socle kabyle : désigne toutes les formations paléozoïques qui servent ou qui ont servi de substratum à la chaîne calcaire.
- Dorsale kabyle (chaîne calcaire Fig – I – 3 : Elle doit son nom de chaîne calcaire du fait de la sédimentation carbonatée dominante (d'âge lias inférieur-lutétien).

#### **I-1-2-2-Domaine des flysch : I – 4**

- Flysch mauritanien : (Néocomien-lutétien) : composé d'alternance de bancs argileux et gréseux surmontés par des calcaires.
- Flysch massylien : il comporte des argiles quartzitiques à la base d'âge crétacé inférieur et une alternance d'argile et de micro brèche au sommet d'âge crétacé supérieur.
- Flysch numidien : (oligocène moyen. Burdigalien) : constitué des Argiles vari colorées dites Argiles sous numidiennes, des grès numidiens et des marnes et silexites supra numidiennes.



**Fig (I.3) : Colonnes Stratigraphiques Synthétiques de la Chaîne Calcaire (d'après J.F.Raoult, 1974)**



**Fig (I.4) : Colonnes Stratigraphiques Synthétiques des séries du flysch Mauretanic et Flysch Massylien (d'après J.F.Raoult.1974)**

### I-1-2-3-Domaine externe :

Les séries telliennes :

- Série ultra – telliennes : les formations typiques comportent un crétacé inférieur marno-calcaires à Ammonites, un crétacé moyen à Rotalipores, un Sénonien marneux et micritique et un Éocène à trois termes : marnes noires, calcaires à silex et des marneux sombre.

### I-1-3-Géologie locale (zone d'étude) Fig – I – :

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**

<b>Etage</b>	<b>Faciès et lithologie caractéristique</b>
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-1-3-1.-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.

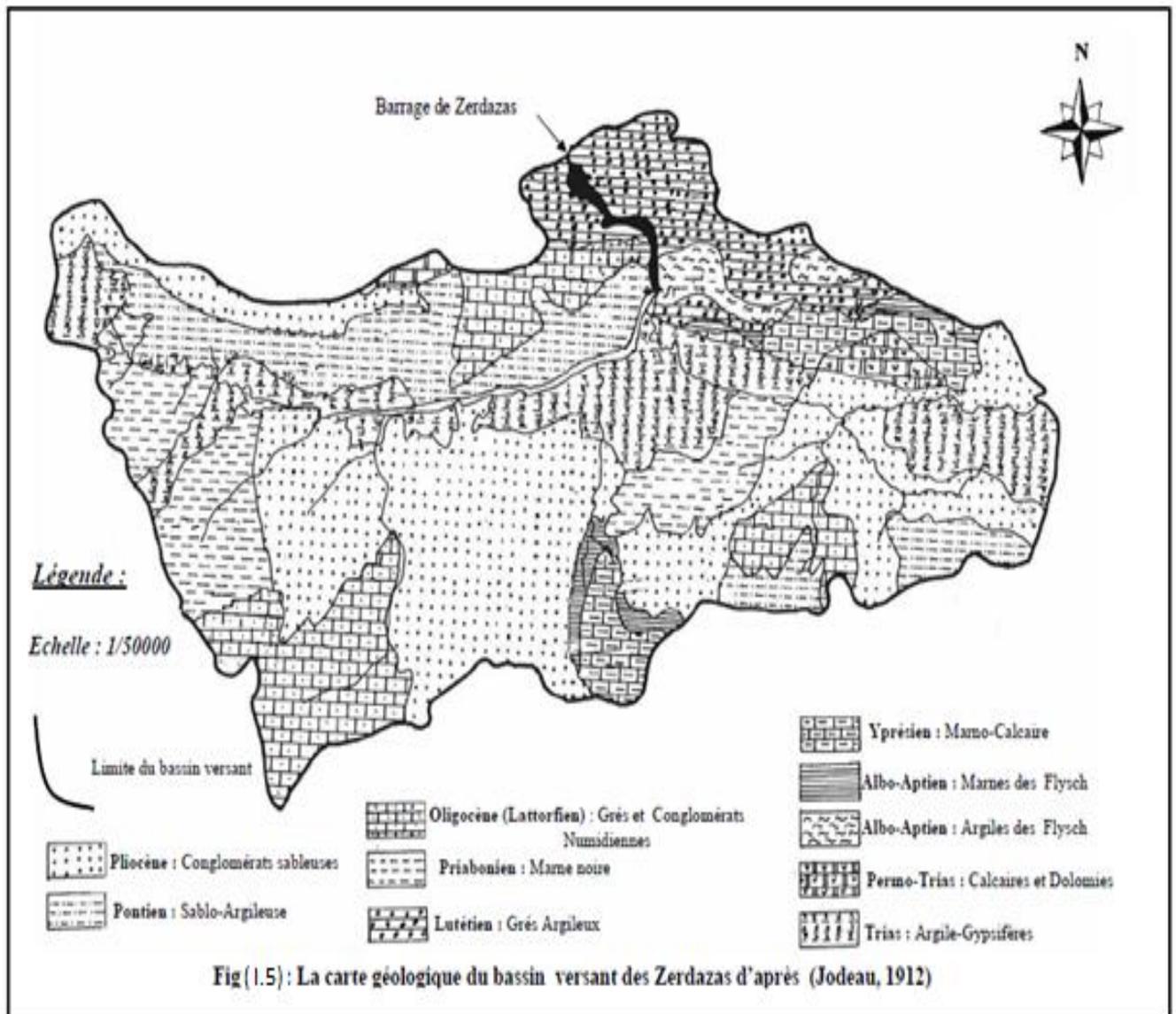
#### I-1-3-2-Permo-Trias :

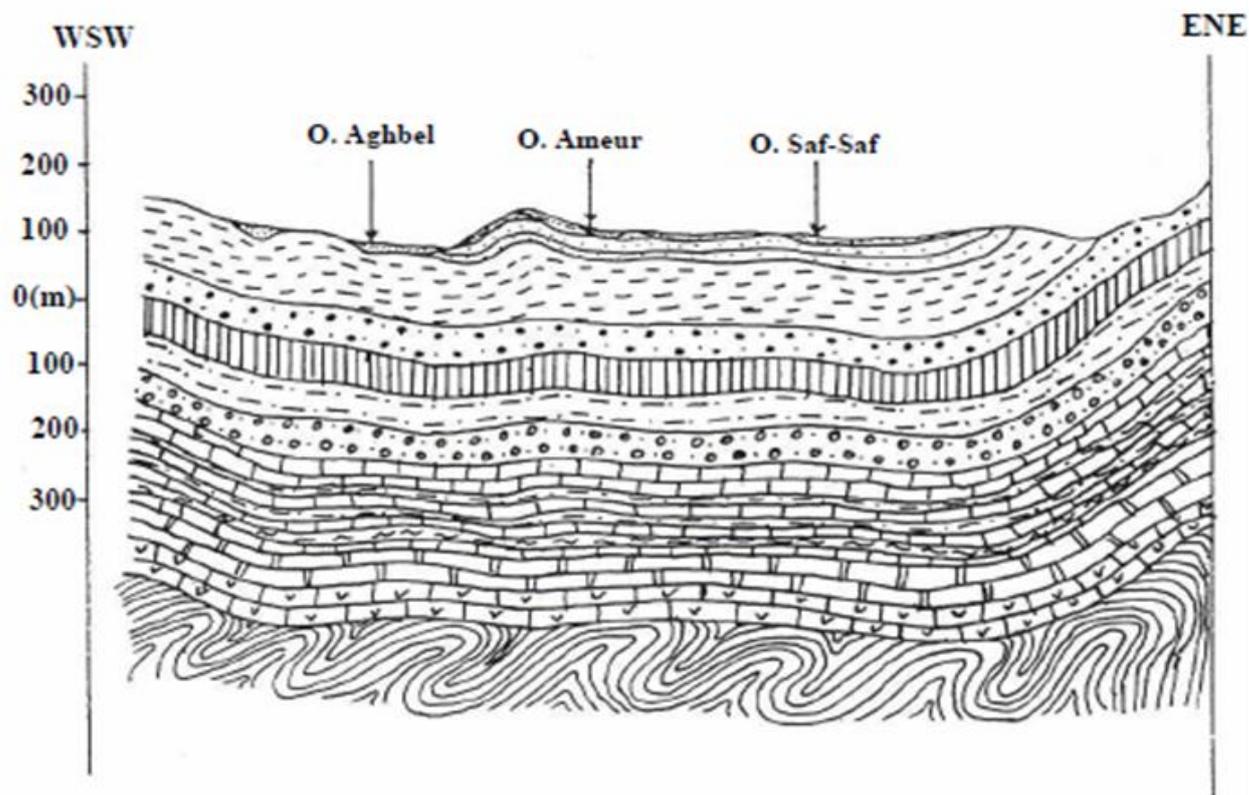
Dans notre région, l'affleurement du Permo-Trias, qui est considéré comme le terrain le plus ancien, est appelé aussi (Nummulitique I). Il est caractérisé par des formations très dures telles que, les calcaires et des dolomites. Elles affleurent dans la partie Nord-Est, dans Dj Tahassaj. Ce sont des formations fracturées et les failles, ce qui favorise leur Karstification.

#### I-1-3-3.-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 phanites. 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 appartiennent au flysch Massylien.





**Légende :**

**Terrains Sédimentaires :**

- |  |                                   |  |                              |
|--|-----------------------------------|--|------------------------------|
|  | : Alluvions actuelles             |  | : Grès et Quartzites         |
|  | : Alluvions récentes              |  | : Argiles et Grès            |
|  | : Alluvions anciennes des vallées |  | : Grès et conglomérats       |
|  | : Alluvions anciennes             |  | : Calcaires à Nummulites     |
|  | : Dunes anciennes                 |  | : Argiles, Grès et Calcaires |
|  | : Sables argileux                 |  | : Marnes et Calcaires        |
|  | : Grès Numidiens                  |  | : Calcaires Liasiques        |
|  | : Argiles noires                  |  | : Calcaires Dolomitiques     |
|  | : Grès et poudingues              |  |                              |

**Terrains Métamorphiques :**

- |  |  |
|--|--|
|  | : Schistes et Phyllades                        |
|  | : Schistes micacés                             |
|  | : Schistes granulitisés (Gneiss)               |
|  | : Micaschistes granulitisés (Gneiss schisteux) |
|  | : Socle plissé                                 |

**Fig (1.6) : Coupe Géologique Schématique**

#### **I-1-3-4- 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-1-3-5- Lutétien ea<sub>2</sub> :**

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

#### **I-1-3-6- Priabonien ea<sub>3</sub> :**

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-1-3-7- Oligocène eb<sub>3</sub> :**

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 Grès et des conglomérats de couleur jaunâtre à grains fins, avec des lits argilo-sableux.

#### **I-1-3-8- Pontien ec<sub>3</sub>:**

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 ou gris.

#### **I-1-3-9- Pliocène ec<sub>4</sub> :**

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

#### **I-1-4-Conclusion :**

L'étude géologique c'est la base fondamentale de toute étude hydrologique. Elle renseigne essentiellement sur :

La structure complexe du tell oriental Algérien.

Dans son ensemble la géologie de la région du ZERDAZAS est très compliquée ceci est le résultat de la tectonique qui a affecté la quasi-totalité de la région. L'hétérogénéité est la caractéristique des formations sédimentaires qui s'étalent du trias au quaternaire constitué généralement par le socle et des sédiments marins se sont des marnes. Des calcaires et des argiles avec des dépôts alluvionnaires formées par des sables et des grès d'où la dominance des terrains imperméables et ces qui aboutira sans doute à un écoulement typiques varié.

*Chapitre II*  
*Hydroclimatologie*

## **II-1-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-2- 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 inter-annuelle 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 N°01 : 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	20,18
1987	11,9	12,4	13,4	18,6	19,5	25,5	29,3	32	29,7	25,1	16,7	15,3	20,78
1988	14,4	12,1	14,7	18,8	22,9	26,1	30	30	24,9	24,6	16,9	11	20,53
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	20,84
1990	11,6	16,1	15,8	17,5	22,42	27,5	29	28,5	29,4	23,8	16,4	10,8	20,74
1991	11,7	11,3	16	15	18,5	25,4	29,7	30,6	27,7	20,9	9,5	11,2	18,96
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	19,51
1993	11,9	10,9	14	17,6	22,2	25,3	28,6	30,4	26,3	22,2	16,1	13,1	19,88
1994	12,3	13,9	16,8	16,6	23,3	26,1	31,1	33,8	27,9	22,1	26	13,7	21,97
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	19,58
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	19,16
1999	11,8	9,8	14,8	16,8	23	26,1	27,3	30,7	27,3	23,3	14,7	12,3	19,83
2000	12,1	10	16,3	17,3	22,2	23,9	28,5	29,1	25,7	20,1	15,1	14,6	19,58
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	19,89
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	19,68
2003	11,6	10,9	14,6	16,6	21,1	27,9	31	30,9	24,9	22,4	16,9	12	20,07
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	18,79
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	16,86
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	17,47
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	17,66
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	17,44

<b>2010</b>	5,65	8,63	10,21	14,55	18,35	22,53	27,65	27,36	21,3	18,57	12,35	8,54	16,31
<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	16,05
<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	16,20
<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	517.93
Moyenne menseulle	11,04	11,46	14,12	16,36	21,13	24,32	28,61	29,43	25,10	21,14	15,48	11,99	19,18
<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	16,05

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	TOTAL
<b>1968</b>	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
<b>1969</b>	105	44	72,5	655,1	12,2	10,8	4,7	26,2	80,9	56,7	15,5	213,9	1297,5
<b>1970</b>	42,1	79	80,1	126,1	29,2	0,9	5,8	2,2	2	63,8	1,6	58,2	491
<b>1971</b>	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
<b>1972</b>	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
<b>1973</b>	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
<b>1974</b>	21,98	61,5	66	71,6	27,5	0,3	13,4	21	23,4	91,7	55,4	45,3	499,08
<b>1975</b>	28	120,6	80,1	18,4	77,6	15	23	14,9	8,6	14,6	97,1	41,66	539,56
<b>1976</b>	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
<b>1977</b>	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
<b>1978</b>	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
<b>1979</b>	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
<b>1980</b>	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
<b>1981</b>	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
<b>1982</b>	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
<b>1983</b>	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
<b>1984</b>	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
<b>1985</b>	99,5	46,5	159	38,5	46,3	18	8	1,5	255	32,5	28,5	46	779,3
<b>1986</b>	118,5	42	97,5	35	8,5	1	14	3	23	110,8	140	121	714,3
<b>1987</b>	58,55	164,5	56,5	39	70,7	38	14,3	0,5	7	23,11	69,2	27,3	568,66
<b>1988</b>	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
<b>1989</b>	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
<b>1990</b>	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
<b>1991</b>	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
<b>1992</b>	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
<b>1993</b>	111	51,4	19	29,9	71,1	8,5	0	2,6	27,1	42,8	17,4	48,2	429
<b>1994</b>	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
<b>1995</b>	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			

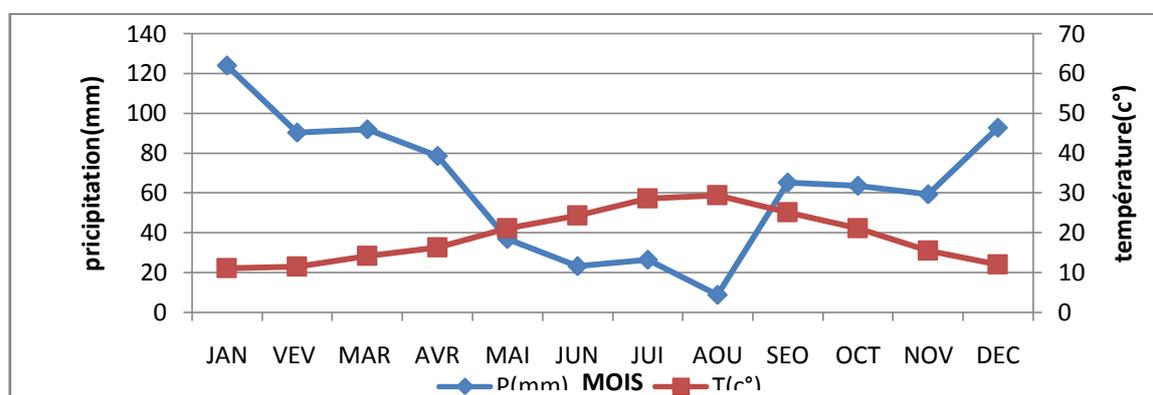
**Tableau02 : précipitation moyennes mensuelles en (mm) durant la période :(1968-2012) s  
.ZARDEZAS**

### II-3- 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 ( $P \leq 2T$ ).



*Fig01 : Graphe Ombro-Thermique durant la période : 1968 - 2012*

(Station de ZADEZAS)

### II-4- 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 :

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

Avec : I : Indice d'aridité de E. Mortonne;

$P_{\text{moy}}$  : Précipitation moyenne annuelle (mm);

$T_{\text{moy}}$  : 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-5- 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-5-1-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.

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

$$a = 0.016 \cdot I + 0.5$$

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

K : Coefficient de correction.

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

### II-5-2-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-5-2-1- Calcul du bilan hydrologique pour la période : 1986- 2012, Station de Zardezas (Tableau N° 03) :

$$I = 26.06$$

$$a = 0.92$$

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

#### • Estimation du ruissellement (R) :

Selon Thornthwaite :

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

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

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

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

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

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

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

$$R = 23.021 \%$$

Donc le ruissellement représente 23.021 % des précipitations.

• **Calcul de l'infiltration (I) :**

$$P = \text{ETR} + R + I + W_a$$

Considérons :  $W_a = 0$

$$P = \text{ETR} + R + I \Rightarrow I = P - \text{ETR} - R = E_x - R$$

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

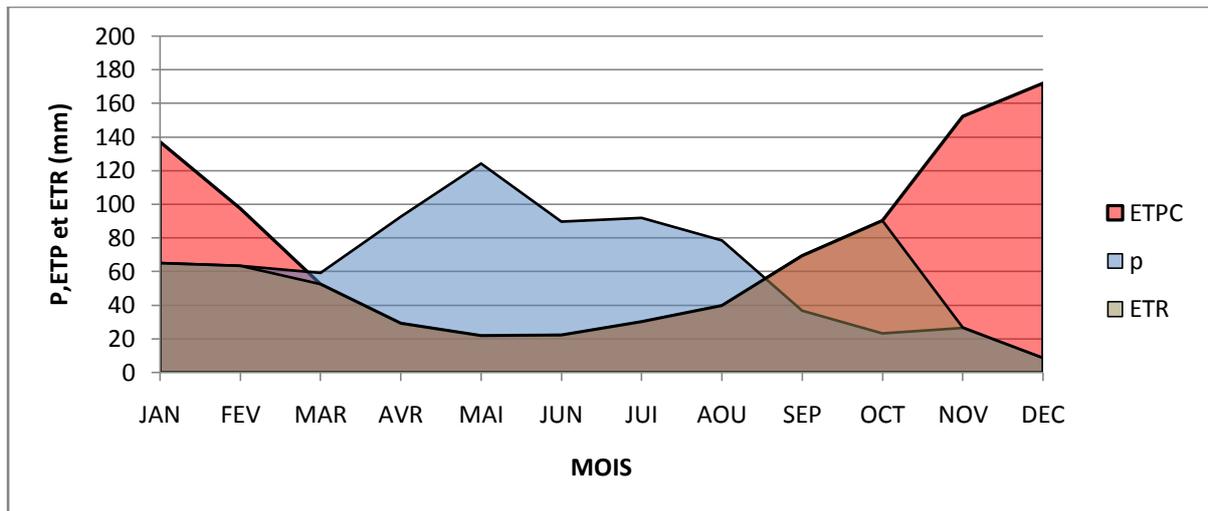
$$I = 65.01 \text{ mm.}$$

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

**I = 8.56 %** de précipitations.

**Tableau N°03 : Bilan hydrologique - Station de ZARDEZAS (Période : 1986 - 2012).**

Mois	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	TOTAL
<b>T (°C)</b>	25,1	21,14	15,48	11,99	11,04	11,46	14,12	16,36	21,13	24,32	28,62	29,43	
<b>I</b>	8,87	10,97	14,02	14,6	11,51	8,87	5,53	3,76	3,32	3,51	4,82	6,02	95,8
<b>ETP (mm)</b>	113,36	79,95	42,41	25,27	21,33	23,03	35,21	47,45	79,87	106,3	147,9	157	879,08
<b>C</b>	1,21	1,22	1,24	1,16	1,03	0,97	0,86	0,84	0,87	0,85	1,03	1,1	
<b>ETPC (mm)</b>	137,17	97,54	52,59	29,32	21,97	22,34	30,28	39,85	69,49	90,34	152,3	172	915,19
<b>P (mm)</b>	65,14	63,49	59,28	92,7	124,26	89,76	91,97	78,57	36,8	23,32	26,55	8,72	760,56
<b>P - ETPC (mm)</b>	-72,03	-34,05	6,69	63,38	102,29	67,41	61,69	38,72	-32,68	-67,02	-	-	
<b>RFU (mm)</b>	0	0	6,69	70,07	100	100	100	100	67,32	0,3	0	0	
<b>ETR (mm)</b>	65,14	63,49	52,59	29,32	21,97	22,34	30,28	39,85	69,49	90,34	26,85	8,72	520,38
<b>DA = ETPC - ETR</b>			0	0	0	0	0	0	0	0	125,75	163,28	289,03
<b>Ex = P - ETR</b>	0	0	0	0	72,36	67,41	61,69	38,72	0	0	0	0	240,18



**Fig02 : Représentation graphique du bilan hydrologique pour la période : 1986 – 2012(Station de ZARDEZAS.)**

## II-6-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-7- 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 satureront 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.

***Chapitre III***  
***Hydrologie***

Pour mieux comprendre le comportement hydrologique de oued du bassin versant, il est utile d'analyser sa morphologie, afin d'estimer les différents paramètres morphologiques qui régissent l'écoulement de surface.

### **III-1-Morphologie du bassin :**

Le tell oriental algérien est caractérisé en général par une morphologie complexe à cause de la tectonique qui affecte la région. Comme le bassin versant de Zardezas appartient de ce tell il est caractérisé par une morphologie variable.

#### **III-1-1-Reliefs :**

Le Bassin versant du Barrage du Zerdazas est caractérisé par une décroissance des altitudes lorsqu'on passe de Sud vers le Nord;

On peut diviser le terrain en trois ensembles topographiques en fonction les altitudes.

##### **III-1-1-1- Ensemble des hautes altitudes :**

Cet ensemble est caractérisé par les altitudes dépassant les 600 m. Ces altitudes occupent cet ensemble presque de 50% de la surface, et sont situées au NE, S, SW, et à l'Est présentées par DJKatara (883m) au NE et DJ Ochivi (1021m) à l'Est, DJ Hadjara (1112m) au SW et DJ Maltane(1111m) au Sud.

##### **III-1-1-2-.Ensemble des basses altitudes :**

Cet ensemble se localise à l'aval avec des altitudes inférieures à 300m, autour de la cuvette dubarrage et occupent 5% de la surface globale.

##### **III-1-1-3-Ensemble intermédiaire :**

Cet ensemble occupe 45% de la surface totale, et il se situe entre les deux ensembles précédents.

#### **III-1-2-Les pentes :**

Le Bassin de Zerdazas est caractérisé par des pentes variées et peuvent être classées en quatre types:

- **Les pentes faibles à moyennes :**

Regroupant les pentes de 10% à 16%, et occupent une superficie de 16 % de la surface globale.

- **Les pentes moyennes :**

Les pentes de ce type varient de 16% à 22%, et occupent 40% de la surface totale.

- **Les pentes moyennes à fortes :**

Elles sont des pentes de 22% à 28%, et occupent 29% de la surface globale.

- **Les pentes fortes :**

Se sont celle qui dépassent les 28%, et occupent 15% de la surface totale du Bassin versant.

### **III-2- Analyse morpho métrique du Bassin versant :**

Le bassin versant d'un cours d'eau est défini comme étant la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents. Tous les écoulements prenant naissance à l'intérieur de cette surface traversent la section droite de cours d'eau pour poursuivre leur trajet vers l'aval.

#### **III-2-1- Caractéristiques morpho métriques :**

Pour le calcul des différents paramètres morpho métriques du bassin versant du Barrage de Zardezas, on s'est basé sur la carte topographique de CONDE- SMENDOU à l'échelle de 1/50.000.

##### **III-2-1-1- Périmètre :**

L'utilisation du curvimètre et la mesure manuelle ont permis d'obtenir un périmètre moyen de l'ordre de 94Km.

##### **III-2-1-2- La surface :**

C'est l'aire du bassin, délimité par la ligne de partage des eaux de surface. Le plan métrage de cette surface a permis d'avoir une aire de l'ordre de 340Km<sup>2</sup>.

##### **III-2-1-3- La forme :**

Elle est traduite par l'indice de compacité de GRAVILLIUS (K<sub>c</sub>). Un bassin est d'autant plus allongé que la valeur de K<sub>c</sub> est supérieure à 1,12. Ce paramètre s'obtient de la manière suivante :

$$K_c = \frac{P}{2(\pi S)^{\frac{1}{2}}} = 0,28 \frac{P}{\sqrt{S}}$$

Où :

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

P : Périmètre stylisé, (Km) ;

S : Surface planimétrée (Km<sup>2</sup>) ;

$$K_c = \frac{94}{(340)^{\frac{1}{2}}} = 1,42$$

Le bassin a donc une forme allongée.

##### **III-2-1-4- Rectangle équivalent :**

Il sert à comparer les bassins entre eux et de voir l'influence de la forme sur l'écoulement, tout en supposant qu'ils possèdent la même superficie et le même périmètre.

##### **III-2-1-4-1- Longueur du rectangle équivalent :**

Ce paramètre est calculé à partir de la formule suivante :

$$L = \frac{K_c \sqrt{S}}{1,12} \left[ \left( 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1,12}{K_c} \right)^2} \right) \right]$$

Ce qui donne :  $L=37.74 \text{ Km}$

### III-2-1-4-2-Largeur du rectangle équivalent :

Le largeur du rectangle équivalant se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$l = \frac{K_c \sqrt{S}}{1.12} \left[ 1 - \sqrt{\left( \frac{1.12}{K_c} \right)^2} \right]$$

Ce qui nous donne une largeur :  $l = 9 \text{ Km}$

### III-2-1-5-Répartition altimétrique :

Les cotes du bassin versant du barrage de Zardzas varient de  $189m$  à l'aval et  $1111m$  à l'amont.

#### III-2-1-5-1-Altitude moyenne :

Elle s'obtient à partir de la courbe hypsométrique qui exprime les variations de l'altitude en mètres en fonction de la surface ( $\text{Km}^2$ ) (Fig III.1), elle s'obtient à partir de la formule suivante :

$$H_{MOY} = \frac{\sum h_i S_i}{S_t}$$

Où :

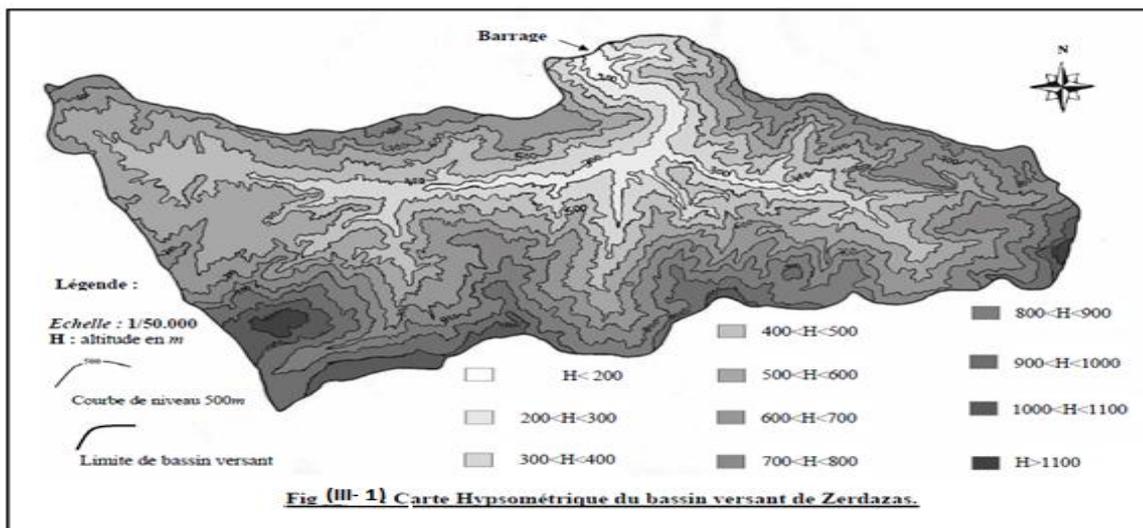
$H_{moy}$  : altitude moyenne ( $m$ ) ;

$h_i$  : Altitude moyenne entre deux courbes de niveau ( $m$ );

$S_i$  : Surface comprise entre deux courbes de niveau ( $\text{Km}^2$ ) ;

$S_t$  : Surface totale du bassin versant ( $\text{Km}^2$ ) ;

Le calcul de ce paramètre a été consigné dans le tableau 1 :



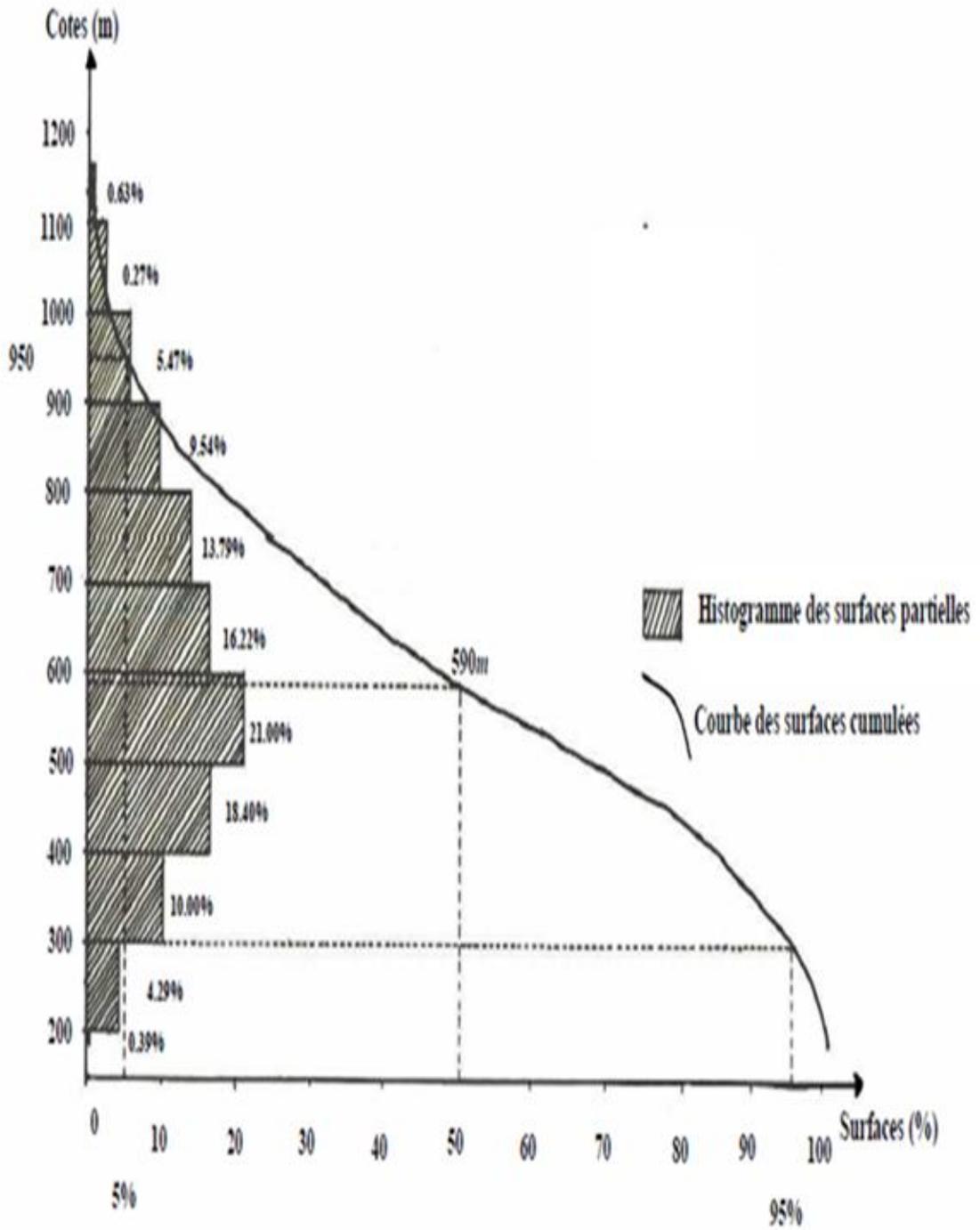


Fig (III-2): Courbe Hypsométrique du bassin versant de Zerdazas

**Tableau 1 : Calcul des surfaces à partir de la carte hypsométrique**

Tanche d'altitude (m)	Altitude Moyenne $h_i$ (m)	Surface Planimétrie $S_i$ (Km <sup>2</sup> )	Surface Planimétrie $S_i$ (%)	Surface Cumulée (Km <sup>2</sup> )	Surface Cumulée (%)	$h_i \cdot S_i$	$\xi h_i \cdot S_i$
189-200	194.5	1.334	0.39	339.858	100.00	259.463	206847.087
200-300	250	14.585	4.29	338.524	99.61	3646.25	206587.624
300-400	350	33.999	10.00	323.939	95.32	11899.65	202941.374
400-500	450	55.728	16.40	289.940	85.32	25077.60	191041.742
500-600	550	71.384	21.00	234.212	68.92	39261.20	16594.124
600-700	650	55.119	16.22	162.828	47.92	35827.35	126702.924
700-800	750	46.842	13.79	107.709	31.70	35131.50	90875.574
800-900	850	32.406	9.54	60.867	17.91	27545.10	55744.074
900-1000	950	18.617	5.47	28.461	8.37	17686.15	28198.974
1000-1100	1050	7.716	2.27	9.844	2.90	8101.80	10512.824
1100-1166	1133	2.128	0.63	2.128	0.63	2411.024	2411.024

D'après la formule :  $H_{moy} = 609 \text{ m}$ .

### III-2-1-5-2-Altitude médiane :

Elle s'obtient à partir de la courbe hypsométrique à l'abscisse 50%, ce qui nous perm et d'avoir une valeur moyenne de l'ordre de 590 m. Fig III.2

### III-2-1-5-3-Dénivelée simple (D) :

Elle est déduite directement de la courbe hypsométrique à l'aide de la formule suivante :

$$D = H_{5\%} - H_{95\%} (m) ;$$

Avec :

H5% : altitude des 5% de la surface du bassin versant (m) ;

H95% : altitude des 95% de la surface du bassin versant (m) ;

H5% =950m ; et H95%=300m ;

Donc la dénivelée simple du bassin est de l'ordre de 650m.

### III-2-1-5-4-Indice des pentes et de reliefs :

L'objectif de ces indices est de caractériser les pentes d'un bassin et de permettre de les comparer et de les classifier ;

- **Indice de pente globale (Ig) :**

C'est un indice qui tient compte de la dénivelée (D) et de la longueur du rectangle équivalent

(L) calculé a laide de la formule suivante :

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

Où :

$I_g$  : Indice de pente globale ( $m/Km$ ) ;

$D$  : Dénivelée simple ( $m$ ) ;

$L$  : Longueur de rectangle équivalent ( $Km$ ).

L'application d'une telle formule a permis d'avoir la valeur suivante :

$$I_g = 17.22 \text{ (m/Km)}.$$

• **Indice de pente de Roche : ( $I_p$ ) :**

Cet indice est calculé à partir des données de la courbe hypsométrique, il est défini comme suite :

$$I_p = L^{-1/2} \sum s_i \cdot h_i ;$$

Où :

$S_i$  : C'est la fraction en pourcent (%) de la superficie  $S$  comprise entre deux courbes de niveau distante de  $h_i$  ;

$L$  : Longueur du rectangle équivalent en ( $m$ ) ;

Pour notre bassin  $I_p = 1.27$

**III-2-1-5-5- Dénivelée spécifique DS :**

La dénivelée spécifique ( $DS$ ) dépend de la courbe hypsométrique du bassin et de sa forme ;

Elle est calculée à l'aide de la formule suivante :

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

Où :

$DS$  : Dénivelée spécifique en ( $m$ ) ;

$I_g$  : Indice de pente globale ( $m/Km$ ) ;

$S$  : Superficie du bassin versant ( $Km^2$ ) ;

Ce qui nous donne :  $DS=293.12 \text{ m}$  ;

Selon la classification de l'O.R.S.T.O.M. Si  $250 < DS < 500 \rightarrow$  Le bassin versant a un relief fort.

### III-2-1-6-Réseau hydrographique : Fig (III-3) :

#### III-2-1-6-1-Densité de drainage :

Elle se définit comme étant le rapport de la longueur totale des cours d'eau à la surface du bassin versant. Il se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$D_d = \frac{\sum L_x}{A}$$

Où :

Dd : La densité totale (Km/Km<sup>2</sup>) ;

Lx : Longueur de drainage (longueur totale des cours d'eau) en (Km) ;

A : Superficie du bassin versant (Km<sup>2</sup>).

$$D_d = \frac{1095.855}{339.858} = 3.22(\text{Km} / \text{Km}^2)$$

Dd : représente la densité totale qui est en fait la somme de deux fonctions distincte :

$$D_d = D_{dp} + D_{dt}$$

Où :

Ddp : densité de drainage permanent.

Ddt : densité de drainage temporaire.

Donc :

$$D_{dp} = \frac{106.285}{339.858} = 0.32(\text{Km} / \text{Km}^2)$$

$$D_{dt} = \frac{989.57}{339.858} = 2.91(\text{Km} / \text{Km}^2)$$

#### III-2-1-6-2-Coefficient de Torrentialité Ct :

Ce coefficient tient compte à la fois du nombre de cours d'eaux élémentaire dans le bassin versant et de la densité de drainage. Il est estimé par la formule suivante :

$$C_t = D_d.F1$$

Où :

Dd : densité de drainage

F1 : densité des cours d'eau d'ordre (1).

$$F_1 = \frac{N_1}{S}$$

Où :

N1 : nombre des cours d'eau d'ordre (1)

S : superficie totale (Km<sup>2</sup>)

$$F_1 = \frac{2259}{339.858} = 6.64$$

$$C_t = 6.64 * 3.22 = 21.38$$

$$C_t = 21.38$$

### **III-2-1-6-3-Rapport de la confluence :**

Elle est défini comme suite :

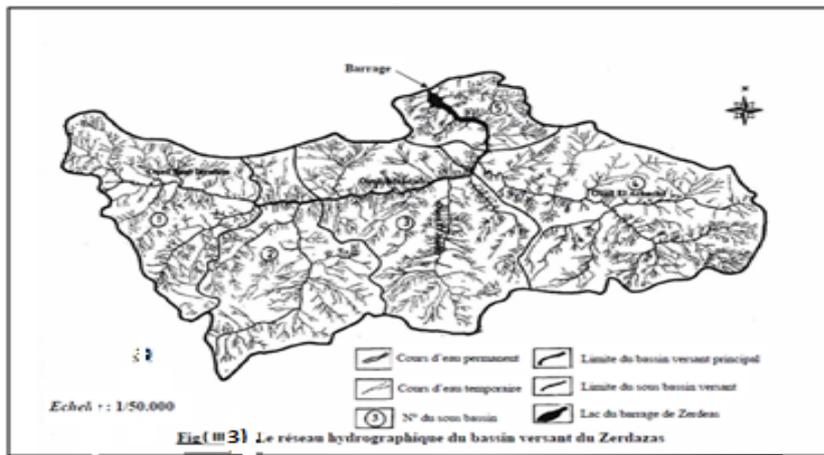
$$R_c = \frac{N_i}{N_{i+1}}$$

Où :

Ni : Nombre des cours d'eau d'ordre (i)

Ni+1 : nombre des cours d'eau d'ordre (i+1)

On constate que le rapport  $R_c = 4$  ; Ce qui implique que le bassin versant de Zerdazas est on cédéré comme homogène.



### III-2-1-6-4-Rapport de longueur :

Est le rapport de la longueur moyenne de talweg d'ordre (X+1) par celle des talwegs 0.d'ordre (x) :

$$R_l = \frac{\overline{l_{x+1}}}{l_x}$$

### III-2-1-6-5-Temps de concentration :

C'est le temps que met une goûte d'eau qui tombe aux point le plus éloigné de l'exutoire, de cours d'eau pour atteindre l'exutoire. Il est estimé à l'aide de plusieurs formules.

#### 1) Formule de GIANDOTTI :

Le temps de concentration selon **GIANDOTTI** est estimé par la formule suivante :

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

Où :

Tc : Temps de concentration exprimé en heure ;

S : Superficie du bassin versant (Km<sup>2</sup>) ;

Lp : Longueur de talweg principale (Km), Lp=33.50 Km ;

Hmoy : Altitude moyenne en (m) ;

Hmin : Altitude minimale en (m) ;

Ce qui donne :

$$Tc = 7,56 \text{ heures.}$$

L'essentiel de ces paramètres a été porté dans les tableaux 2 et 3 :

**Tableau2 : Récapitulatif des paramètres morpho métriques.**

Paramètre	symbole	valeurs	Unité
Superficie planimétrée	S	339.858	Km <sup>2</sup>
Périmètre stylisé	P	93.966	Km
Indice de compacité	K <sub>c</sub>	1.42	/
Altitude moyenne	H <sub>moy</sub>	608.63	m
Altitude médiane	H <sub>50%</sub>	590	m
Altitude maximale	H <sub>max</sub>	1166	m
Altitude minimale	H <sub>min</sub>	189	m
Dénivelée simple	D	650	m
Indice de pente globale	I <sub>g</sub>	15.90	m/Km
Indice de pente de Roche	L <sub>p</sub>	1.27	m/Km
Dénivelée spécifique	D <sub>s</sub>	293.12	m
Longueur du rectangle équivalent	L	37.74	Km
Largeur du rectangle équivalent	l	9.00	Km
Longueur du talweg principal	L <sub>p</sub>	33.5	Km
Temps de concentration	T <sub>c</sub>	7.56	Heur
Densité de drainage	D <sub>d</sub>	3.22	Km/Km <sup>2</sup>
Densité de drainage permanente	D <sub>dp</sub>	0.32	Km/Km <sup>2</sup>
Densité de drainage Temporaire	D <sub>dt</sub>	2.91	Km/Km <sup>2</sup>

### III-2-1-7-Profil en long du cours d'eau principal du bassin versant de Zardezas :

**Tableau 3 : Récapitulatif des paramètres du réseau hydrographique**

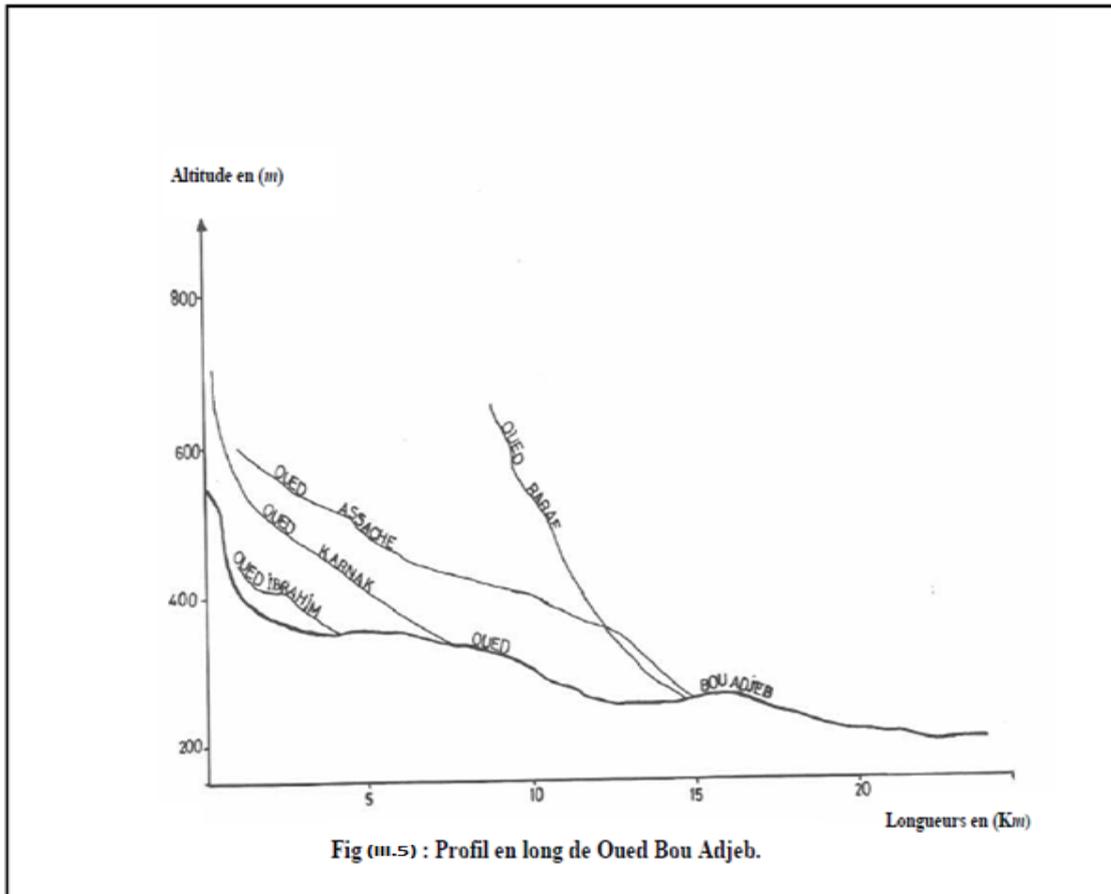
Ordre de cours d'eau 'i'	Nombre (N)	Longueur (m)	$R_c = \frac{N_i}{N_{i+1}}$	$\bar{l}_x = \frac{\sum l_x}{N}$ (Km)	$R_l = \frac{\bar{l}_{x+1}}{\bar{l}_x}$
1	2259	546.28	4.08	0.241	
2	553	307.79	4.80	0.556	2.307
3	115	135.5	4.25	1.178	2.118
4	27	51.225	3.77	1.897	1.610
5	08	25.35	4	3.168	1.670
6	02	23.36	2	11.68	3.686
7	01	6.35		6.35	0.559

L'étude du profil en long, montre une rupture de pente à l'amont, à une altitude de 400m (Fig (II.6)), par contre dans la partie aval, on a une régularité du profil sauf à quelques points de rupture à la confluence d'Oued RARAF et Oued ASSACH à 4.5 Km de l'aval.

Cette variation de la pente est liée à l'action de l'érosion à la tectonique de la région.

Grâce à ce profil, on peut distinguer trois zones :

- 1) **La zone amont** : Présente la première rupture importante à une altitude de 400m au niveau de oued BRAHIM où les pentes sont >20%.
- 2) **La zone intermédiaire** : Se situe entre 300 et 400m caractérisée par une dépression, ce qui montre une zone d'érosion et de transport. Le confluent de oued KARANKA et ASSACH faisant accélérer l'écoulement et abouti à une accumulation d'eau.



3) **La zone avale** : Elle s'étend sur une distance plus importante, caractérisée par des pentes assez faibles  $2m/Km$  à l'approche du barrage ; elle constitue la zone de sédimentation.

On note que le site de retenue est situé aux coordonnées LAMBERT suivantes :

X : 875750 m ;  
 Y : 373600 m ;  
 Z : 189 m.

### III-3- Conclusion :

L'étude des caractéristiques physiques du bassin versant de Zardezas ; nous donne une idée types sur les caractéristiques des bassins côtiers de tell orientale d'Algérie.

*Conclusion*  
*Générale*

## **Conclusion générale :**

Au cours de cette étude, nous avons contribué à l'étude hydroclimatologique du bassin versant qui alimente la cuvette du barrage de Zerdazas. 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 grès et des argiles, ce qui nous permet de dire que les terrains perméables représentent 72% 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 Zardezas est caractérisé par une morphologie variée, avec une superficie de l'ordre 340 Km<sup>2</sup> et un périmètre de l'ordre de 94 Km, de forme allongée. On note que le talweg principal a 33,50 Km de longueur avec un chevelu hydrographique très dense et un écoulement temporaire.

L'étude hydroclimatologique montre que la région de Zardezas 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 760.68 mm ; Une température moyenne annuelle de 19.18°C, et la saison pluvieuse va du mi-septembre 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 520.38 mm.

Le ruissellement est de l'ordre de 175.087 mm et l'infiltration plus faible soit 65.1 mm, ce qui total issu excédent de 8.56% 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 Janvier et Avril, mais à partir du mois d'Avril elle commence à baisser suite à un épuisement de stock.

# *Bibliographie*

## Bibliographie

**MR .R-GURIREM(1998)**,étude hydrogéologique du bassin versant de l'Oud SAFSAF ,wilaya de Skikda,p19

Facule des sciences de la terre. COSTONTINE.

**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.

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

Facule des science de la terre. COSTANTINE.

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

Facule des sciences de la terre. COSTANTINE.

**DR.GUERIREM RABEH (2010-2011)**, contribution a l'étude hydrogéologique du bassin versant de l'OUED SAF-SAF amont SKIKDA .p 15,16,18,p27**MEBARKI A, (1994)** : le barrage d'Hammam Grouz (Haut Rhumel, Constantinois) : bilan perspectives d'un aménagement hydraulique en zone semi-aride, Méditerranée, Revu. Institut Sciences de la terre. Constantine, 34p, 15-22.

**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.

**Vila.J.M, (1980)**. La plaine alpine d'Algérie orientale et ses confins Algéro- tunisiens. Doctorat. d'Etat. Université pierre et Marie curie, Paris VI.

Mr,Kamoukh Sami(2004-2005)étude hydrologique du bassin versant du barrage du Zardezas(centre universitaire de Mila),mémoire Magister ,p48-53.

Mr,Kamoukh Sami(2004-2005)étude hydrologique du bassin versant du barrage du Zardezas(centre universitaire de Mila),mémoire Magister ,p31,35.

Adams S, Titus R, Pietersen K., Tredoux G., Harris C., Hydro chemical characteristics of aquifers near surtherl and in the Western Karoo ,South Africa :Journal of hydrology 2001; 241pp.91-103.

Metha S, Fryar A.E, Banner J L. Controls on the regional- scale Stalination of the Ogallala aquifer, southern high plains, Texas, USA. Applied geochemistry; 2000;15: 849-864.

Schurch M., Vuataz F D, groundwater components in the alluvial aquifer of the Alpine Rhone river vally, Bois de Finges area, Wallis Canton, Switzerland. Hydrogeology journal; 2000; 8 pp.549-563.

Boutaleb S. Impact de la géologie et du climat des bassins versants sur la qualité des eaux d'une grande nappe alluviale en climat semi-aride. Application aux relations hydrologiques entre le haut-Atlas-Occidental et la plaine du Souss. Th. Doct. Univ. Sci. d'Agadir Maroc 170p. 2000.

Brouste L. Hydrochimie et géochimie isotopique de la nappe phréatique de la Comarca Lagunera(Nord-Mexique).Th. Doct. Univ. Paris XI Osray. 1996.

Marjoua A. Approche géochimique et modélisation hydrodynamique de l'aquifère de la Chaouia côtière .Maroc :(Origine de la salinité des eaux). Th. Doct. Univ.Paris VI,179p. 1995.

Laroque A. Comportements hydrochimiques des açudes du Nord-Est Brésilien semi-aride(évolution et prévisions pour un usage en irrigation). Th. Doct. Univ. MontpellierII. 1991.

BEAUREGARD (de) j. (1978) : les bas débits des cours d'eau en France, étiages normaux et exceptionnels .Fréquence, répartition, Bull. BRGM, Orléans, Revu, (2) III, n°3, p. 215-223.

BETHEMONT J. (1977).De l'eau et des hommes. Essai géographique sur l'utilisation des eaux continentales .éditions, Bordas, Paris, 280p.

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

KERFOUCHI M.S. (1984).Le bassin de Saf-Saf .Irrigation et aménagement des ressource en eau. Thèse Doct. 3<sup>ème</sup> cycle, Nancy II 440 p.

LABORDE J-P, (1997): Les différentes étapes d'une cartographie automatique : exemple de la carte pluviométrique de l'Algérie du Nord, université de Nice-sophia Antipolis, URA1476 CNRS, 7p.

LOUHI A, (1996).Pollution des eaux et des sols. Cas de la région de Annaba, Etude des interférences et dosage de Al, Fe, Cu, Zn, Ni, Cr, Pb, Sn, V et Hg par la spectrométrie d'émission

plasma-ARC (DCP-AES), absorption atomique (SAA) et spectrophotométrie UV/VIS.Th .Doct.Univ.Annaba.167 p.

MUTIN G, (1997).L'eau : une ressource rare dans GAMBLIN A, Maghreb, Moyen-Orient : mutations. Dossier des images économiques du monde, Dossier 17, paris, SEDES, p85-132.

FRECAUT R. (1975) : Contribution à l'étude statistique des étiages.Application au domaine tempéré océanique, Rev.Géogr. Est, Nancy, TXV, n°1-2, p 89-99.

Bouguerne A.Etude comparative par analyse hydrologique et hydrochimique des eaux de surface des bassins versants de Oued Rhumel et Oued Boussellem. Mémoire de magister. Univ. Batna. Algérie. 2001.

Debieche TH.Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Application à la basse plaine de la Seybouse. Nord-Est Algérien. Doc. Univ. Franche Comté. France. 2002.

Mekaoussi H. Etude hydrochimique du bassin versant barrage Fontaine des Gazelles.Thèse de magister .Univ. Batna .Algerie. 2003.

Tiri A . Qualité des eaux de surface de Oued Reboa. Batna. Mémoire de magister. Univ. Batna. Algerie. 2005.

Belhadj M.Etude de la pollution des eaux du barrage Zit-Emba-Skikda. Mémoire de magister. Univ. Batna. Algerie. 2006.

Kemmoukh S.Dégradation de la qualité des eaux du barrage de Zerdezas suite à une pollution naturelle.Algerie. 2006.

BENCHAAAR. C (1999).Apport de l'analyse en composantes principales dans l'application des mécanismes hydrochimiques des oueds Seybouse, Kibir Est et Kibir Ouest (Est Algérie).

Mémoire Magister. I. de chimie. Université de ANNABA.

BENCHEIKH-LEHOCINE M. et MEBARKI A., (1999) : Débits de rejets et vulnérabilité à la pollution des eaux des bassins de Kébir-Rhumel et de la Seybouse (Algérie orientale). Actes des journées d'information et d'étude (Constantine, 20-21oct.1998), la nouvelle politique de l'Eau, les Agences de bassins hydrographiques et le bassin Constantinois-Seybouse-Méllègue, ABH-CSM, Constantine, 1999, p.69-79.

# *Annexes*

**Tableau : 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
1986	11	12,4	13,7	17,5	25,4	23,6	29,5	31,7	27,1	22,4	16	11,8
1987	11,9	12,4	13,4	18,6	19,5	25,5	29,3	32	29,7	25,1	16,7	15,3
1988	14,4	12,1	14,7	18,8	22,9	26,1	30	30	24,9	24,6	16,9	11
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
1990	11,6	16,1	15,8	17,5	22,42	27,5	29	28,5	29,4	23,8	16,4	10,8
1991	11,7	11,3	16	15	18,5	25,4	29,7	30,6	27,7	20,9	9,5	11,2
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
1993	11,9	10,9	14	17,6	22,2	25,3	28,6	30,4	26,3	22,2	16,1	13,1
1994	12,3	13,9	16,8	16,6	23,3	26,1	31,1	33,8	27,9	22,1	26	13,7
1995	11,4	15,4	14,9	17,1	23	16,16	29,7	29,9	22,6	22,2	17,5	15,7
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
1997	13,3	13,1	13	16,1	22,2	27,1	27,3	28,2	24,8	21,2	16,6	13,5
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
1999	11,8	9,8	14,8	16,8	23	26,1	27,3	30,7	27,3	23,3	14,7	12,3
2000	12,1	10	16,3	17,3	22,2	23,9	28,5	29,1	25,7	20,1	15,1	14,6
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
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
2003	11,6	10,9	14,6	16,6	21,1	27,9	31	30,9	24,9	22,4	16,9	12
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
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
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
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
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
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
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
2011	6,25	8,65	10,25	13,66	17,99	21,33	26,88	27,88	21,1	17,66	11,54	9,35
2012	6,55	9,22	10,33	13,25	18,24	20,33	27,58	27,66	22,5	18,88	11,65	8,25

**Tableau01 : précipitation moyennes mensuelles en (mm) durant la période:(1968-2012) s .ZARDEZAS**

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC
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
1969	105	44	72,5	655,1	12,2	10,8	4,7	26,2	80,9	56,7	15,5	213,9
1970	42,1	79	80,1	126,1	29,2	0,9	5,8	2,2	2	63,8	1,6	58,2
1971	128,2	28,1	112	44,9	41,9	2,77	5,11	11,7	54,6	162,4	52,2	42,7
1972	166,2	70,8	12,7	13,8	15	112,3	0,7	15,6	622,9	50,2	7,7	143,8
1973	250,5	108,3	135,6	32,2	2,4	32,1	7	16,6	57,3	72,3	32,6	97,3
1974	21,98	61,5	66	71,6	27,5	0,3	13,4	21	23,4	91,7	55,4	45,3
1975	28	120,6	80,1	18,4	77,6	15	23	14,9	8,6	14,6	97,1	41,66
1976	79,6	102,7	78,1	63,2	37,6	13,6	32,6	18,6	59	123,6	133,9	25,1
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
1978	103,5	77,1	59,5	68,3	39,1	1,11	5	17,8	4,5	35,4	98,22	25,7
1979	755,8	19,9	99,8	174,3	19	36,5	7,1	1,7	60,5	44,5	62,9	50,11
1980	57,8	53,1	80	566,9	56,7	3,5	5,8	3,5	124,6	41,3	83,8	161,7
1981	95,1	78,3	68,7	35,4	23	35,9	2,3	17,8	25,3	27,7	41,9	90,8
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
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
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
1985	99,5	46,5	159	38,5	46,3	18	8	1,5	255	32,5	28,5	46
1986	118,5	42	97,5	35	8,5	1	14	3	23	110,8	140	121
1987	58,55	164,5	56,5	39	70,7	38	14,3	0,5	7	23,11	69,2	27,3
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
1989	56,3	51,8	35,66	57,9	3,7	20,4	2	19,7	43,1	73,6	33,7	56,9
1990	148,2	0,3	755,1	61,6	55,9	20,5	5,2	6,6	1	18,5	125,4	169,5
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
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
1993	111	51,4	19	29,9	71,1	8,5	0	2,6	27,1	42,8	17,4	48,2
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
1995	278,2	24,7	17,7	27	2,9	50,2	10	10	76,5	17	39,7	48,2
1996	129,7	242,5	57,9	94,5	59,4	11,5	0,8	10,4	37,4	40,2	35,1	86,3
1997	14,9	24	80	9,3	42,2	71,2	90,8	5	52,7	24,6	44,9	51,9
1998	58,9	13,3	60	18,2	106,4	49,4	223,3	7	18	113,4	55,7	69
1999	38,7	16,2	110	30,2	8,1	40,3	63,5	15,8	140	72,8	45,2	36,2
2000	49,7	5,5	70,5	12,6	2,2	44,8	0	12,5	45,5	33,7	31,7	25,1
2001	39,2	20	60,6	50,8	40,3	8,9	95,5	6,4	127,7	83,6	11	72,2
2002	12,4	21,4	23,8	21,9	21,1	32,5	160,7	17,8	41,9	108,8	23,6	72
2003	34,3	30	40,5	20,3	89,9	42	38,8	10,2	224,4	114	41	116,9
2004	69,3	18,3	50,5	30,5	41,7	32,5	231,4	2	110,2	120,3	41,1	118,1
2005	4,3	14,01	50,6	30,6	33,2	40,3	55,3	2,7	115,9	137,6	41,2	119
2006	101,8	85,3	37,3	10,6	45,7	0	0,3	2,82	35,5	28,1	35,6	161,8
2007	8,35	15,1	60,2	33,66	15,4	2,3	3,5	3,5	38,9	50,3	48,56	103,5

2008	202,2	125,1	33,7	95,1	15,54	20,3	0	3,28	35,5	41,6	49,2	185,13
2009	120	150,22	47,32	96,56	35,2	3,3	0	5,8	46,2	62,3	110	88,6
2010	148,3	123,38	46,62	71,55	34,2	13	1,2	0,4	35,9	23,5	35,56	98,6
2011	145,2	135,26	41,22	61,8	12,34	11,2	4,6	8,3	38,8	43,3	36,23	62,3
2012	183,2	132	34,62	81,51	15,38	6,33	4,6	6,6	15,86	52,6	115,2	69,2

**Tableau02 : précipitation moyennes mensuelles en (mm) durant la période:(1968-2012) s .ZARDEZAS**