



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Larbi Tébessi –Tébessa-
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie



Département : Sciences de la Terre et de l'univers

Mémoire pour l'obtention du diplôme de MASTER
Domaine : Sciences de la terre et de l'univers
Filière : Géosciences
Option : Hydrogéologie

Thème:

**Etude hydrogéologique des conditions
de l'émergence de la source Dalaa et les
causes de son tarissement**

Présenté par :

Sarra Zoghlami

Devant le jury :

Pr . Boubaya Djamel	Université Larbi Tebessi –Tébessa-	Président
Pr. Baali Fathi	Université Larbi Tebessi –Tébessa-	Examinateur
Pr . Fehdi chams- eddine	Université Larbi Tebessi –Tébessa-	Encadreur
Dr. Djebassi Toufik	ANRH .Antenne de Tébessa	Invité

Session : Juin 2022

ملخص:

عين الضلعة قرية ريفية تقع شمال شرق الجزائر، وتبلغ مساحتها 202 كيلومتر مربع تقع في سهل مسكيانا. يتكون العمل الحالي من دراسة هيدروجيولوجية لظروف نشوء مصدر الضلعة وأسباب جفافه. يتميز الخزان الغريني بعناصر تكتونية بسيطة، طيات ما قبل الميسين للاتجاه الجنوبي الغربي الشمالي الشرقي العام، أما بالنسبة لمناخ المنطقة فهو شبه جاف وتسببت في تدهور كمية المياه الجوفية في سهل منطقة دراستنا. في السنوات الأخيرة تواجه عين الضلعة حاليًا طلبًا متزايدًا على المياه بسبب التطور الديموغرافي للمنطقة بالإضافة إلى تطور الاحتياجات المائية للسكان والزراعة والصناعة حيث تسببت في تدهور كمية المياه الجوفية. على مدى السنوات القليلة الماضية شهدت موجة جفاف أثرت على المنطقة بأكملها. دون أن ننسى وضع المصدر في منطقة محصورة بين ثلاث ولايات (تبسة وأم البواقي وخنشلة. مما جعل إدارتها صعبة في النهاية، فإن نتائج هذه الدراسة تتماشى تمامًا مع الأسئلة التي أثيرت في المشكلة الأولية.

كلمات مفتاحية: عين الضلعة، جفاف، شبه قاحل، تطور ديمغرافي.

Abstract

Ain Al-Dalaa is a rural village located in northeastern Algeria, with an area of 202 square kilometers. It is located in the plain of Meskiana

The present work consists of a hydrogeological study of the conditions of the emergence of the source of the rib and the reasons for its drying.

The alluvial reservoir is characterized by simple tectonic elements, ante-miocène folds of the general southwest, northeast, direction. As for the region's climate, it is semi-arid.

And caused the deterioration of the amount of groundwater in the plain of our study area.

In recent years, Ain Al Dhala'a is currently facing an increasing demand for water due to the demographic development of the area in addition to the development of water needs of the population, agriculture and industry, which have caused the deterioration of the amount of groundwater.

Over the past few years, a drought has affected the entire region

Without forgetting to put the source in an area sandwiched between three states (Tebessa, Oum El Bouaghi and Khenchela. This made it difficult to manage.

In the end, the results of this study are fully in line with the questions raised in the initial problem

Keywords: ain dalaa, drying up, semi-arid, demographic evolution

Résumé

Ain Dalaa est un village rural, au nord est de l'Algérie, d'une superficie de 202 km². se situe a la plaine de Meskiana

Le présent travail consiste une étude hydrogéologique des conditions de l'émergence de la source Dalaa et les causes de son tarissement

La nappe alluviale est caractérisée par des éléments tectoniques simples les plissements anté-miocène de direction générale Sud-ouest Nord-est, quant à le climat de la région est semi-aride.

Dans dernières années les activités agricoles contribuent d'une part, et la consommation , à l'accroissement des besoins en eaux et a provoqué, la dégradation de la quantité des eaux de nappe de La plaine de notre région d'étude

Ain Dalaa fait face actuellement à une demande en eau sans cesse croissante du fait de l'évolution démographique de la région ainsi que l'évolution des besoins en eau de la population, de l'agriculture et de l'industrie. depuis les dernières années la région a une sécheresse qui a sévi toute la région.

Sans oublier la situation de la source dans une zone à cheval, entre trois wilayas (Tébessa, Oum Bouaghi et Khenchela. Ce qui rendu difficile sa gestion.

En fin les résultats issus de cette étude concordent donc parfaitement avec les questions évoquées dans la problématique de départ.

Mots clés : ain dalaa, tarissement, semi-aride, évolution démographique, sécheresse

Dédicace

Je dédie ce modeste travail, comme preuve de respect, de gratitude, et de reconnaissance à :

Mon cher père et ma chère mère que dieu les garde et les protège qui ont été le guide affectueux et attentif, la source de confiance et sérénité. En reconnaissance pour leur soutien moral et pour toutes les charges assurées au cours de ces longues années.

Mon frère et mes sœurs , pour leurs encouragements permanents et leur soutien moral

Mon cher mari, pour la patience et le soutien dont il a fait preuve pendant toute la durée de ce travail et à qui je voudrais exprimer mes affections et mes gratitude.

Ma princesse EVA et tous mes neveux et mes nièces

Mes amies, ma famille, et à tous ceux qui, ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail

Sarah Zoghlami

Remerciements

En tout premiers lieu ; je remercie Dieu le tout puissant et miséricordieux ; qui m'aide et donne la force ; la patience et courage durant ces longues années d'étude ; d'accomplir ce modeste travail.

J'exprime mes profondes gratitude et respectueuses reconnaissances à mon encadreur Pr. FEHDI CHAMS-EDDINE pour son bon volonté d'accepter de m'encadrer et pour tout le temps qu'il m'a accordée et pour tous les conseils qu'il m'a prodigué.

J'adresse également mes plus vifs remerciements à dr. Djebassi Toufik De ANRH –Tébessa- pour ses nombreux conseils et ses informations je suis heureuse de lui exprimer ici ma respectueuse reconnaissance.

Je voudrais ensuite remercier les membres du jury pour m'avoir guidé et fait l'honneur d'évaluer mon travail

j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches et amies qui ont contribué de près ou de loin à ce mémoire.

je remercie toutes les personnes, qui de près ou de loin, m'ont aidé à la réalisation de ce travail.

En fin je remercie Tout le corps enseignant et personnel de département de la science de la terre qui a contribué de près ou de loin à ma formation.

Sarah Zoghlami

Liste des tableaux

Tableau N°	Titre	Page
II.1	Caractéristiques hydrogéologiques et géophysiques des formations	15
III.1	Les coordonnées de station Météorologique	17
III .2	Estimation du coefficient mensuel de correction des précipitations	18
III 3	Les coordonnées Lambert de la station de mesure de Tébessa (météo de Tébessa).	18
III.4	Indices d'aridité mensuels (I) à la station de Meskiana.	20
III.5	Variation des précipitations au niveau de la station de Meskiana	22
III.6	Coefficient de correction K dépend du site considéré (climat semi aride)	26
III.7	Bilan hydrologique moyen (1971/1972-2004/2005) à la station de Meskiana, par la méthode de Thornthwaite.	26
III.8	Répartition des précipitations la station de Meskiana	29
IV .9	la répartition mensuelle de pluies dans la région de l'Ain Dalaa	32
IV.10	Fiche de suivie de la source de Ain Dalaa	46

Liste des figures

Figure N°	Titre	Page
1	Situation géographique de la plaine de Meskiana.de l'Oued Meskiana (Gouaidia,2008)	4
I.2	Coupes géologiques dans le bassin de Meskiana(Gouaidia,2008)	6
I.3	Schéma lithostratigraphique des formations géologiques du bassin de Meskiana 7	
I.4	Esquisse tectonique de la région de Meskiana, J.M.VILA (1980).	10
II.6	carte de position des sondages électriques verticaux et des profils	12 14
II.7a	Coupe géo électrique du profil B.	
II. 7b	Coupes géo électriques des profils E et H.	14
III. 8	Application de la loi de double cumul après correction des erreurs.	18
III.9	Evolution de la température moyenne annuelle à la station de Meskiana pour la période (1997/1998-2017/2018).	21
III.10	Variation de la température moyenne mensuelle à la station de Meskianapour la période (1972/1973-2004/2005).	21
III.11	Courbe Ombrothermique de la station de Meskiana	23
III.12	Evolution des précipitations annuelles à la station de Meskiana pour la période (1997/1998-2017/2018).	23
III.13	Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station deMeskiana pour la période (1997/1998-2017/2018).	24
III.14	Bilan hydrologique à la station de Meskiana,par la méthode deThornthwaite pour la période (1997/1998 -2017/2	27
IV.15	Carte géologique des synclinaux de l'Ain Dalaa	34
IV.16	Carte géologique des synclinaux de Zoui	
34		
IV.17	Coupes géologiques dans le synclinal de Ain Dalàa	36
IV.18	Esquisse tectonique de la région de Ain Dalaa	38
IV.19	Piézomètres utilisés dans la région Gueriger	42
IV.20	Coupes géologiques passant par les lignes de sondages	45
IV.21	Courbe de suivi de la source Ain Dalaa (2005/2013)	47

Liste des symboles :

ACP : Analyse en Composantes Principales

CE : Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

DA : Déficit Agricole (mm)

Da : Densité apparente du sol

ETP : Evapotranspiration potentielle (mm)

ETR : Evapotranspiration Réelle (mm)

EX : Excédent en eau du sol (mm)

I : Indice d'aridité

I : Infiltration de l'eau dans le sol (mm)

K: Perméabilité (m/s)

P : Précipitations (mm)

P : Profondeur de la couche traversée par les racines (cm)

Q₂ : Quotient pluviométrique

R : Ruissellement (mm)

RFU : Réserve Facilement Utilisable (mm)

SAR : Sodium Absorption Ratio

T : Température ($^{\circ}\text{C}$)

T : Transmissivité (m^2/s)

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	1
CADRE GENERAL	3
1-Situation géographique	3
2-APERCU GEOLOGIQUE	3
3-APERCU CLIMATOLOGIQUE	3
4-APERCU ECONOMIE	3
Chapitre I : GEOLOGIE	
I. CADRE GEOLOGIQUE :	4
I.1 INTRODUCTION :	4
I.2 DESCRIPTION LITHOLOGIQUE DES FORMATIONS	4
I.2.1 TRIAS	4
I.2. 2 CRETACE	7
a) Aptien :	7
b) Albien et Cénomaniens inférieur	7
c) Cénomaniens moyen et supérieur	7
d) Turonien	7
e) Emschérien (Coniacien – Santonien)	7
f) Campanien	7
g) Maestrichtien	7
I.2.3 PALEOGENE	7
a. Paléocène	7
b. Eocène	9
I.2.4 NEOGENE	9
✓ Miocène	9
I.2.5 QUATERNAIRE	9
A. Villafranchien	9
B. Glacis polygéniques nappant les reliefs	9
C. Alluvions actuelles et récentes	9
I.4 APERCU TECTONIQUE	9
I.3 Géologie aquifère	9
I.5 CONCLUSION	
Chapitre II : GEOPHYSIQUE APPLIQUEE	
II.1 INTRODUCTION	12
II.2 Prospection électrique	13
II.2.1 Interprétations des résultats de la prospection électrique	13
II.2.2 Apport de la prospection électrique :	13
II.3 CONCLUSION	
Chapitre III : HYDROCLIMATOLOGIE	
III.1 INTRODUCTION	17
III.2 CLIMATOLOGIE :	17
III.3 Méthode des rapports :	17

III.4 Indice de De Martonne	19
III.5 Indice d'aridité mensuel	19
III.6 ETUDE DES FACTEURS CLIMATIQUES	20
III.6.1 LA TEMPERATURE :	20
III.6.1.1 Variations des températures moyennes annuelles	20
III.6.1.2 Variations de la température moyenne mensuelle	21
III.7 LA PLUVIOMETRIE	22
III.7.1 Diagramme ombrothermique :	22
III.7.1 Variations interannuelles des précipitations	23
III.7.2 Variations moyennes mensuelles des précipitations	23
III.8 Variation de précipitation	24
III.8.1 Estimation de l'évapotranspiration	24
III.8.1.1 Introduction	24
III.8.1.2 Évapotranspiration réelle (ETR) :	24
❖ Formule de TURC	25
III.8.1.3 Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP)	25
❖ Formule de THORNTHWAITE	25
III.9 CONCLUSION	28

Chapitre IV : HYDROGEOLOGIE

IV.1 INTRODUCTION	31
IV.2 Stratigraphie	33
IV.3 Tectonique	37
IV.4 Hydrogéologie générale	39
IV.5 Le système hydraulique de l'Ain Dalaa	40
IV.6 Les travaux	
IV.7 L'état actuel de Ain Dalaa	43
IV..Conclusion	46
➤	
V.15. CONCLUSION	
Conclusion générale	

INTRODUCTION GENERALE :

L'eau est un élément indispensable à la vie et revêt de l'importance pour d'innombrables activités humaines dans plusieurs domaines alimentation en eau potable, industriel, agriculture. L'eau peut être rare à certains endroits, dans le cas de la plaine de Meskiana leur nappe est influencé par plusieurs facteurs sont :

Les conditions climatiques ; climat semi-aride très sévère, avec une forte évapotranspiration.

- la lithologie qui caractérisée par les formations triasiques et évaporitiques
- rejets urbains non contrôlés
- l'utilisation intensive d'engrais chimiques et de fertilisants dans l'agriculture.

Ces facteurs permettent la diversification et la concentration des minéraux dans les eaux souterraines de la nappe de Meskiana qu'utilise essentiellement à l'irrigation et l'alimentation en eau potable.

L'irrigation avec des eaux riches en sels peut entraîner la fixation de sodium par le complexe adsorbant du sol, donc un processus de salinisation, avec ses conséquences éventuelles pour les propriétés du sol : tendance à la dispersion des argiles, à la dégradation de la structure, Cependant ces pratiques d'irrigation accroissent le risque de salinisation, au point que plus de 20 % des sols irrigués sont affectés par un problème de salinité en Algérie

C'est dans ce cadre que cette étude a été menée, afin d'analyser la qualité des eaux au niveau de la dite nappe.

Quelques études, déjà réalisées sur la plaine de Meskiana (mémoires d'ingénieur, de Magister et une thèse de Doctorat), ont signalé l'influence de la nature lithologique sur la minéralisation des eaux souterraines. Les facteurs climatiques ont également contribué à la variation de cette minéralisation.

Dans cette étude, nous allons essayer de mieux comprendre l'impact de la minéralisation sur la qualité de cette ressource souterraine et d'optimiser l'interprétation des analyses physico-chimiques en utilisant des moyens plus adéquats.

Le programme d'action pour la réalisation de ce travail doit répondre aux préoccupations suivantes :

- ✓ Quel est l'état actuel de la qualité chimique des eaux souterraines de la nappe?
- ✓ Quels sont les mécanismes physico-chimiques régissant l'évolution des éléments chimiques dans le temps et dans l'espace (influence de la lithologie et des facteurs climatiques sur le chimisme de la nappe)?
- ✓ Quel est l'origine des éléments chimiques dans les eaux des Meskiana ?

Afin de répondre à ces préoccupations, nous allons adopter la méthodologie suivante :

- Étude du cadre naturel et hydrodynamique en relation avec la qualité chimique.
- Étude des paramètres physiques et chimiques de l'eau.
- Étude des dépendances et relations entre les divers paramètres physico-chimiques de l'eau.
- Étude des mécanismes d'acquisition de la minéralisation des eaux souterraines.
- Étude origines des éléments chimiques.

Pour concrétiser ce programme de travail, un suivi saisonnier (basses et hautes eaux) de la qualité physico-chimique et piézométrique des eaux souterraines a été réalisé. Plusieurs outils (géologique, hydrodynamique, chimique, statistique et informatique) ont été utilisés afin de mieux interpréter les données acquises

Les explications des phénomènes et le détail des résultats seront présentés dans les chapitres qui constituent ce mémoire.

Le premier expose les caractéristiques physico-géologiques de la plaine.

Le deuxième détaille la géométrie de l'aquifère basée sur la prospection électrique et la carte piézométrie. L'élaboration de cette étude confirmera la disposition des formations géologiques et leur susceptibilité en tant qu'aquifère.

A la fin de ce chapitre, on a pu acquérir une vision plus précise sur la géométrie et l'extension des couches qui pourraient être aquifères ainsi que sur leur composition lithologique (qui influe sur le chimisme de la nappe) une étude des différents paramètres climatiques, tels que le type de climat, l'évolution des précipitations, l'évolution des températures, l'estimation de l'évaporation et le calcul du bilan hydrologique par la méthode de G.W.Thornthwaite.

Le troisième chapitre. Le second a été consacré aux caractéristiques hydrogéologiques (conditions aux limites, piézométrie et paramètres hydrodynamiques de la nappe), à l'évolution et à la répartition des éléments chimiques, ainsi qu'à la détermination des différents minéraux qui existent dans les eaux souterraines.

CADRE GENERAL

1- Situation géographique :

La plaine de Meskiana s'étend sur une superficie de 1700 km² et se localise au Nord-Est algérien, à 200 km de la mer Méditerranée (figure 01) et fait partie du haut bassin de l'oued Mellègue. Elle constitue également une partie intégrante des hauts plateaux qui sont représentés par un réseau serré de montagnes de moyenne à forte altitude, plus ou moins séparées par des dépressions. Plusieurs agglomérations se localisent dans la plaine d'étude, à savoir Bellala, Dalâa, Meskiana, Rehia et Zebar, comptant plus de 48000 habitants selon un recensement fait en 2004. Vu sa situation géographique.

Les limites géographiques du bassin de Meskiana sont présentées comme suit :

- ✓ Limite Nord : Djebel Mesloula, Argoub El Mnachir et Djebel Khannaga ;
- ✓ Limite Nord-Ouest : Djebel Chettaya, Djebel Bou Thokhma, et Djebel Ahmar ;
- ✓ Limite Nord-Est : Djebel Belkfif ;
- ✓ Limite Sud-Est : Djebel Gouriguer, Djebel Es Stih, et Djebel Khemalal ;
- ✓ Limite Sud-Ouest : Djebel Boutoukhma et Chott Esbikha.

2- APERCU GEOLOGIQUE :

Sur plan géologique, le bassin de Meskiana est constitué de formations sédimentaires autochtones nord-aurésiennes qui se trouvent dans la partie orientale des hautes plaines constantinoises. Ces formations comprennent (KUSCER, 1985) :

- ✓ des terrains anciens représentés par le Trias apparaissant en diapirs (exemple : Djebel Mesloula et Djebel Blkfif) ;
- ✓ d'importantes assises d'âge créacé (Aptien et Maestrichtien) formées des marnes et des calcaires ;

- ✓ divers recouvrements continentaux représentés par des alluvions actuelles et récentes, des grès, des sables et de graviers, représentant le Mio-Plio-Quaternaire.

3- APERCU CLIMATOLOGIQUE :

La plaine de Meskiana caractérisée par un climat semi-aride où les précipitations moyennes interannuelles enregistrées ne dépassent pas 340 mm, accompagnées d'une évapotranspiration réelle de l'ordre de 315 mm. Celle-ci conduira à des eaux concentrées en sels (LACHARME, 2001).

4- APERCU ECONOMIQUE:

La plaine de Meskiana appartient à un domaine sub-saharien, d'un climat semi-aride à faibles précipitations et par conséquent le développement du couvert végétal est limité. Les agglomérations n'ont été dotées d'aucune infrastructure industrielle, à l'exception d'une usine de laines et textiles actuellement à l'arrêt, alors que l'agriculture et l'élevage se sont bien développés. En effet, cette région appartient, agro-écologiquement, aux hautes plaines intérieures orientales céréalières, qui ont des microclimats généralement contraignants (hiver froid à très froid, été chaud à très chaud et sec). La pluviosité est généralement limitée et l'eau constitue l'élément clé du système de culture mis en place. Durant les années pluvieuses où l'eau d'irrigation est disponible, on rencontre les cultures maraîchères, les cultures fourragères et les céréales avec un assolement biennal et parfois triennal, alors que durant les années de sécheresse, les cultures maraîchères et fourragères seront réduites et on se contente des céréales pour seulement équilibrer les revenus des agriculteurs. Ces dernières années, le secteur de l'agriculture et de l'élevage a connu un épanouissement important suite au lancement des

programmes de PNDA en 2000 et celui du FNRDA en 2001. Ces programmes ont provoqué l'extension des terres irriguées et multiplié les cycles cultureux.

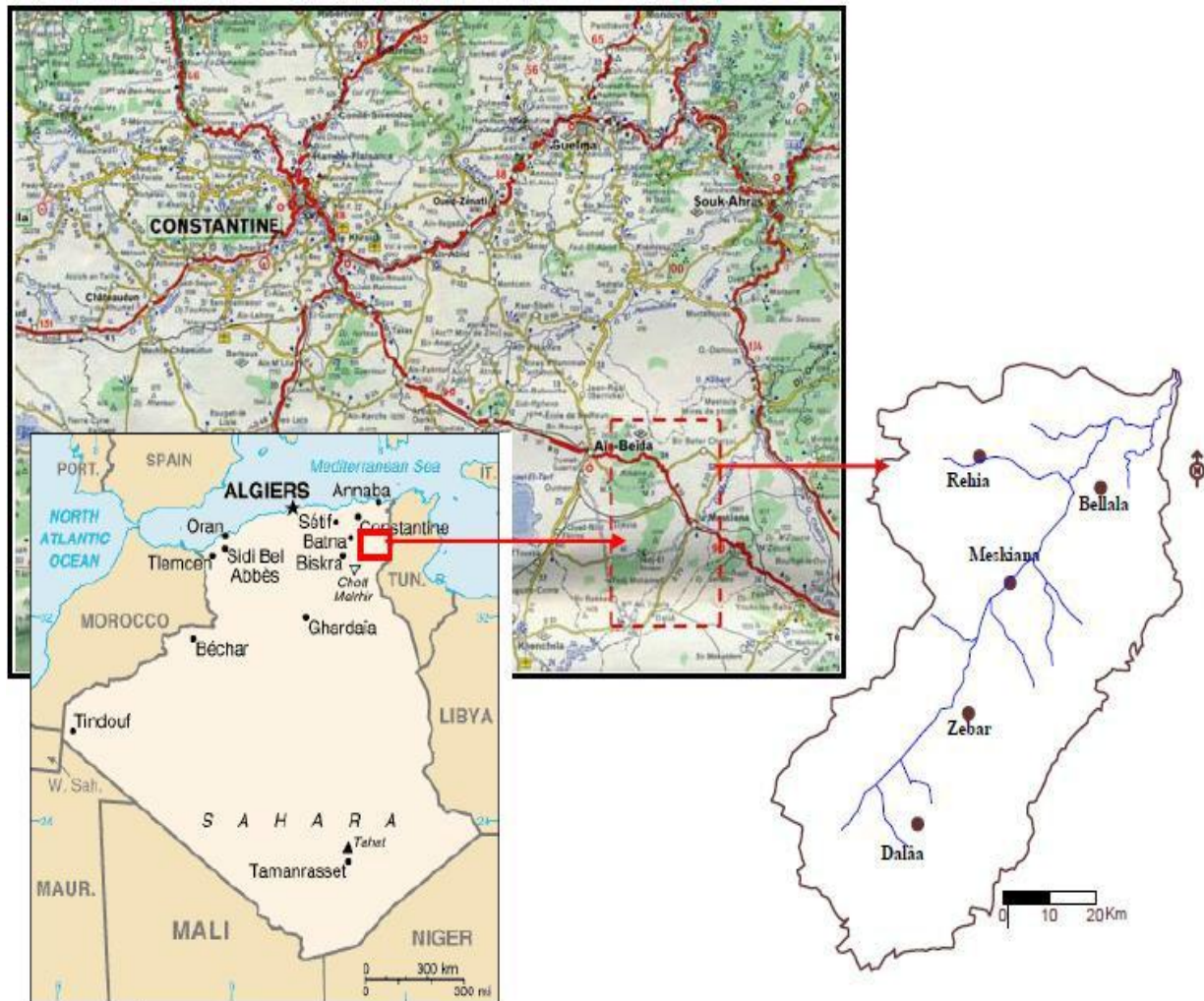


Figure 01 : Situation Géographique de la Plaine de Meskiana (Rahal Omar ;2014)

Chapitre 01 :

Géologie

I. CADRE GEOLOGIQUE :

I.1 INTRODUCTION :

La géologie de la région d'étude a été déduite de celle du bassin de la Meskiana a été étudiée par de nombreux géologues chercheurs tels que : M.G.BETIER et al. (1951), qui ont réalisé la carte géologique de l'Algérie au 1/500.000, J.M. VILA (1977) qui a réalisé la carte de Dalâa, la carte de F'Kirina, la carte d'Ain Beida au 1/50000, D. KUSCER et al. (1985), qui ont réalisé la carte de Meskiana au 1/50000 et S.DOZET (1985), qui a réalisé la carte d'El Aouinet au 1/50000. La zone Nord-Est, qui fait partie de la carte de Youks-Les Bains, a été cartographiée par W.M. KOWALSKI (2002).

Ces travaux sur le bassin de Meskiana ont montré qu'il s'agit des terrains sédimentaires autochtones Nord-Aurésiens (J.M. VILA, 1980) qui se trouvent dans la partie orientale des hautes plaines constantinoises. Ces formations sont constituées de :

- Terrains anciens représentés par le Trias à faciès lagunaire, apparaissant en diapirs ;
- Très importantes assises d'âge crétacé (Aptien et Maestrichtien) formées de marnes et de calcaires ;
- Des grès et des calcaires gréseux marins formant la base du Miocène ;
- Divers recouvrements continentaux représentant le Mio-Plio-Quaternaire.

Deux grands ensembles représentent la litho stratigraphie du bassin de Meskiana

-Le premier est constitué essentiellement par les formations crétacées et tertiaires qui affleurent dans les bordures ;

-Le second est formé, en général, par un recouvrement Mio-Plio-Quaternaire qui se dépose dans la plaine (figure 02).

Ces deux ensembles constituent une série stratigraphique complète que nous allons décrire ci- après:

I.2 DESCRIPTION LITHOLOGIQUE DES FORMATIONS :

I.2.1 TRIAS :

Le Trias est représenté par des masses chaotiques sans stratification (J.M. VILA, 1977).marquant ainsi le Trias du constantinois. Ces roches triasiques forment des diapirs, qui sont partout en contact anormal avec les couches plus récentes. :

- Au Nord, à proximité d'El Aouinet.
- Au Nord-est (Djebel Belkefif).

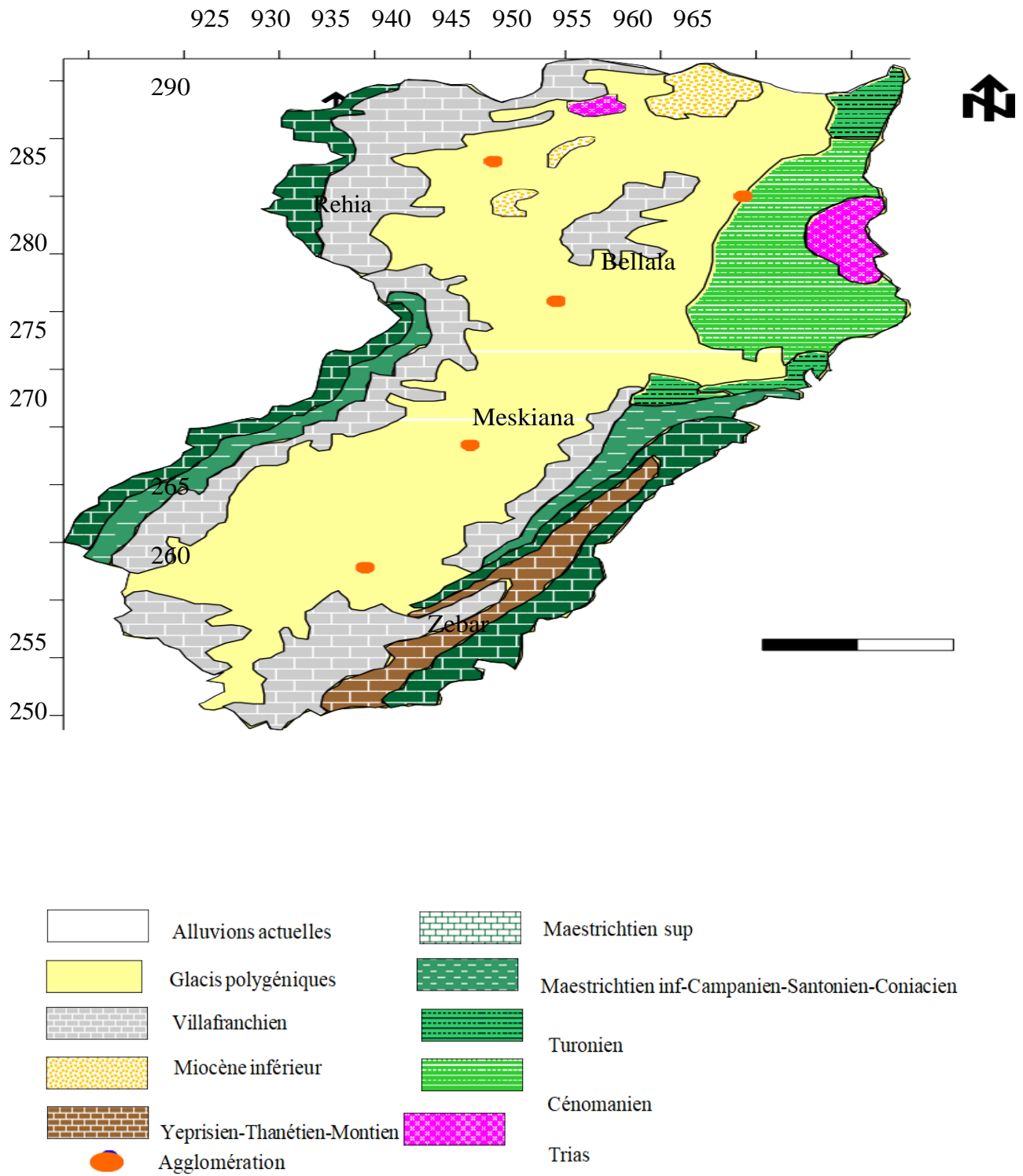


Figure I.2: Carte géologique schématique du bassin de l'Oued Meskiana (Gouaidia, 2008)

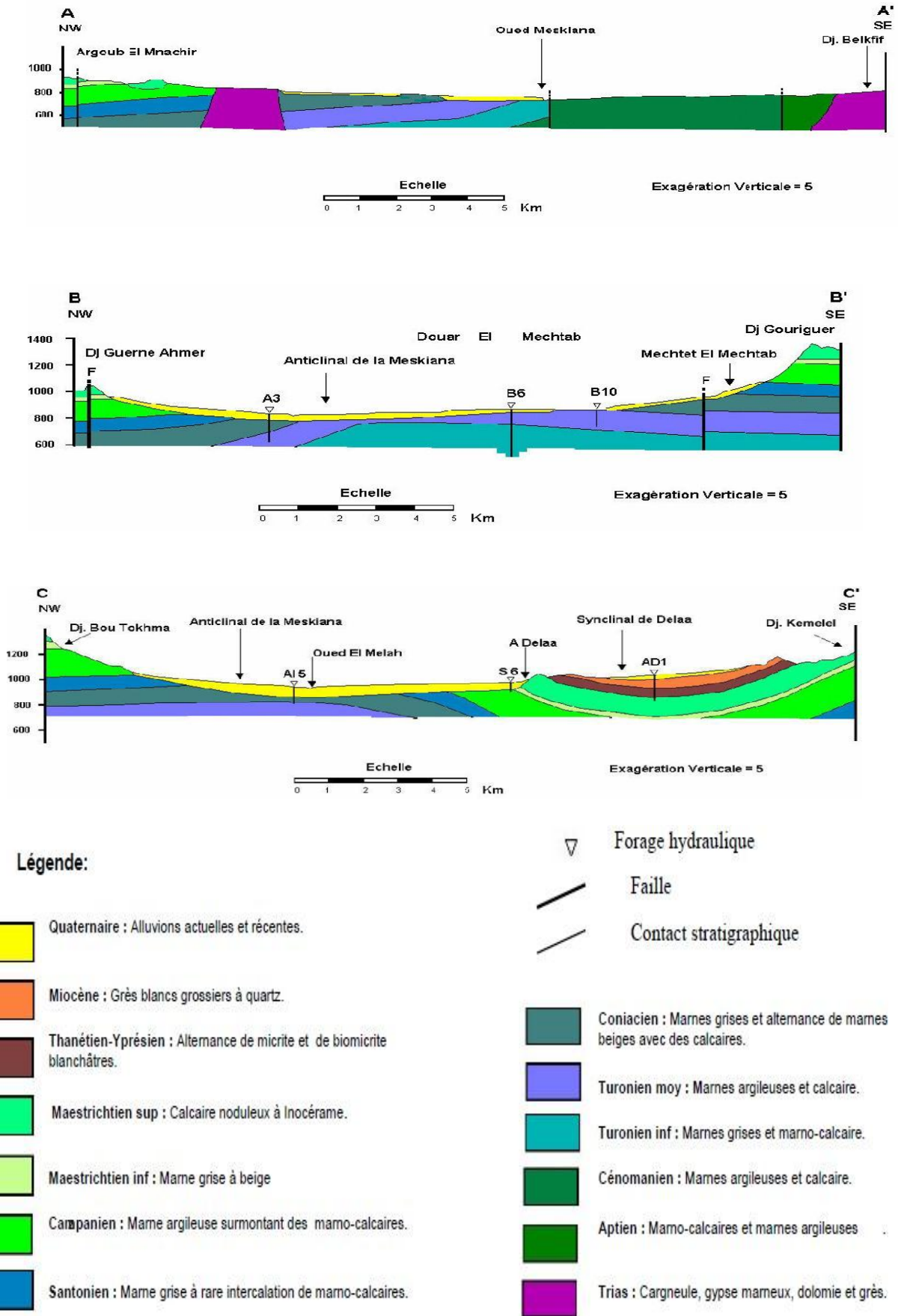


Figure I.3: Coupes géologiques dans le bassin de Meskiana (Gouaidia,2008).

I.2. 2 CRETACE :**a) Aptien :**

Il s'agit de formations de dimensions assez réduites affleurant au Nord, qui sont en contact anormal avec des époinements triasiques, au niveau de Mesloula, Djebel Belkefif, Argoub EzZitoun et Kodiat El Hadjel.

Les formations aptiennes comprennent deux faciès, le premier marno-calcaro-gréseux et le second à calcaires récifaux (DOZET, 1985).

b) Albien et Cénomaniens inférieurs :

Ces formations sont observées au Djebel Belkefif et à Mesloula avec des épaisseurs très réduites, n'excédant pas 100 m.

c) Cénomaniens moyens et supérieurs :

Cet étage se présente à la limite Nord-Est de la plaine (région de Bellala), sous forme d'une série très puissante dont l'épaisseur varie de 600 m à 1000 m.

d) Turonien :

Il est observé au Nord-Est à Douar El Machtab et il est représenté par :

- Turonien basal
- Turonien moyen et supérieur

e) Emschérien (Coniacien – Santonien) :

Le long des bordures Est et Ouest, l'Emschérien se présente par :

- Le Coniacien est formé par des alternances de marnes beiges ou grises et des calcaires gris biodétritiques et grumeleux. L'épaisseur du Coniacien est de 90 m (figure 3, coupe CC').
- Le Santonien se compose de marnes grises et de calcaires marneux à inocérames, avec une épaisseur d'environ 100 m.

f) Campanien :

Il affleure sur les deux bordures occidentales, à Djebel Bou Thokma, et orientale, à Djebel Gourigueur.

g) Maestrichtien :

Les calcaires maestrichtiens forment les monts du Djebel Gourigueur, Djebel Bou Tokhma et Djebel GarneLahmar.

- ❖ Le Maestrichtien inférieur est marqué par une dominance marneuse. La série ne dépasse pas 40 m d'épaisseur.
- ❖ Le Maestrichtien supérieur est représenté par une formation calcaire

I.2.3 PALEOGENE**a. Paléocène :**

Il est observé seulement à la limite orientale, entre Djebel Guerigueur et Djebel Serdies. Il est représenté par une série de 50 m de puissance.

b. Eocène :

Il a été reconnu sur les flancs Est et Ouest du vaste anticlinal de Meskiana, notamment à Djebel Gourigueur et au synclinal de Ain Dalâa. Il est caractérisé par :

- ❖ des formations montiennes.
- ❖ des formations thanétio-yprésiennes

I.2.4 NEOGENE :**✓ Miocène :**

Les affleurements du Miocène sont de dimensions réduites et se répartissent dans la partie Nord de la plaine surtout à Mesloula, Argoub El Manchar, Argoub EzZitoun, Kodiat El Agab, KodiatRehia et Kodiat Naga.

I.2.5 QUATERNAIRE :**A. Villa franchien :**

L'aspect le plus fréquemment rencontré est celui des croûtes calcaires massives et blanches. Ces formations perchées par rapport aux surfaces précédentes sont faciles à repérer, probablement karstifiées ou dissoutes.

B. Glacis polygéniques nappant les reliefs:

Ces glacis s'étendent sur de grandes surfaces de la plaine en pente douce.

C. Alluvions actuelles et récentes:

Ces alluvions ont une extension limitée à la vallée de Meskiana.

Les différentes formations géologiques du bassin de Meskiana se résument dans la figure 04.

I.3 Géologie aquifère :

L'examen de la série litho stratigraphique décrite plus haut permet d'identifier

Quelques formations perméables susceptibles d'être aquifères

On peut citer :

- ❖ Les calcaires turoniens ;
- ❖ Les calcaires du Maestrichtien supérieur ;
- ❖ Les calcaires de l'Eocène, qui constituent le synclinal perché de Zoui- Ain Dalâa ;
- ❖ les formations plio-quadernaires qui sont très perméables et se rapprochent progressivement de la surface du sol du Sud-ouest au Nord-est, suite à la remontée du substratum.

	Etage	Epaisseur (m)	Lithostratigraphie	Lithologie
QUATERNAIRE	Quaternaire	?		Limons gris et des graviers ; Croûtes rosâtres feuilletées ; Croûtes calcaires blanches .
NEOGENE	Tortonien- Langhien	60		Gres blancs grossiers à quartz
PALEOCEN	Thanétien-Yprésien	200		Alternance de micrite décimétrique gris-blanchâtre et biomicrite décimétriques ou métriques blanchâtre.
	Montien	70		Marnes grises verdâtres
CRETACE	Maestrichtien sup	150		Calcaires noduleux ocrés avec quelques nodules de silex de couleur blanchâtre.
	Maestrichtien inf	50		Marnes gris-beiges.
	Campanien	230		Marnes noires Marnes et micrites
	Santonien	100		Marnes grises ou beiges à rares intercalations marno-calcaires.
	Coniacien	150		Marnes grises et alternance de marnes beige et calcaire gris.
	Turonien moy et sup	150		Alternance de marnes grises à beige et calcaire zoogène noduleux.
	Turonien inf	200		Marnes grises ou noires avec une intercalation de marno-calcaire blanchâtre.
	Cénomaniens sup et moy	800		Marnes argileuses à plaquette de calcite et rare intercalation de marnes, de marno-calcaire et de calcaire.
	Albien et Cénomaniens inf	55		Calcaires et marnes argileuses noires
	Aptien	10		Marnes grises, biomicrite et dolomie.
TRIAS	Trias	?		Cargneule jaunâtre, dolomie noire, grès, gypse mameux et gypse fibreux.

Figure I.4: Schéma lithostratigraphique des formations géologiques du bassin de Meskiana .
(Ghouaidia ;2008.)

I.4 APERCU TECTONIQUE :

La plaine de Meskiana appartient à l'Atlas saharien (J.M. VILA, 1980). Elle est caractérisée par des éléments tectoniques simples, tels que les plis de direction NE-SW et les dislocations qui ont souvent un cours transversal à la direction de ces plis. On rencontre également des structures particulières, qui se sont survenues sous l'influence de la tectonique diapirique. La période crétacée a été, du point de vue tectonique, assez calme (DOZET, 1985). Des grandes activités qui se sont déroulées durant cette période, on cite une subsidence continue au Sud du bassin et les soulèvements relatifs de quelques parties septentrionales de ce dernier (figure 04)

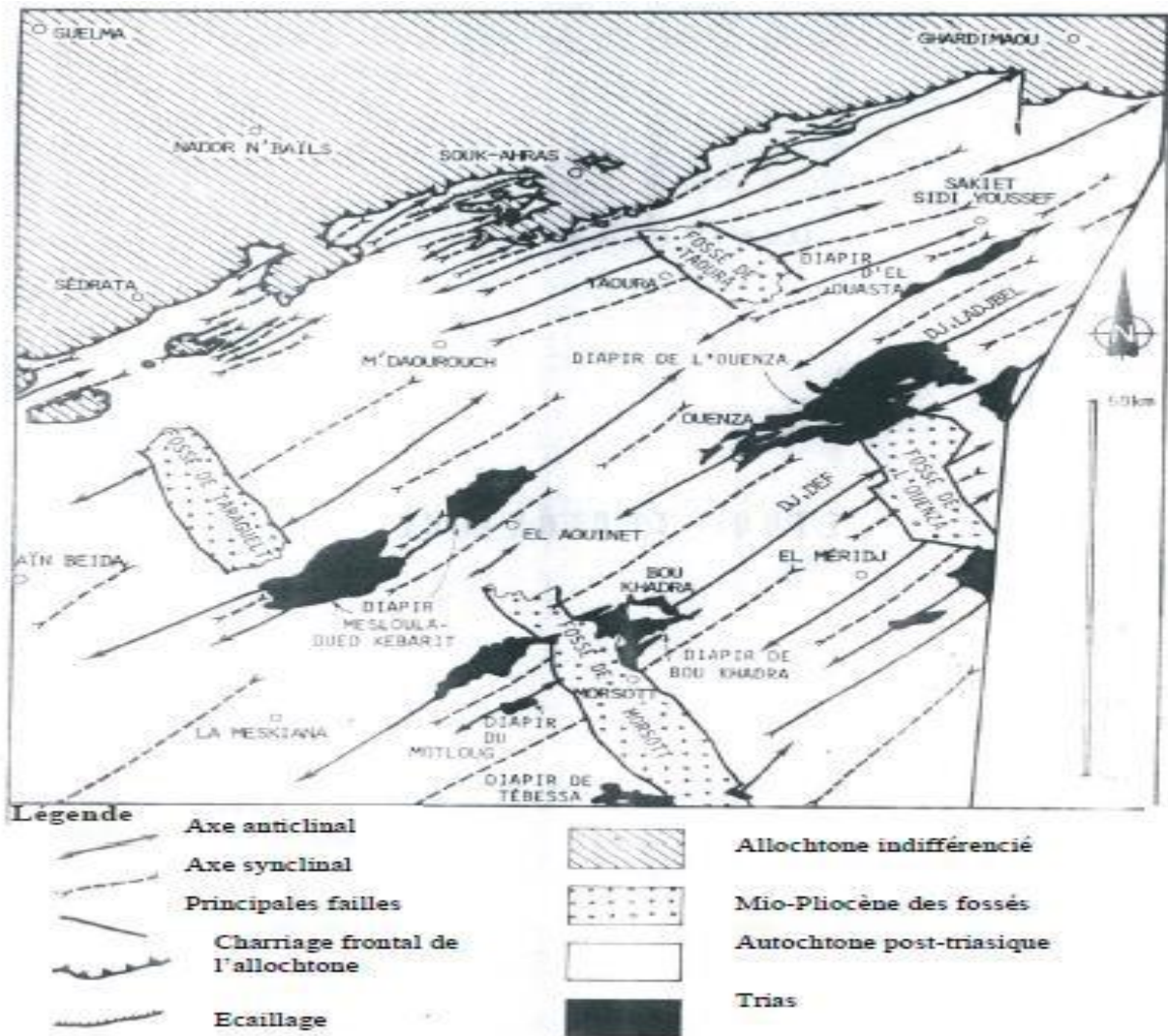


Figure I.5 : Esquisse tectonique de la région de Meskiana, J.M.VILA (1980).

Entre le Crétacé et le Miocène, deux principales phases tectoniques ont eu lieu pour former de nombreuses structures. Durant la première phase, de vastes plissements se sont produits en donnant naissance aux anticlinaux et synclinaux suivants : les plis de l'Oued Smara, El Houd, le synclinal de Djebel Belkefif, le synclinal de KodiatZennbaï, le synclinal de Reguibet El Assel, le synclinal de Djebel Gourigueur et l'anticlinal de Kessar El Tir. La phase des plissements fut suivie de la phase de la tectonique cassante où de nombreuses fortes failles et dislocations longitudinales et transversales sont survenues, telles que celle de Djebel Gourigueur Ain Dalâa, dont le rôle du point de vue hydrogéologique semble très important.

Le fossé tectonique de Morsott est d'âge post-Miocène, il a un cours perpendiculaire à la direction des plis.

Les diapirs forment les noyaux des anticlinaux et peuvent également remplir les fractures les plus importantes. Ils ont été en action au Crétacé, au Miocène, au Pliocène et probablement au Quaternaire ancien.

I.5 CONCLUSION :

L'étude géologique du bassin de Meskiana nous a permis de dégager les constatations suivantes :

- La région fait partie de l'Atlas Saharien et se localise dans la partie orientale des hautes plaines constantinoises. Elle est constituée de deux grands ensembles
- Les affleurements de bordure d'âge Crétacé ;
- Les formations d'âge Plio-Quaternaire qui se répartissent en totalité dans la plaine.
- Les activités tectoniques ont produit des plis de direction NE-SW, accompagnés d'une série de failles de direction orthogonale affectant les formations crétacées.
- Du point de vue hydrogéologique, les calcaires d'âge Crétacé bordant la plaine, pourraient jouer le rôle d'importants aquifères d'eau. Les fractures pourraient constituer au sein de ces assises des réseaux prêts à emmagasiner ou faire circuler d'importantes quantités d'eau. Les assises marneuses constitueraient un substratum imperméable, que ce soit au niveau des bordures ou au centre de la plaine.

A l'intérieur de la plaine, on a des formations alluvionnaires qui se composent de galets, de cailloutis, de graviers, de sables et de limons, qui pourraient avoir une porosité primaire et former des nappes alluviales.

A partir de la lithologie des formations géologiques, on peut avoir une idée sur la minéralisation des eaux souterraines. Ainsi,

- Les calcaires donnent un faciès généralement bicarbonaté calcique ou magnésique.
- Les marnes sont à l'origine des faciès sulfatés .
- Les alluvions donnent plusieurs faciès non salés.

On note que la présence du Trias peut provoquer la salure des eaux souterraines.

Chapitre 02 :

Géophysique appliquée

II.1 Introduction:

L'exploration et l'exploitation des couches aquifères d'une formation géologique donnée sont étroitement liées à la connaissance de la nature lithologique de cette formation.

L'identification de la géométrie de ces couches aquifères nécessite des moyens de reconnaissance, tels que la prospection électrique et les forages mécaniques à titre d'exemple.

L'utilisation de ces moyens de reconnaissance va permettre la connaissance des dimensions de ces aquifères, et par conséquent aider à la bonne gestion de ces ressources hydriques.

II.2 Prospection électrique

Une campagne de prospection électrique, couvrant une grande partie de la plaine de Meskiana, a été réalisée par la Compagnie Générale de Géophysique (C.G.G.) en 1974, au profil de Direction de l'Hydraulique de la Wilaya de Constantine. Une deuxième campagne a été effectuée en 1980 au Sud de Ain Dalâa et elle a été réalisée par la Compagnie ALGEO

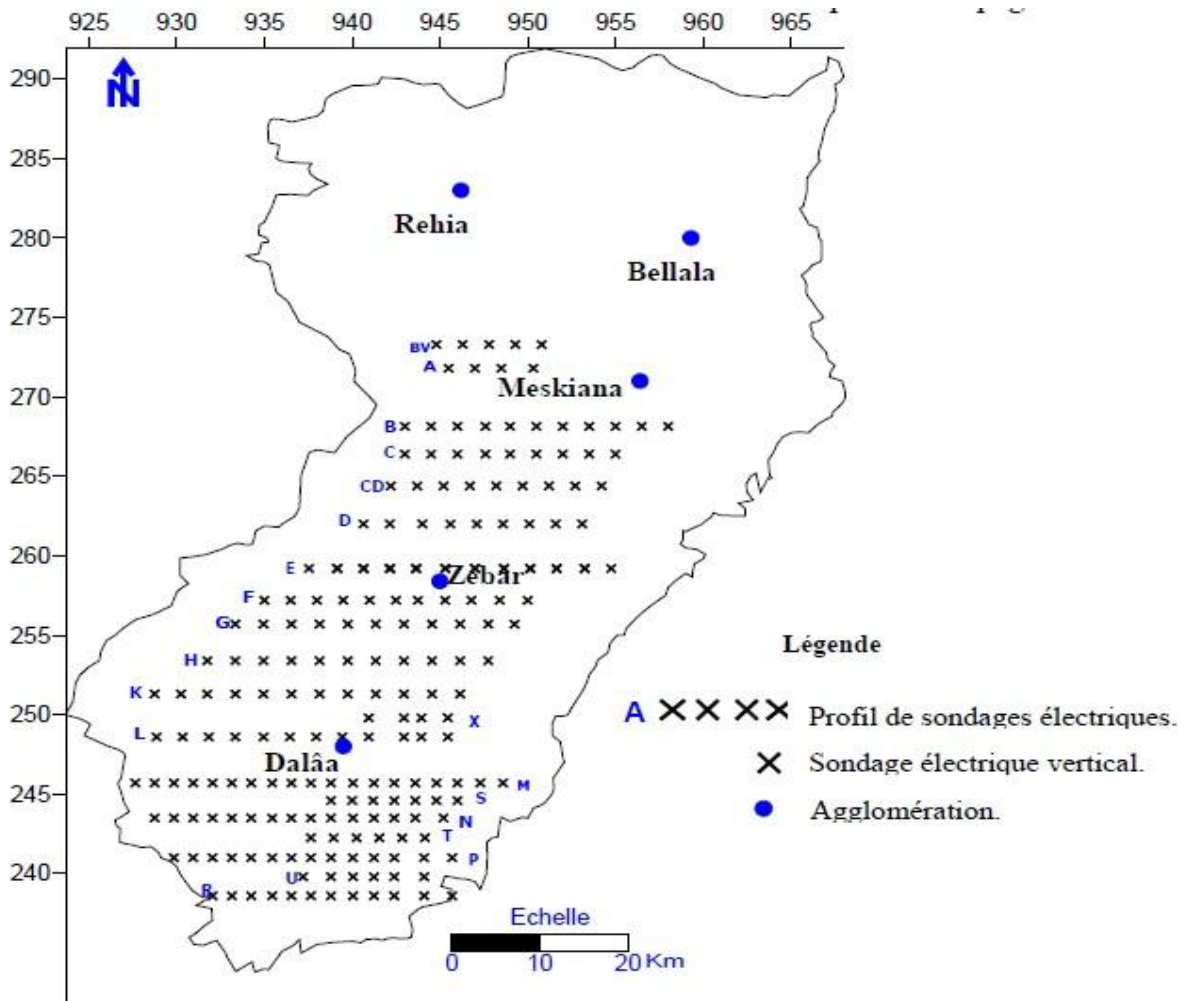


Figure II.6: Carte de position des sondages électriques verticaux et des profils (Gouaidia, 2008)

II.2.1 Interprétations des résultats de la prospection électrique

Ces deux campagnes géo électriques, basées sur 25 profils de différentes longueurs AB (4000 m, 3000 m, 2000 m, 600 m et 100 m), visaient à atteindre les objectifs suivants :

- Reconnaître la profondeur d'un éventuel substratum calcaire résistant du Crétacé inférieur sous le recouvrement marneux et marno-calcaire du Cénomaniens ;
- Identifier la géométrie du remplissage alluvial et déterminer les zones de meilleures transmissivités dans ce dernier ;
- Reconnaître l'allure de l'anticlinal crétacé de Meskiana et celle du synclinal éocène perché de Dalâa.

II.2.2 Apport de la prospection électrique :

La confrontation des données résultant de la prospection électrique et celles présentées par les forages mécaniques a permis d'identifier le remplissage alluvial de la plaine de Meskiana.

Ce dernier se caractérise par :

- Des épaisseurs variables, allant de 5 m en bordures à 155 m au centre de la plaine ;
- Des résistivités variables de 3 à 150 $\Omega.m$;
- Une lithologie très hétérogène.

Les coupes géo électriques ont permis d'identifier deux niveaux résistants, dont la résistivité varie de 30 à 100 $\Omega.m$ et ayant une épaisseur de 5 à 40 m.

On note que le premier niveau se présente avec une certaine discontinuité, probablement due à l'érosion.

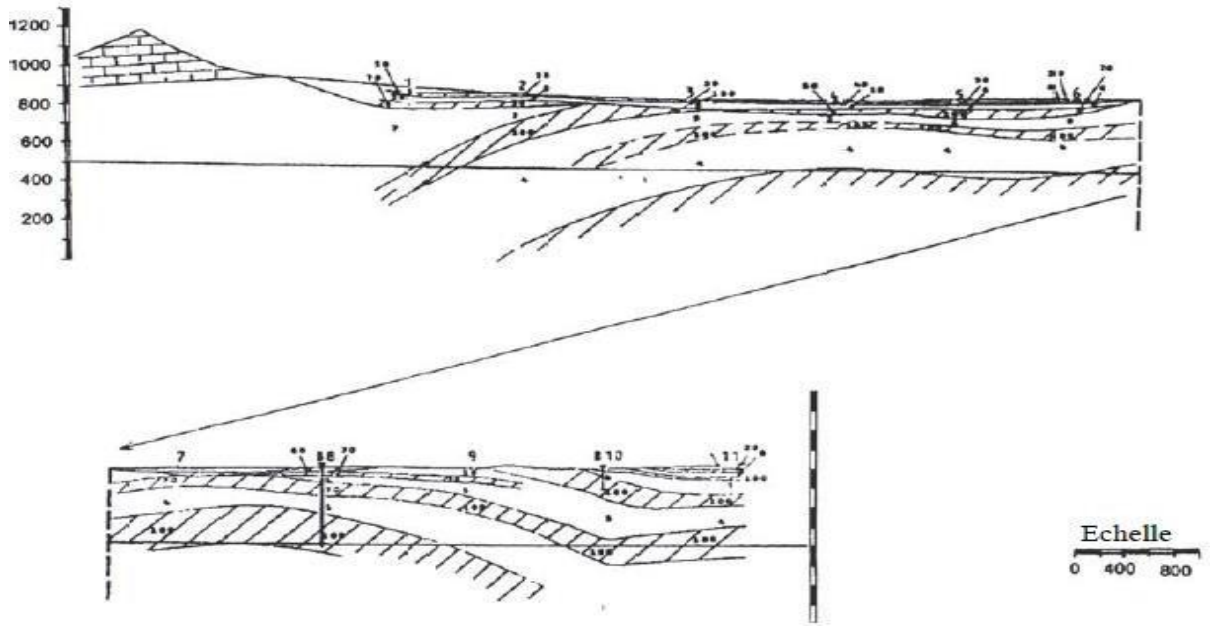


Figure II.7a : Coupe géo électrique du profil B(CGG in Gouaidia,2008)

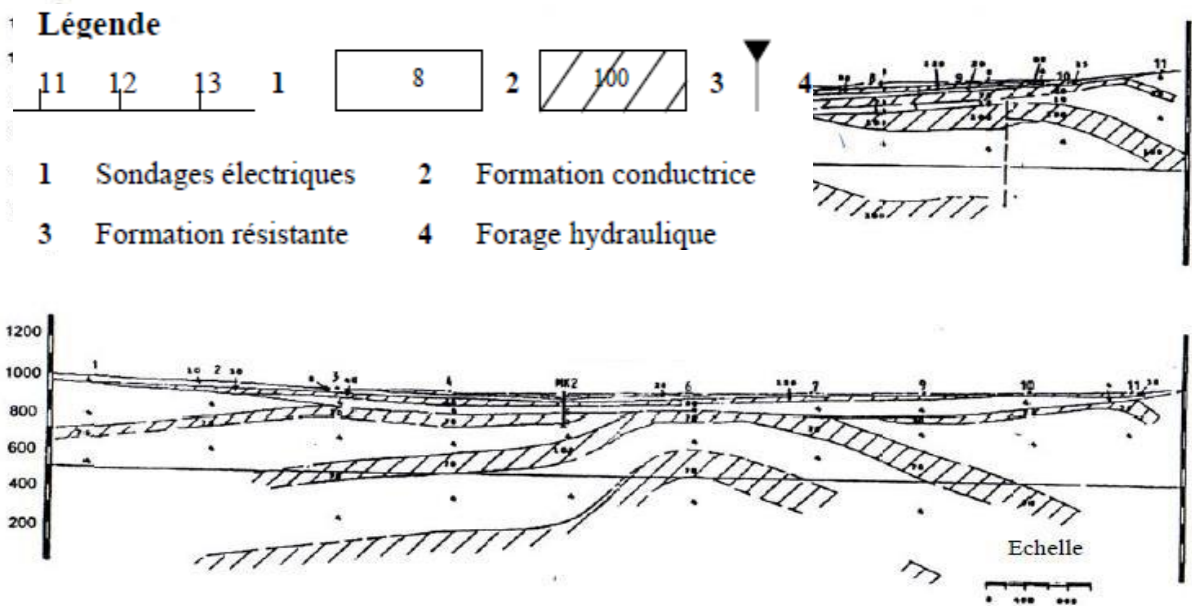
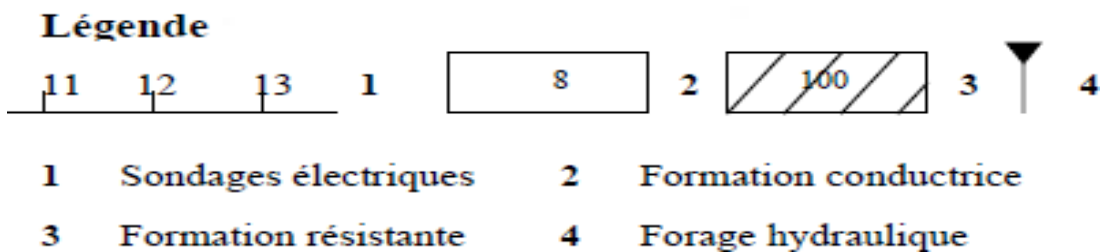


Figure II.7b : Coupes géo électriques des profils E et H (CGG in Gouaidia, 2008)



**Tableau II.1 Caractéristiques hydrogéologiques et géophysiques des formations
(Gouaidia,2008)**

Formation	Age	Epaisseur (m)	Résistivité (Ω m)	Intérêt hydrogéologique
Sables graviers et cailloutis	Pio -Quaternaire	5-145	30-150	Perméable
Limons et argiles	Pio-Quaternaire	5-30	3 - 5	Imperméable
Calcaires	Eocène	100	70 - 300	Perméable
Marnes	Montien	70	2 - 5	Imperméable
Calcaires	Maestrichtien Sup	460	70 -300	Perméable
Marnes	Maestrichtien inférieur	40- 50	5 -20	Imperméable
Marnes	Campanien	200	2 - 5	Imperméable
Marnes	Emchérien	90 - 100	2 - 5	Imperméable
Calcaires	Turonien	200 - 270	70 - 300	Perméable
Marnes argileuses	Cénomanién	600 - 1000	2 - 5	Imperméable

CONCLUSION :

Les résultats de la prospection électrique et les informations tirées à partir des forages mécaniques ont permis d'aboutir aux constatations suivantes :

- les dépôts du remplissage Mio-Plio-Quaternaire sont très hétérogènes. Ils sont représentés d'une part par des couches conductrices constituées par des marnes et des argiles, et d'autre part par des couches résistantes formées de sables, de graviers, de galets et de cailloutis. Ces dernières couches constituent la nappe phréatique du remplissage alluvial de la plaine de Meskiana.
- une structure anticlinale se manifeste au niveau de la zone de Meskiana. Elle est constituée par des formations marneuses et marno-calcaires attribués au Cénomanién jusqu'au Campanien. Le cœur de cet anticlinal est d'âge Turonien.
- une structure synclinale, qui se manifeste au niveau de la zone de Dalâa, est constituée par des formations résistantes de calcaires et de calcaire marneux du Maestrichtien et de l'Eocène. L'épaisseur de ces formations est importante et peut atteindre 155 m. On Pensé que ces formations constituent de bons réservoirs aquifère.

Chapitre 03 :

Hydroclimatologie

III.1 INTRODUCTION :

La nappe de Meskiana est influencée par son climat qui est semi- aride. Cette étude hydroclimatologique a pour but la connaissance de l'alimentation des réservoirs hydriques souterrains, qui est indispensable pour évaluer les différents paramètres du bilan hydrique (précipitation, les pertes de la nappe par évaporation et évapotranspiration).

III.2 CLIMATOLOGIE :

La station météorologique de la Meskiana gérée par l'office national de la météorologie, et dont la période d'observation va de 1987 à 2002 pour la station de Meskiana, a servi pour l'évaluation des facteurs du bilan.

Cette station est située selon les coordonnées suivantes :

Tableau III.1 : Les coordonnées de station météorologique:

station	coordonnée Lambert		altitude	période d'observation
	X	Y		
MESKIANA	949,7	271	860	1987-2002

III.3 Méthode des rapports :

Cette méthode utilise le rapport entre les moyennes de précipitations de deux séries concomitantes comme facteur multiplicateur de la série disponible qu'on veut corriger. Dans notre cas, on a pris la station de Tébessa comme station de référence. Celle-ci est distante de

50 km à l'Est de la station de Meskiana et se situe dans le bassin versant de l'Oued Mellègue. Si l'on désigne par Y les précipitations moyennes mensuelles à la station à ajuster (Meskiana) et X la valeur correspondante à la station de comparaison (Tébessa).

$$Y = b.X \rightarrow X = b.Y \dots \dots (1)$$

b : Constante d'ajustement estimée par l'équation suivante:

$$b = V/U$$

V : Moyenne des précipitations mensuelles de la station de comparaison (Tébessa) pour la période (1972/1973 – 1982/1983),

U : Moyenne des précipitations mensuelles de la station à ajuster (Meskiana) pour la période (1972/1973 – 1982/1983), où elle possède une série complète et un écart type relativement faible. La procédure consiste à estimer le rapport b à partir des données homogènes d'une même période, puis à appliquer l'équation (1) à la période à vérifier (1987-2002)

L'estimation du coefficient de correction est consignée dans le tableau (02)

Tableau III.2: Estimation du coefficient mensuel de correction des précipitations.

	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
V (mm)	46,44	38,64	33,75	33,49	32,94	22,28	31,75	37,68	47,36	26,15	15,94	28,56
U (mm)	29,79	28,84	31,74	22,18	18,48	38,04	50,01	31,98	34,61	25,22	7,125	20,8
B	1,5589	1,3398	1,0633	1,5099	1,7825	0,5857	0,6349	1,1782	1,368	1,0369	2,2372	1,3731

Afin de vérifier la correction apportée à la série de la station de Meskiana, on a appliqué la loi de double cumul qui montre l'homogénéité de la dite série, en se référant à celle de Tébessa (figure 08).

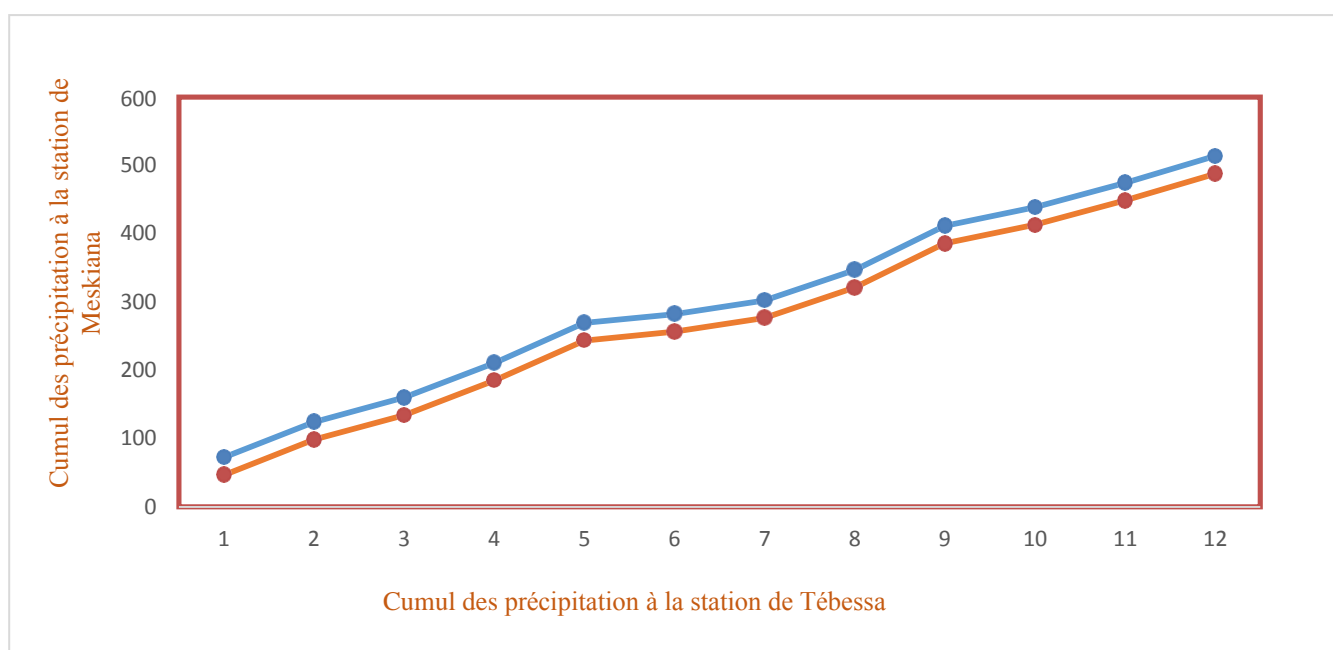


Figure III. 8: Application de la loi de double cumul après correction des erreurs.

Cette confirmation par Mr Gouaidia nous a permis d'utiliser les données de la station météorologique de Tébessa dont les coordonnées figurent dans le tableau suivant.

Tableau III 3 : Les coordonnées Lambert de la station de mesure de Tébessa (météo de Tébessa).

Station	Altitude	X Km	Y Km	Période d'observation
Tébessa	890	991.9	247.2	1997/1998-2017-2018

III.4 Indice de De Martonne:

Cet indice est fonction des températures et des précipitations (2017/2018) ; il est calculé par la relation Suivante :

$$I = \frac{P}{T+10} \dots\dots\dots (2)$$

- I** : indices d'aridité
- P** : précipitations moyennes annuelles en mm.
- T** : températures moyennes annuelles en °C

Application :

P = 390.14 mm

T = 27.88C°

Ce qui donne **I= 17.69**

Suivant les valeurs de (I), **De Martonne** a établi la classification suivante : I < 5 : climat hyperaride

5 < I < 7,5 : climat désertique 7,5 < I < 10 : climat steppique 10 < I < 20 : climat semi-aride

20 I < 30 : climat tempéré.

La station de Meskiana est caractérisée par un climat semi-aride.

III.5 Indice d'aridité mensuel:

L'indice d'aridité mensuel est défini par la relation suivante :

$$I = \frac{12.P}{T^{\circ}+10} \dots\dots\dots (3)$$

- I** : Indice d'aridité
- P** : Précipitations moyennes mensuelles en mm
- T°** : Température moyenne mensuelle en °C.

L'application de la formule (3) a permis de dresser le tableau

Tableau III.4: Indices d'aridité mensuels (I) à la station de Meskiana.

Mois	I	Etage bioclimatique
Septembre	14,62	semi- aride
Octobre	13,89	semi- aride
Novembre	15,59	semi- aride
Décembre	19,63	semi- aride
Janvier	19,59	semi- aride
Février	13,07	semi- aride
Mars	15,16	semi- aride
Avril	15,45	semi- aride
Mai	16,33	semi- aride
Juin	7,61	Steppique
Juillet	4,23	Hyperaride
Aout	7,85	Steppique

Selon la classification précédente par de **De Martonne**, les mois de septembre, octobre, novembre, décembre, janvier, février et avril et mai présentent un climat semi-aride. Les mois de juin et août sont caractérisés par un climat steppique, alors que le mois de juillet devient hyperaride.

III.6 ETUDE DES FACTEURS CLIMATIQUE

III.6.1 LA TEMPERATURE :

La température est un facteur très important, régissant le phénomène d'évapotranspiration et par la même le déficit d'écoulement annuelle et saisonnier. Les données sur la température dont on dispose sont des valeurs moyennes mensuelles et annuelles mesurées à la station (Meskiana). (Hamad Omar, Yousfi Rabiaa ,2004).

III.6.1.1 Variations des températures moyennes annuelles :

Les histogrammes représentant la variation annuelle de la température, sur une période de 21 ans (1997/98-2017/2018), montre que l'année la plus chaude est l'année 2015/2016 avec une moyenne de 30.05°C, et l'année la plus froide est l'année 2014/2015, avec une moyenne de 3.19°C

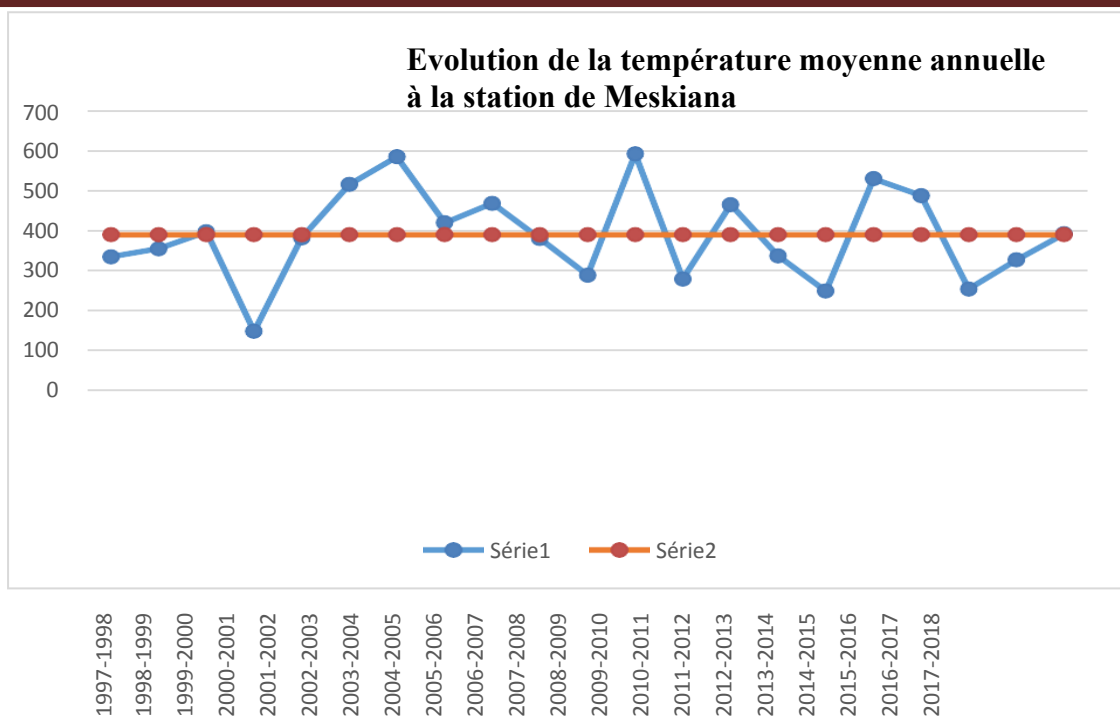


Figure III.9 : Evolution de la température moyenne annuelle à la station de Meskiana pour la période (1997/1998-2017/2018).

III.6.1.2 Variations de la température moyenne mensuelle :

L'analyse de la courbe de variation de la température moyenne mensuelle, sur une période de 33 ans (97/98-2017/20), montre que les valeurs les plus élevées sont observées pendant l'été (juin- septembre) avec des températures allant de 28.12à 35.19°C. Les valeurs les plus basses, qui varient de 10.17à 10.47°C, sont observées durant la période hivernale (décembre – mars), avec un minimum pendant le mois de janvier (10.17°C).

L'influence de la température sur la qualité chimique se fait sentir pendant la période d'été, où on a une concentration des éléments par évaporation

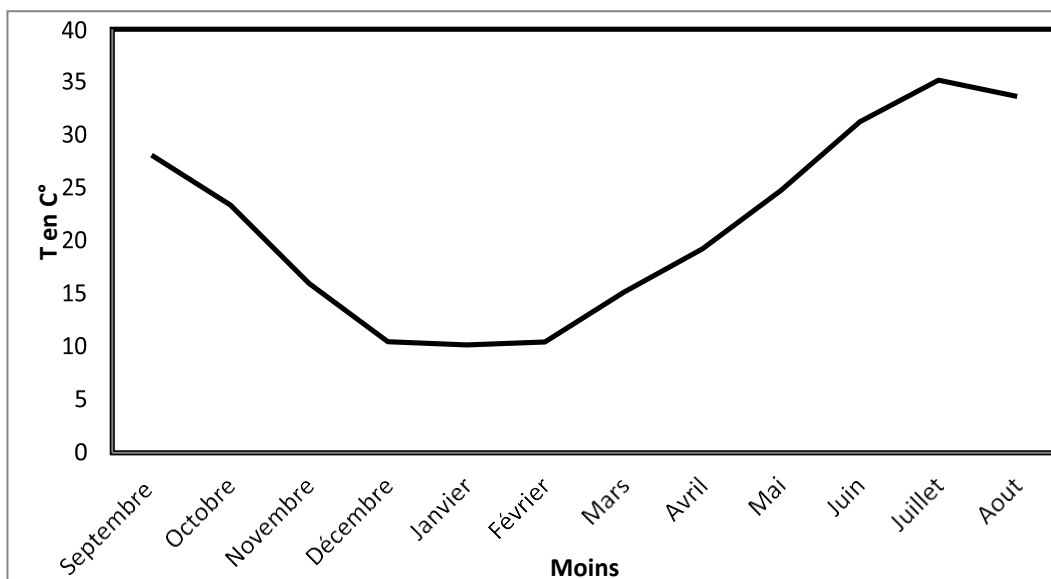


Figure III.10 : Variation de la température moyenne mensuelle à la station de Meskiana pour la période (1972/1973-2004/2005).

III.7 LA PLUVIOMETRIE :

L'étude pluviométrique présente un intérêt considérable en hydro climatologique, car elle nous donne une description du régime pluviométrique d'une part et le régime d'écoulement d'autre part, elle nous renseigne également sur l'alimentation des eaux souterraines.(Hamad Omar, Yousfi Rabiaa ,2004).

Tableau III.5: Variation des précipitations au niveau de la station de Meskiana

	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	total
moyenne	46,44	38,64	33,75	33,49	32,94	22,28	31,75	37,68	47,36	26,15	15,94	28,56	394,98
min	3	2	2	0	0,7	2,3	4,5	1	2,1	0	0	2,4	
Max	51,3	118,3	112,7	148,6	127	66,7	91,2	144,1	199	88,8	60,5	93	
Ecart type	11,29	28,06	28,56	34,58	31,49	21,32	21,43	35,8	41,49	25,82	16,59	24,41	
saisons	Automne 118,8			Hiver 88,7			Printemps 116,8			Eté 70,64			

Les calculs statistiques montrent que la précipitation moyenne annuelle est de 395 mm. Ceci est vérifié en se référant à la carte des précipitations moyennes annuelles, établie par l'ANRH sur une période de 21ans. La précipitation maximale est enregistrée aux mois de décembre. La précipitation minimale est enregistrée aux mois de septembre. La saison printanière est la plus pluvieuse avec 116.8 mm suivie par la saison automnale avec une moyenne de 118.8 mm.

III.7.1 Diagramme ombrothermique :

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

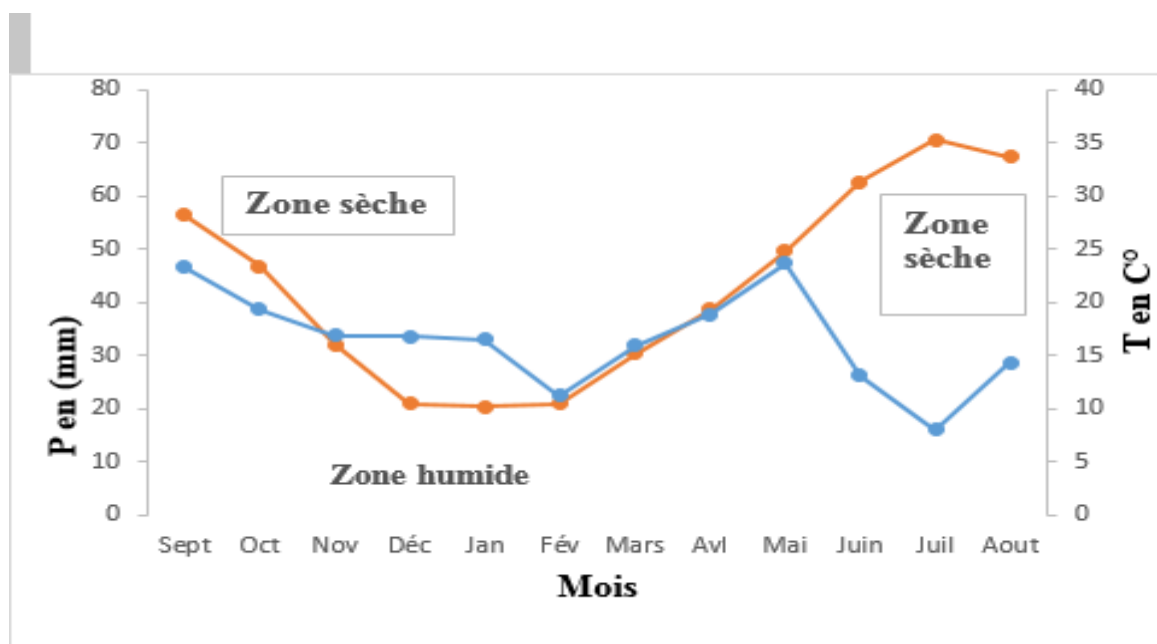


Figure III.11 : Courbe Ombrothermique de la station de Meskiana.

III.7.2 Variations interannuelles des précipitations :

L’analyse de la courbe des variations interannuelles des précipitations, sur une Période de 21 ans (97/98-2017/2018), montre que l’année 2015/2016 est la plus pluvieuse avec 593.5 mm et l’année 1997/98 est la plus sèche avec 149.1 mm, (Figure 12).

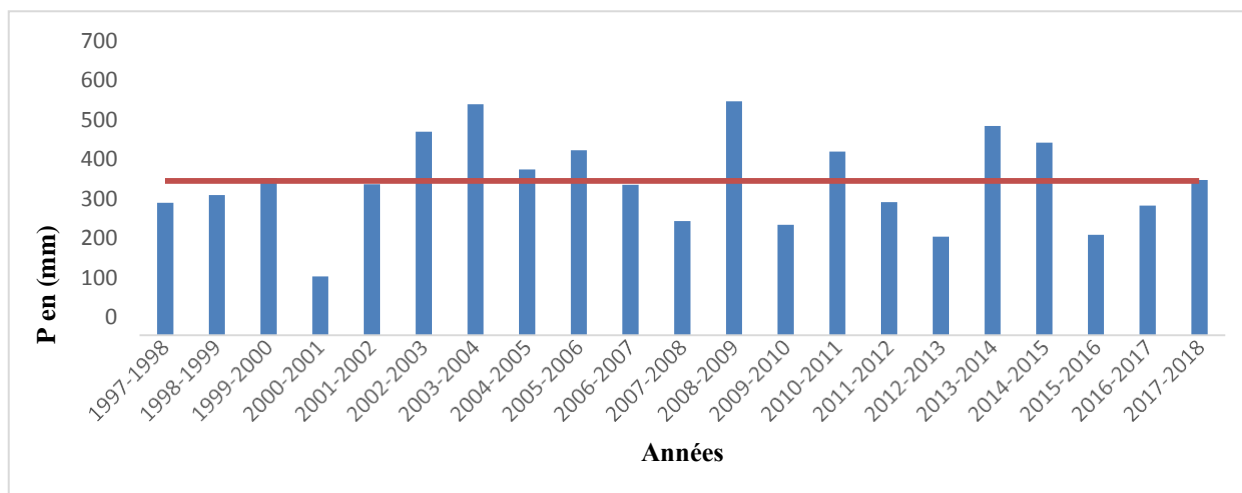


Figure III.12 : Evolution des précipitations annuelles à la station de Meskiana pour la période (1997/1998 – 2017/2018).

III.7.3 Variations moyennes mensuelles des précipitations :

La courbe des variations des moyennes mensuelles des précipitations, sur une période de 21ans (97/98-2017/2018), montre que le mois de mai est le plus pluvieux, avec 47.36 mm, alors que le mois de juillet est le plus sec, avec 15.94mm. (Figure 13)

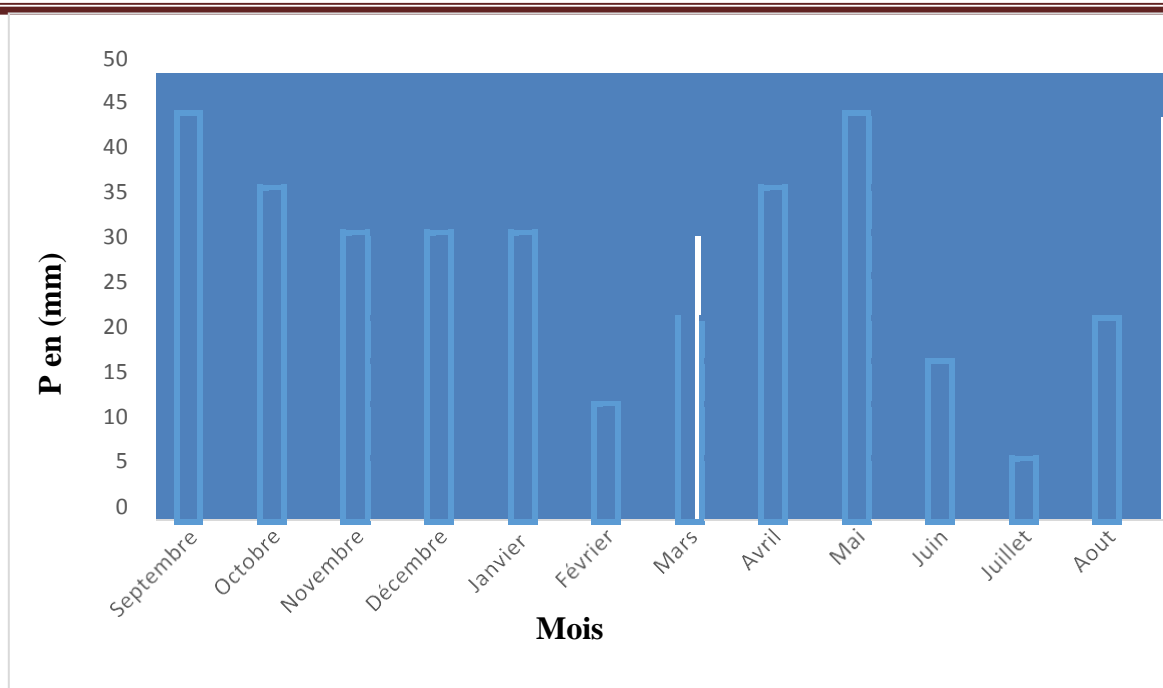


Figure III.13: Variation des précipitations moyennes mensuelles à la station de Meskiana pour la période (1997/1998-2017/2018).

III.8 Variation de précipitation :

III.8.1 ESTIMATION DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION :

III.8.1.1 Introduction :

L'évapotranspiration peut être considérée comme étant la somme des eaux enternes :

- ✓ La transpiration végétale
- ✓ L'évaporation du sol

L'intensité de l'évapotranspiration est en fonction de la radiation solaire, la température, l'humidité relative de l'air, l'humidité du sol, le vent, et la couverture végétale. L'évapotranspiration potentielle se définit, comme la quantité d'eau dépensée par le pouvoir évaporant de l'atmosphère (évaporation potentielle) et l'activité biologique (transpiration), soit au total par l'évapotranspiration potentielle. Cette dernière est l'une des composantes fondamentales du cycle hydrologique. La précision avec laquelle elle est estimée est essentielle pour le calcul du bilan d'eau, du calcul de l'irrigation, de la gestion des ressources hydriques et également pour le dimensionnement des ouvrages d'aménagement.

La méthode de G.W.Thornthwaite est utilisée pour l'estimation de l'ETP.

III.8.1.2 Évapotranspiration réelle (ETR) :

L'évapotranspiration réelle c'est la quantité d'eau réellement évaporée. Elle représente la quantité de vapeur d'eau relativement dégagée vers l'atmosphère par les sols et les végétaux. Des méthodes peuvent être proposées :

- ❖ La méthode de Turc.
- ❖ La méthode de Thornthwaite.

❖ **Formule de TURC**

C'est la méthode la plus répandue, elle tient compte des précipitations et des températures Moyennes annuelles.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

ETR : évapotranspiration réelles (mm).

P : précipitation moyenne annuelle (390.14 mm).

L : $300 + 25T + 0.05T^3$ où

T est la température moyenne annuelle en C° (27,88).

Application numérique :

$$L = 2080.55$$

$$ETR = 402.40$$

III.8.1.3 Calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP) :

Pour estimer l'évapotranspiration potentielle, on utilise des méthodes basées sur des variables climatiques. Cependant le choix dépend principalement du type de données climatiques disponibles et du type de climat de la région.

□ **Formule de THORNTHWAITE:**

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

$$ETP = 16(10T/I)^a$$

ETP : évapotranspiration potentielle en (mm)

T : température moyenne du mois en (°C)

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

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

Les valeurs de l'ETP ne sont pas corrigées, donc il faut faire le coefficient de correction « **K** »

qui dépend de l'altitude, prend en considération la durée d'insolation thermique tirée d'un abaque, notre station se trouve à une altitude de **1063 m**.

$$ETP \text{ corrigé} = ETP \cdot K$$

Les résultats obtenus sont : **I=116,11**

Tableau III.6: Coefficient de correction K dépend du site considéré (climat semi aride)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout
K	1,03	0,97	0,86	0,84	0,87	0,85	1,03	1,09	21,21	1,21	1,23	1,16

Tableau III.7: Bilan hydrologique moyen (1971/1972-2004/2005) à la station de Meskiana, par la méthode de Thornthwaite.

	Spet	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avl	Mai	Juin	Juil	Aout	Total
P(mm)	46,44	38,6 4	33,75	33,4 9	32,9 3	22,2 8	31,7 4	37,6 7	47,35	26,14	15,94	28,56	394,93
T(C°)	28,11	23,3 8	15,97	10,4 7	10,1 7	10,4 5	15,1 3	19,2 6	24,79	31,25	35,19	33,62	257,79
I	13,64	10,3 1	5,79	3,05	2,92	3,05	5,33	7,69	11,26	16,03	19,15	17,89	116,11
ETP(mm)	131,3 4	79,9 2	28,42	10,3 5	9,9	10,4 8	30,4 8	57,0 2	114,4 1	199,6 8	268,4 3	224,6 4	1165,0 7
P-ETP	-84,9	- 41,2 8	5,33	23,1 4	23,0 3	11,8	1,26	19,3 5	-67,06	173,5 4	252,4 9	196,0 8	-770,14
ETR(mm)	46,44	38,6 4	28,42	10,3 5	9,9	10,4 8	30,4 8	57,0 2	54	26,14	15,94	28,56	356,37
REU(mm)	0	0	5,33	26	26	26	26	6,65	0	0	0	0	115,98
EX(mm)	0	0	0	2,47	23,0 3	11,8	1,26	0	0	0	0	0	38,56
Da(mm)	84,9	41,2 8	0	0	0	0	0	0	60,41	173,5 4	252,4 9	196,0 8	808,7

P = ETR + EX P = 394.93

ETP = ETR + Da ETP= 1165.07

➤ **Interprétation du bilan hydrique :**

Le rapport : $\frac{ETR}{P} = 0.90$ mm

Alors 88% des précipitations seront évaporées

Le rapport

$$\frac{Da}{P} = 2.05 \text{ mm}$$

Alors le déficit agricole égal 62% des précipitations

Le rapport

$$\frac{ETR}{ETP} = 0.31 \text{ mm}$$

Alors les réserves d'eau insuffisante que 61% de la demande en eau (évapotranspiration potentielle)

- Les 4 mois sur 12 mois sont excédentaires
- Les 8 mois sur 12 sont déficitaires

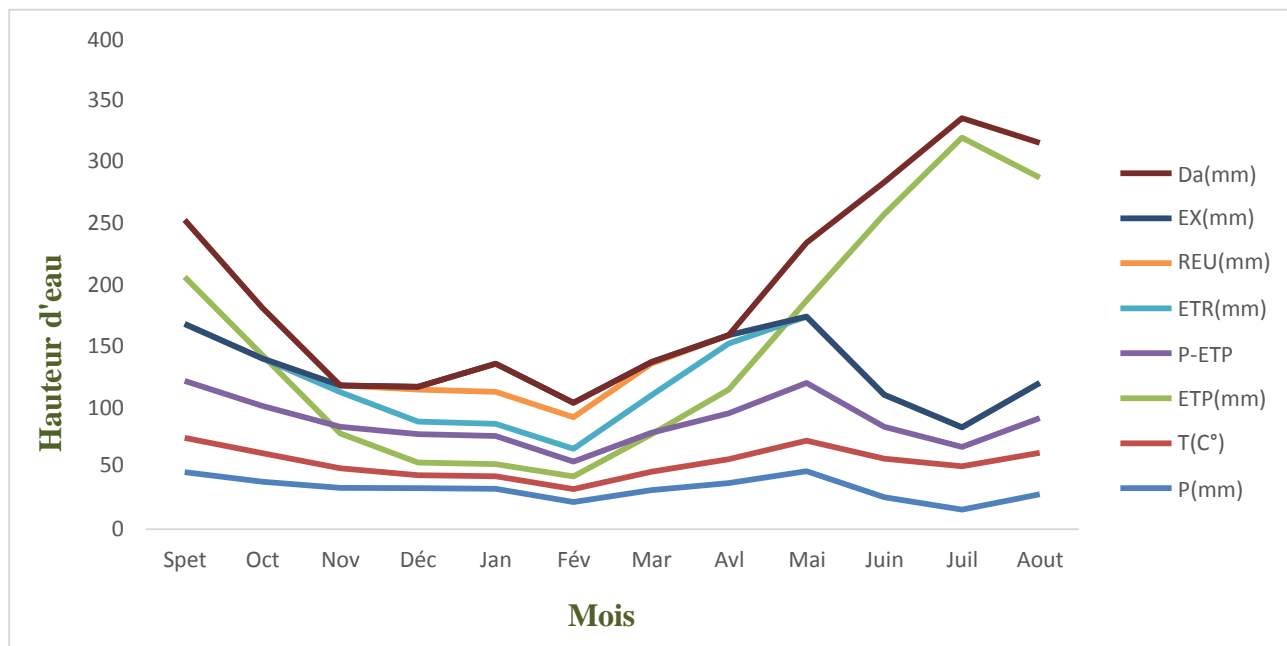


Figure III.14: Bilan hydrologique à la station de Meskiana, par la méthode de Thornthwaite pour la période (1997/1998 -2017/2018).

L’observation du graphe du bilan hydrologique nous amène à dire que l’ETP est importante du mois de juillet jusqu’au mois de septembre, rendant ainsi nécessaire l’irrigation. A partir du mois de novembre, on assiste à une reconstitution du stock qui s’accompagne d’une augmentation de la RFU, qui atteint son maximum entre les mois de juin et aout. Au-delà de cette période, on assiste à une baisse de la RFU, traduisant un épuisement du stock. (figure14.)

➤ **Calcule du ruissellement :**

L’application de la formule de Tixerion-Berkaloff pour une année moyenne donne le Résultat suivant :

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

R : Ruissellement (m).
P : Précipitations moyennes mensuelles (m).
ETP : Evapotranspiration potentielle (m).
 L’application numérique donne

R = 15.13 mm

L’infiltration (I):

P = ETR + R + I
I = P - (ETR + R) I = 23.43mm

Il est à noter que cette valeur ne représente pas réellement l’infiltration dans tout le bassin, car son estimation est basée sur les données d’une seule station pluviométrique, qui est celle de Meskiana.

Les mesures d’infiltration in situ, réparties sur toute superficie de la plaine, pourrait nous donner une approche fiable de ce paramètre.

Tableau III.8: Répartition des précipitations à la station de Meskiana

Précipitation		évapotranspiration réelle ETR		Ruissèlement R		Infiltration I	
(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)
394.93	100	356.37	90.24	15.13	3.83	23.43	5.93

CONCLUSION :

La plaine de Meskiana possède un climat méditerranéen de type semi-aride, avec un hiver froid et pluvieux, et un été chaud et sec, influencé par des facteurs géographiques (éloignement de la mer, altitude et orientation des reliefs). La répartition des précipitations et des températures influe sur la chimie des eaux par dilution pendant la période pluvieuse, ou concentration lors de l’évaporation durant la période sèche.

La température moyenne annuelle qui y règne est de 20.28°C.

Les précipitations moyennes annuelles, sur une période de 21 ans (1997/1998– 2017/2018), sont estimées à 395mm. L’évapotranspiration réelle est estimée à 356.37 mm, mobilisant 90.24% des précipitations. Le ruissellement ne représente que 3.83 % des précipitations, ce qui représente 15.13 mm. L’infiltration ne laisse percoler que 23.43 mm, ce qui ne représente que 5.93% des précipitations.

Ceci laisse penser que l’alimentation de la nappe ne se fait pas exclusivement à l’aide de l’infiltration efficace, mais aussi sur les calcaires fissurés qui bordent la nappe.

Le régime des écoulements de l’Oued Meskiana dépend de celui des précipitations.

Chapitre 04 :

***Géologie et Hydrogéologie du
synclinal de Ain Dalàa***

IV.1 INTRODUCTION :

L'hydrogéologie constitue un outil de base pour connaître les différents éléments qui nous permettent de définir les caractéristiques d'une nappe.

C'est dans ce contexte que nous avons essayé au niveau de ce chapitre d'identifier et de délimiter le système aquifère formé par le remplissage alluvial. Ensuite comprendre l'impact des variations climatiques, dans le temps, et la variation de la lithologie dans l'espace, sur le comportement hydrodynamique de la nappe alluviale de Ain Dalaa.

Nous commençons dans un premier stade à définir l'allure générale de l'écoulement de la nappe et de voir le mécanisme d'évolution du niveau piézométrique dans le temps et dans l'espace.

Situation géographique :

Entre les monts de l'Aurès et la frontière tunisienne, à 150 km au S de Bône, le synclinal à l'extrémité duquel se trouve la très importante source de l'Ain Dalaa s'étend du SW au NE sur une vingtaine de km ; la route de Constantine à Tebessa la limite au NE ; au S après un ennoyage partiel, il est relayé par le long synclinal de Zoui dont les couches, passant plus au S à l'horizontale, vont constituer une partie des Monts des Nementcha.

L'érosion a laissé en relief les masses calcaires alors qu'elle a creusé profondément un NW les marnes ployées en anticlinal. Les crêtes encadrant le synclinal de l'Ain Dalaa proprement dit constituent les Djebels Stiah, Gourrigueur et Serdiess. Elles culminent entre 1.200 et 1.400 m, dominant dans leur partie septentrionale la longue Vallée de l'Oued Meskiana dont l'altitude moyenne est de 880 m dans son haut cours, et raccordant au contraire doucement au S à la haute plaine de Chéria (1.100m)

Le réseau hydrographique : imposé par la direction tectonique majeure, est presque tout entier tributaire de l'Oued Medjerda, rivière tunisienne par l'intermédiaire des Oueds Mellégue et Meskiana, déjà pourtant sur le versant S quelques oueds disparaissant très rapidement dans les alluvions de la plaine de Chéria, sont tributaires des bassins fermés sahariens

Les différences climatiques : entre les régions situées au N et au S de part et d'autre du massif sont importantes. Au N sous un climat rude, la vallée de la Meskiana est d'altitude générale assez élevée ; les eaux de l'Ain Dalaa y permettent seulement la culture des céréales et l'arrosage de quelques jardins. Le synclinal lui-même est relativement arrosé sa partie N (Djebel Gourrigueur) est couverte des forêts de pins, Genévriers et Chênes Kermès ; autour de l'Ain Stiah est installée une population sédentaire cultivant l'orge.

Conditions climatiques :

L'Ain Dalaa est situé dans une région peu arrosée qui participe du climat général des hauts plateaux. L'altitude est élevée les étés chauds avec des rares orages les hivers froids avec des pluies souvent orageuses

En ce qui concerne la température et l'évaporation les seuls chiffres que nous possédions sans ceux intéressant la région de Tébéssa où les conditions climatiques sont comparables. Les moyennes annuelles de la région sont consignées dans le tableau suivant :

	1946-1947	1947-1948	1948-1949
Ain Dalaa			320
Ain Stiah			348,5
Ain Sid		443,4	470
Chéria	199,5	306,7	341,5

Ces données sont incomplètes, certains pluviomètres étant d'installation récente
L'année 1946-47 a été la dernière d'une assez longue période de sécheresse (de 1944 à 1947)

A Tébessa cette hauteur moyenne, calculée sur 30 années, est de 330mm.

Le tableau 9 : la répartition mensuelle de pluies dans la région de l'Ain Dalaa

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Chéria 1946-47	0.0	3.3	31.6	18.4	3.5	14.8	14.2	56.0	14.3	17.4	18.0	80
Chéria 1948-49	9.6	25.8	10.9	59.5	30.7	4.1	45.4	34.5	39.0	45.4	7.0	0.6
Ain Stiah 1948-49	2.7	35.3	140	51.9	42.9	15.4	91.6	59.1	24.9	7.8	2.8	0.1

Les pluies tombent en hiver et au printemps, les pluies des orages d'été ne profitent pas aux nappes. à une trentaine de km au SE de l'Ain Dalaa, sur le plateau de Chéria, que ne protègent guère les reliefs de bordure, les pluies d'hiver ou de printemps peuvent être accompagnées d'orages avec averses de grêles catastrophiques pour les cultures irriguées, pratiquées à Chéria même.

Les vents dominants sont d'W. il souffle fréquemment un vent de sable W.NW-E.SE.
la vallée de l'Oued Meskiana a un climat un peu plus Clément du fait de l'altitude moindre (Ain Dalaa 986, Meskiana 830) mais la hauteur des pluies est faible, cela tient à la disposition en couloir de la vallée, orientée SW-NE entre les hauteurs des Djebels Stiah et Bou Tokrma qui paraissent arrêter les précipitations.

Hauteur moyenne des pluies à la Meskiana: 1946/47: 229.3 mm 1947/48: 287.9 mm, 1948/49:

405.5mm.

IV.2- STRATIGRAPHIE :

· Le synclinal de l'Aïn Dalaa (figure -I et II) s'intègre dans une région de plis relativement réguliers où affleurent essentiellement des terrains crétacés et éocènes ,en une série très complète allant-de l'Hauterivien au Lutétien inférieur, La partie inférieure (Barrémien-Aptien), récifale, calcaire et dolomitique, forme d'imposants reliefs surgissant brusquement au milieu de l'étendue désolée des marnes sous-jacentes. Ces massifs calcaires, toujours minéralisés, sont disloqués par des venues diapiriques d'argiles gypsifères et triasiques.

Au-dessus des calcaires, la monotonie d'une série marneuse, néritique et d'épaisseur considérable, allant de l'Albien au Campanien, n'est interrompue que par les assises plus calcaires du Cénomanién supérieur et du Turonien, plus ou moins récifaux.

A la fin du Secondaire, les marnes du Danien sont inséparables de celles du Montien, représenté par des alternances de marnes blanches et de calcaires à silex. Plus au S, ces couches empruntent d'ailleurs des facies lagunaires.

Discordant sur tous les terrains précédents, le Miocène étale dans la région ses calcaires marins ou ses grès et argiles continentaux.

Des sables pliocènes, des argiles rouges et cailloutis villafranchiens emplissent la vallée de l'Oued Chabro et la plaine effondrée de Tébessa à l'E du synclinal étudié.

Dans celui-ci et de façon plus détaillée, au-dessus du Turonien calcaire affleurant à Aïn Ben Youch, vient d'abord une épaisse série marneuse à rares intercalations marno-calcaires (400 m). Elle correspond à l'Emschérien (Coniacien et Santonien).

La succession est, de bas en haut, la suivante :

marnes jaunes.....	60 m
banc marno-calcaire.....	0,50 m
marnes et plaquettes de calcite.....	40 m
marnes jaunes.....	50 m
marnes schisteuses grises à plaquettes de calcite.....	10 m
marnes à gypse.....	20 m
marno-calcaires rognoneux.....	10 m
marnes schisteuses grises.....	20 m
marnes.....	60 m
marno-calcaires tendres blanchâtres.....	15 m
marnes.....	30 m
marnes schisteuses grises.....	15 m
marnes.....	100 m

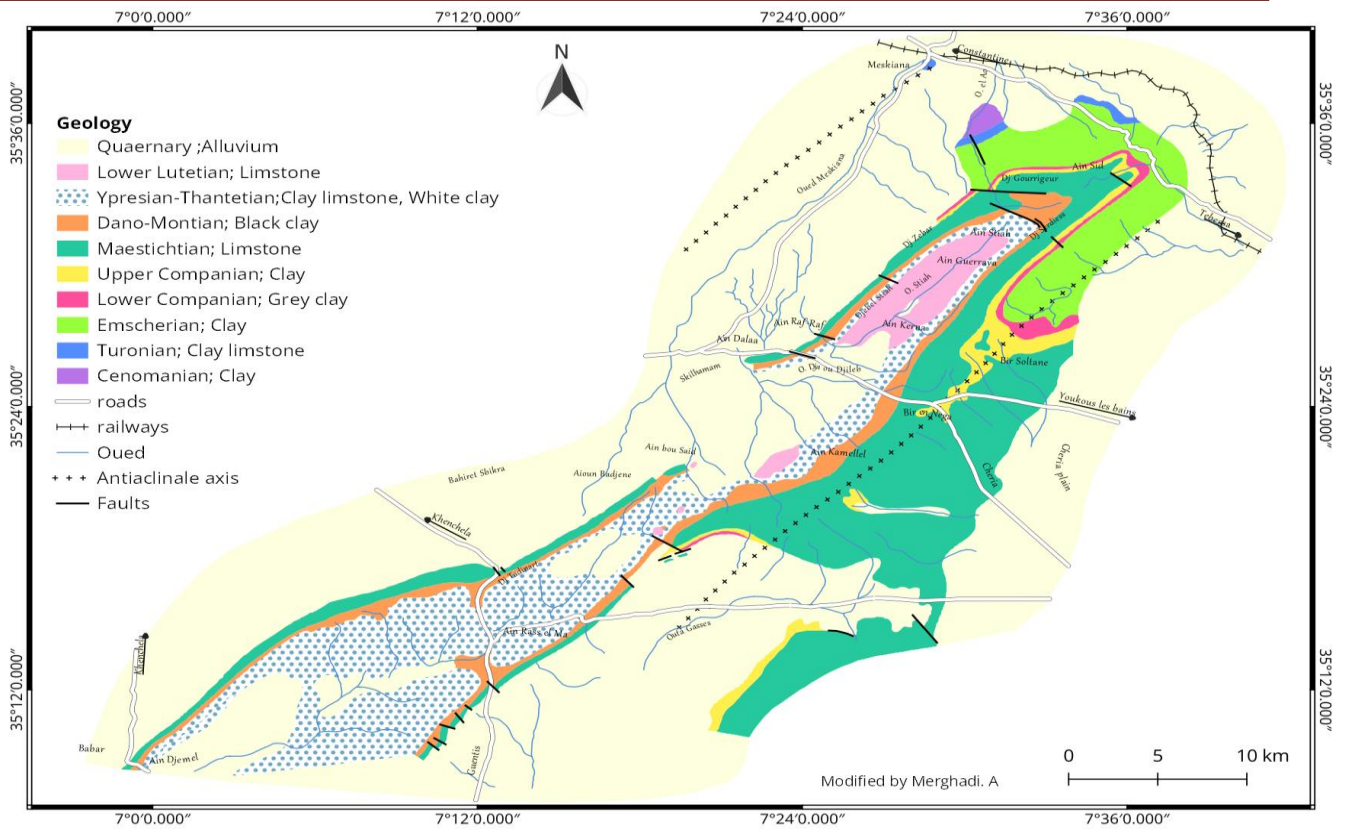


Figure IV.15 : carte géologique des synclinaux de l’Ain Dalaa

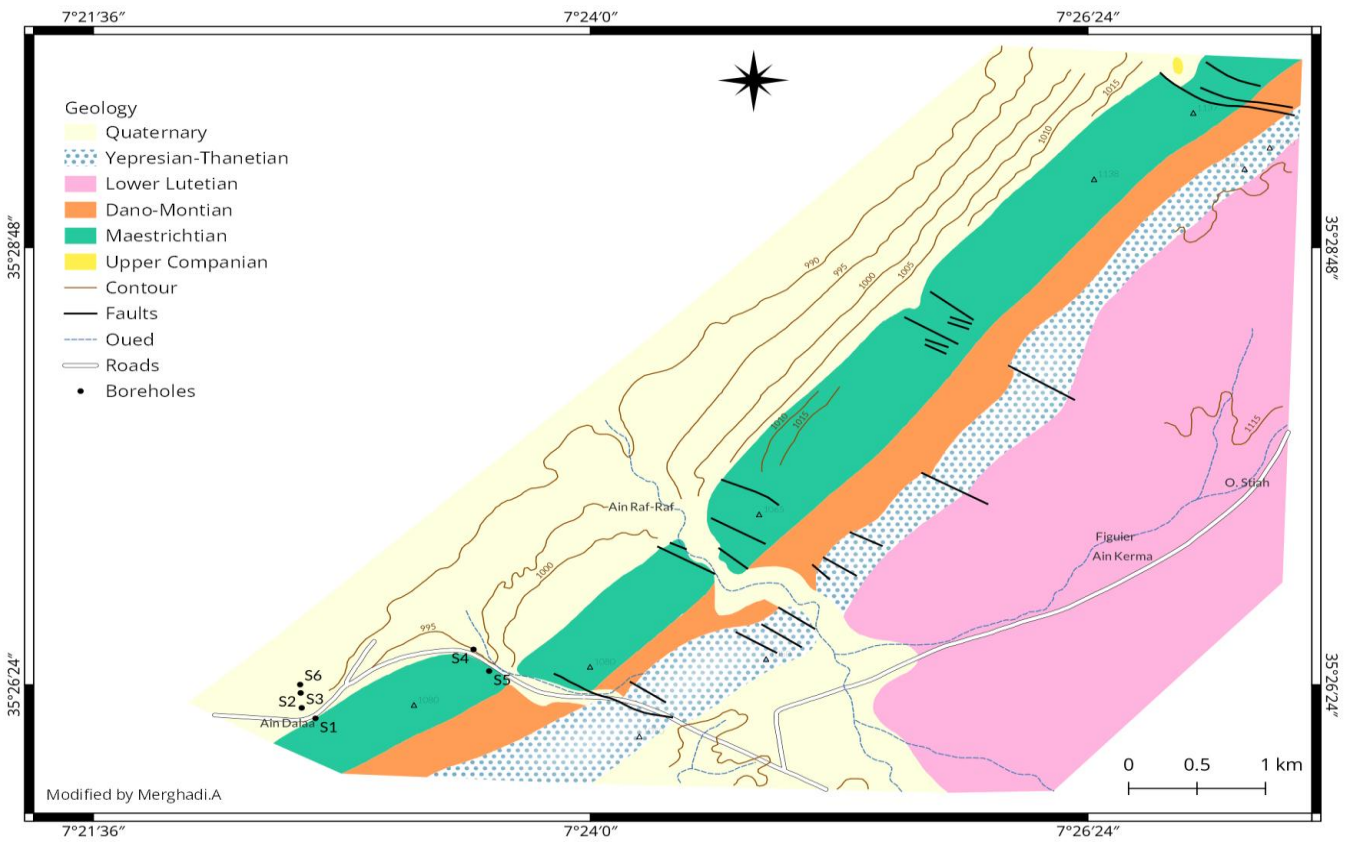


Figure IV.16 : carte géologique des synclinaux de Zoui

Avec le **Campanien** débute une série dont les calcaires vont constituer l'essentiel.

On a tout d'abord des calcaires blancs marneux, à Inocérames (50 m), puis des marnes (40 m).

Les calcaires marneux admettent trois bancs de calcaires plus durs à patine ocre. Ils passent à l'W à des marno-calcaires blancs crayeux. Ceux-ci n'affleurent pas à l'Ain Dalaa, mais on les voit au N, de l'autre côté de la vallée, au Fedj el Ahmed (Djebel Tafrent).

Le Maëstrichtien

formé de 60 m de calcaires marneux et massifs, blancs, à Inocérames, en assises très homogènes. Les bancs sont réguliers, épais de 0,20 à 0,60 m. Ils sont cependant marneux à la base et se chargent en silex vers le sommet. Les marnes campaniennes et les marno-calcaires de base du Maëstrichtien renferment de belles faunes de Foraminifères.

Le Dano-Montien comprend 100 m de marnes jaunes ou grises sans macro-fossiles marquant le passage du Secondaire au Tertiaire. Le sommet de l'étage présente des Foraminifères.

Eocène,

La coupe 2 (figure 17) décrit la succession des terrains : calcaires prédominants, marno-calcaires et marnes blanches. Cet étage affleure largement vers le S où sa nature change peu. La base de l'Yprésien est toujours en relief dans la topographie, «de même que les calcaires massifs lutétiens. La faune est quelquefois abondante (lumachelles d'Huîtres), mais peu déterminable. Les marnes blanchâtres de l'Yprésien contiennent quelques Echinides. Plus à l'E (Djebel Dyr près de Tébessa), les calcaires lutétiens renferment des Nummulites. Des niveaux phosphatés très minces (quelques cm) existent localement à la base de la série éocène.

Quaternaire.

Des surfaces structurales affectent, autour de l'extrémité N du synclinal de l'Ain Dalaa, les marnes sénoniennes qui, de plus, sont parfois recouvertes d'éboulis. Les matériaux sont empruntés surtout aux calcaires à Inocérames.

Des conglomérats et cailloutis à éléments maëstrichtiens et lutétiens, non cimentés et mêlés d'argile rouge, recouvrent les calcaires maëstrichtiens sur le plateau d'Aïn Stiah (Oued Raf Raf et Bir Hanachi).

Au pied N des djebels maëstrichtiens, le raccordement des falaises calcaires avec les surfaces structurales et les alluvions de la plaine se fait par l'intermédiaire de cônes d'éboulis mêlés, soit d'importantes masses détachées des calcaires maëstrichtiens, soit d'amas d'esquilles calcaires (provenant toujours des calcaires à Inocérames) cimentés en brèches.

La croûte calcaire consolide les éboulis en bordure de la plaine de La Meskiana, formant quelquefois de véritables conglomérats. C'est ainsi qu'un banc bien cimenté et bien lité est visible près de l'Ain Dalaa, remaniant des calcaires et des silex du Maëstrichtien et de l'Eocène, avec un pendage d'une douzaine de degrés vers l'aval, pendage qui n'est sans doute pas d'origine tectonique.

PI. II. COUPES GÉOLOGIQUES DANS LE SYNCLINAL DE L'AÏN DALAA

Fig. 1 : coupe d'ensemble

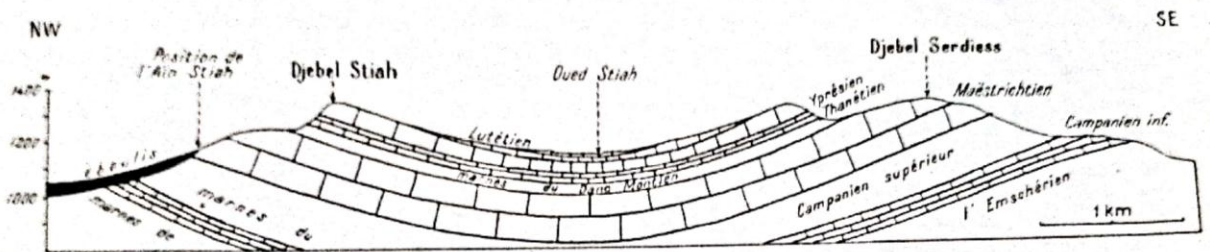


Fig. 2 : coupe des terrains éocènes

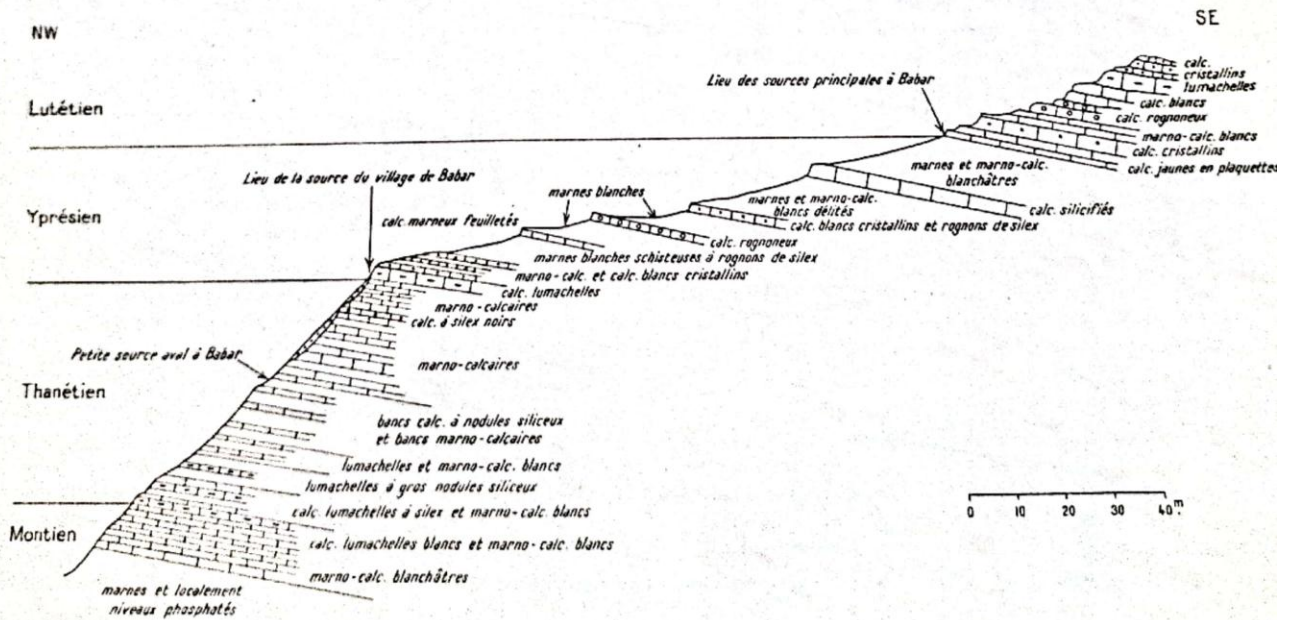


Figure IV.17 : coupes géologiques dans le synclinal de Ain Dalaa

IV.3- TECTONIQUE :

La direction architectonique majeure de la région est SW-NE (direction des plis de l'Aurès). Elle est due aux plissements anté-miocènes. Le Miocène est discordant sur les terrains antérieurs. Dès cette époque ont débuté les montées diapiriques du Trias, disloquant surtout les calcaires récifaux du Crétacé inférieur, ouvrant la voie aux venues minéralisatrices ; le diapirisme ne s'est pas arrêté depuis.

Quelques mouvements se sont produits pendant le dépôt des sédiments miocènes. D'autres, plus importants et postérieurs, ont provoqué des plissements ortho-gonaux- à la direction ancienne et surtout des failles et fractures orientées elles aussi NW-SE. Certaines, très importantes, limitent de véritables fossés d'effondrement (tel celui de Tébessa-Morsott, suivi par le haut cours de l'Oued Mellègue). L'existence de ces « graben » est liée à des mouvements du socle. D'autres failles compartimentent plus ou moins les plis, interrompant la continuité des diverses assises, comme les failles de Rass Dalaa et du Djebel Gourrigueur dont nous verrons plus loin l'importance.

Les principales unités tectoniques sont les suivantes, du N au S:

- l'anticlinorium du massif d'Aïn-Beïda ;
- prolongeant le grand anticlinal de l'Aurès, celui de Khenchela-Argoub-Zitoun est jalonné par des épointements triasiques ; il s'ennoie un moment sous la plaine de Nini ;
- l'anticlinal de la Meskiana, suivi' par l'oued du même nom ; il se partage en deux au delà du village :
- l'anticlinal du Guelb et celui de Mzouzia-Boukhadra ;
- l'anticlinal d'Outa Gasses-Kamellel-Morsott ;
- l'anticlinal d'Outa-Zora-Oued Serdiess.

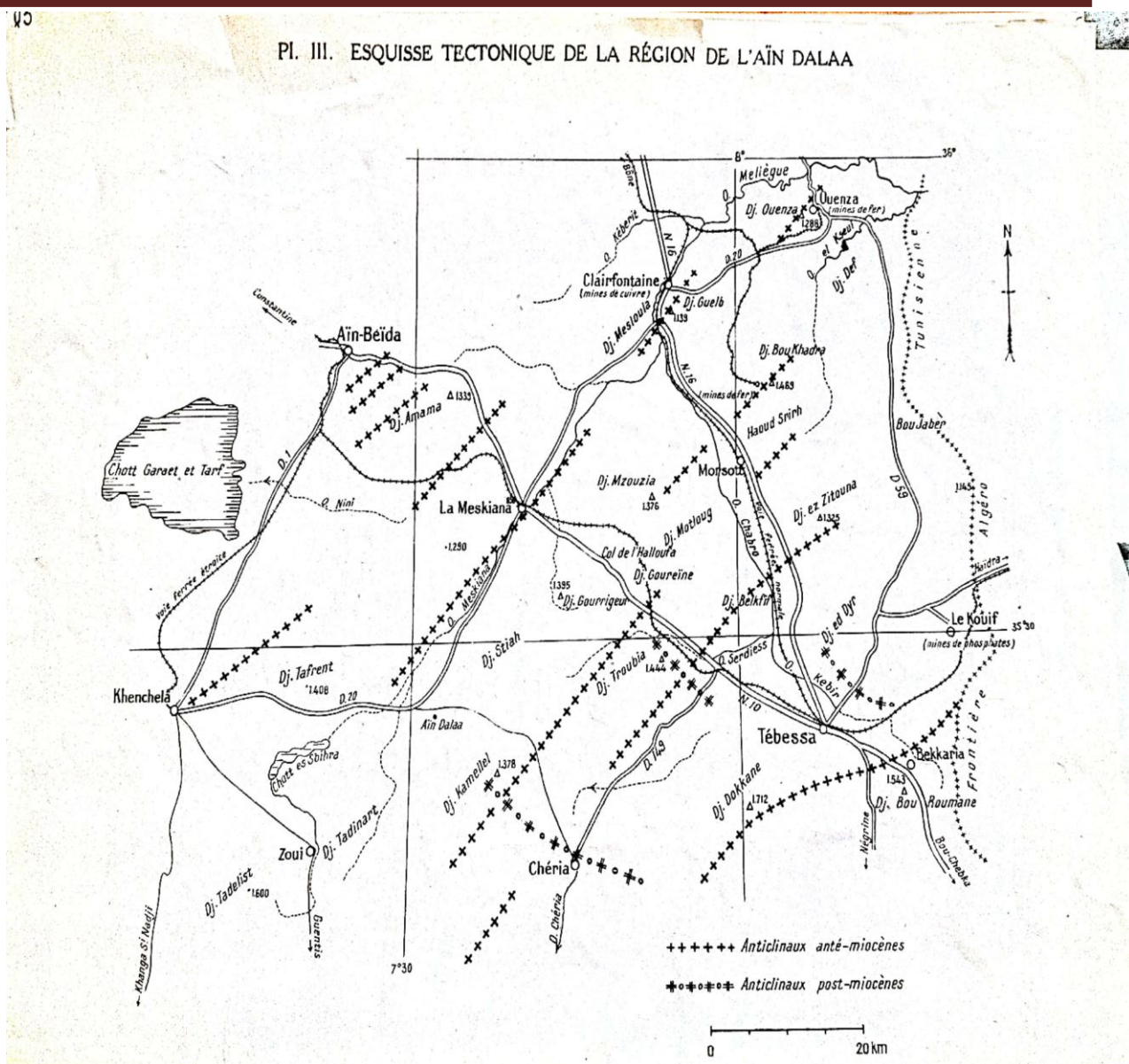


Figure IV.18 : Esquisse tectonique de la région de Ain Dalaa

Entre eux s'intercalent les synclinaux du Tafrent, de Zoui-Aïn Dalaa-Haoud Srirh, d'Outa Mréhane-Djebel Troubia, de Chéria.

Dans cet ensemble, le synclinal de l'Aïn Dalaa est dû essentiellement aux plissements anté-miocènes. Seules les failles orthogonales à l'axe témoignent de mouvements post-miocènes. Celles de Rass Dalaa, d'Aïn Rabaa et du Gourrigeur occasionnent des rejets importants. D'autres sont sans rejet (Djebel Stiah) : les calcaires maëstrichtiens sont alors minéralisés en calcite ou remaniés sur place. La faille du Djebel Stiah est double : la silice est reprise et, entre deux miroirs de faille silicifiés, un étroit compartiment est bouleversé.

Le synclinal de Zoui relaie vers le SW. celui de l'Aïn Dalaa après un ennoyage du bord NW sous la plaine de Skilhammam. Un abaissement d'axe, accompagné de failles (sans doute parallèles à celle de l'Aïn Bou Saïd, mais masquées par les atterrissements), en est responsable.

IV.4- HYDROGEOLOGIE GENERALE DE LA REGION D'ETUDE :

Il existe dans l'ensemble étudié trois niveaux aquifères d'importances très diverses. Ce sont :

- les calcaires et marno-calcaires campaniens,
- les calcaires maëstrichtiens,
- l'ensemble des calcaires et marno-calcaires de l'Eocène dans lequel il est possible de distinguer localement plusieurs niveaux d'émergence. (Le Quaternaire, s'il a une grosse importance dans la plaine de l'Oued Meskiana, n'en a guère ici).

Les marno-calcaires et calcaires campaniens.

Leurs ressources sont peu importantes. Les émergences sont localisées à la base de l'étage calcaire (¹). Au N du Gourrigueur, les mêmes calcaires, en masses solifluées et toujours partiellement recouverts d'éboulis, alimentant l'Aïn Diss, l'Aïn Ouled Barrouch et Bir Louardi. Les débits sont faibles, de l'ordre de 0,50 à 0,75 l/seconde.

Les calcaires maëstrichtiens.

Ce niveau, assez épais (160 m), couvrant d'importantes superficies, formé de calcaires bien fissurés au moins sur une certaine épaisseur, constitue le principal réservoir de la région et donne naissance à sa plus belle source : l'Aïn Dalaa. Celle-ci est située sur la piste de Khenchela à Chéria, au point le plus bas (cote 983) des affleurements de calcaires maëstrichtiens constituant le revers W du synclinal, avant sa disparition sous les alluvions, et vers la base de ces calcaires. Elle débite en moyenne 100 l/seconde et ses eaux irriguent encore les terres de la vallée bien au delà du village de La Meskiana.

Mais ce n'est pas là le seul exutoire ; d'autres points d'eau dépendent également de cette assise, dont l'examen permet de délimiter l'impluvium propre de l'Aïn Dalaa. Ce sont :

- tout au N, l'Aïn Sid, près de la maison forestière du même nom : l'émergence est vers la base de l'assise, le débit est faible : 10 à 15 l/minute ;
- l'Aïn Raf-Raf : l'émergence se trouve dans les alluvions de l'Oued Raf-Raf, recouvrant une zone disloquée de la barre maëstrichtienne (débit entre 0,50 et 1 l/seconde, cote 997) ;
- au S du Djebel Serdiess, les puits de Bir Soltane, Bir el Abiod, Bir bou Cheguifa et Bir en Naga ;
- l'Aïn Kamellel : sa position est particulière ; les émergences sont captées près du contact des calcaires yprésiens et des marnes daniennes ; les éboulis drainent les circulations dans les calcaires du sommet du Maëstrichtien du Djebel Kamellel (débit : 1,50 l/seconde, cote 1140) ;
- l'Aïn bou Saïd a une position assez semblable à celle de l'Aïn Dalaa, -au point le plus bas de la branche SW de la bordure du synclinal de Zoui ; cependant deux petits affleurements de calcaires maëstrichtiens et éocènes au N de la source montrent qu'elle se trouve sur une faille de décrochement ; le débit est de 10 l/seconde aux hautes eaux (cote 1090) ;
- les Aïoun Badjenie : les émergences sont situées sur une faille de décrochement ; le débit est de 10 à 12 l/seconde aux hautes eaux (cote 1140) ; par l'intermédiaire de cette faille, il y a peut-être suralimentation par les calcaires éocènes.

Au SW de l'Aïn Badjene jusqu'à Babar et au delà, il n'y a plus de points d'eau alimentés par le Maëstrichtien aux flancs du revers W du synclinal de Zoui. Il faut noter que la hauteur moyenne des pluies est moindre qu'au N et que l'assise maëstrichtienne est moins développée. et plus redressée. Un changement de nature lithologique intervient peut-être aussi. Sur le revers SE du synclinal, il n'y a également que de rares points d'eau de faible importance,.

De l'examen de ces points d'eau, on peut déduire que la partie S du synclinal n'intervient pas

dans l'alimentation propre de l'Ain Dalaa.

L'Eocène.

C'est surtout dans le synclinal de Zoui, qui relaie au S celui de l'Ain Dalaa, que les calcaires éocènes ont une importance hydrologique non discutable. A l'extrême S de ce pli, les gorges de Babar montrent les différents niveaux d'émergence dans ces formations. Le principal se situe à la base des calcaires massifs, avec quelques bancs de lumachelles, du Lutétien. Un autre niveau important se trouve à la base de l'Yprésien, constitué surtout par des marnes blanches et des marno-calcaires à silex. Une source de faible débit sort également à mi-hauteur du Thanétien, au-dessus des marnes intercalées de bancs calcaires et au-dessous des marno-calcaires. Le débit pour l'ensemble des sources est de 6 à 8 l/seconde, dont les trois quarts pour la source principale.

Dans la dépression suivie par la piste de Zoui à Guentis, les sources de Ras el Ma, de faible débit (1,5 l/seconde), sont situées vers la base de l'Yprésien. Des failles perturbent l'ordre des assises.

Près de Zoui, l'Ain el Trab (0,50 l/seconde), n'est qu'une résurgence d'une fraction du débit de l'Oued Ras el Ma infiltrée dans les alluvions de la plaine.

Dans le synclinal de l'Ain Dalaa, à l'extrémité N de l'affleurement, l'Ain Rabaa draine par l'intermédiaire d'éboulis les calcaires yprésiens. Le débit est de 1 l/seconde.

-L'Ain Stiah (0,50 l/seconde) dépend aussi des calcaires yprésiens et des alluvions recouvrant ceux-ci au N de la vallée du Stiah.

- L'Ain Guerraya (3 l/seconde) sourd dans le lit de l'Oued Stiah. Des alluvions de faible importance recouvrent des bancs calcaires horizontaux du Lutétien inférieur. Une partie du débit doit correspondre à la fraction non évaporée après irrigation de celui de l'Ain Stiah. L'eau de l'Ain Guerraya disparaît dans les calcaires à 2 km à peine à l'aval de la source. Une certaine quantité de cette eau infiltrée se retrouve peut-être à l'Ain Kerma (7 l/seconde en mai 1950), source temporaire dans les cailloutis de l'oued recouvrant à peine les calcaires lutétiens, dont le débit est absorbé par les calcaires à 1.500 m à l'aval de la source.

Le Quaternaire.

Le puits de Bir Hanachi dépend de conglomérats mal cimentés mêlés d'argile rouge qui forment un affleurement restreint sur la rive gauche de l'Oued Stiah.

IV.5- LE SYSTEME HYDRAULIQUE DE L'AIN DALAA.

L'alimentation de l'Ain Dalaa est assurée très certainement par les calcaires maëstrichtiens, et peut-être de façon indirecte par ceux de l'Eocène.

Rôle des calcaires MAËSTRICHTIENS :

Le chaînon de Ras Dalaa, le Koudiat Raf-Raf, et tout le Djebel Zebar interviennent évidemment dans l'alimentation de la source. Il faut par contre en écarter le Djebel Gourrigueur. En effet, à l'endroit où la faille du Gourrigueur recoupe l'Oued el Add existe une source temporaire qui, le 10 mai 1950, débitait, par plusieurs fissures des calcaires, en majorité de la rive droite, au moins 60 l/seconde. Le début du mois avait été pluvieux. L'eau infiltrée est donc presque immédiatement restituée. Le débit va ensuite en diminuant progressivement.

Le même massif alimente d'autre part l'Ain Sid que nous avons vue tarie pendant l'été 1947 et qui, le 20 mai 1950, débitait 2 l/seconde depuis vingt jours.

Le Djebel Serdiess, ne possédant à notre connaissance aucune source, contribue certainement à l'alimentation de l'Ain Dalaa. Il n'en est pas de même du Djebel Kamellel dont l'extrémité E seulement doit participer à cette alimentation: il est en effet affecté par un bombement anticlinal qui ramène à une cote bien supérieure à celle de l'Ain Dalaa le contact calcaires maëstrichtiens-marnes campaniennes. Le revers E nourrit la nappe phréatique de la plaine de Chéria (vers Ksar el Ateuch), et le revers W possède un exutoire, faible il est vrai: l'Ain Kamellel (débit: 1,50 l/seconde, cote I140).

Rôle des calcaires ÉOCÈNES.

Nous avons vu que dans la série éocène le rôle hydraulique du Thanétien était négligeable, et que seuls entraient en ligne de compte l'Yprésien et surtout le Lutétien. Mise à part l'Ain Raba, dépendant du bassin versant de l'Oued el Add, plusieurs sources s'alignent le long de la dépression lutétienne de l'Oued Stiah dont les débits s'infiltrent à nouveau, en particulier celui de V'A in Kerma, la plus basse (et d'ailleurs source temporaire).

Or à l'aval, ni au franchissement de la barre éocène par l'Oued Raf-Raf, ni au contact calcaires éocènes-marnes dano-montiennes, n'existe de point d'eau. D'autre part, grâce à la faille de Ras Dalaa (suivie par la piste de Chéria à 800 m à l'E de la source), la base de l'Eocène est pratiquement en contact avec le sommet du Maëstrichtien.

Le Thanétien est relativement marneux, mais en raison des pendages légèrement différents des assises maëstrichtiennes et yprésiennes (12° et 15°), les couches fissurées doivent être en contact en profondeur. L'Eocène semble finalement suralimenter les calcaires maëstrichtiens.

Il n'y a pas non plus de source, dans le lit de l'Oued Djaa, à l'extrémité W des affleurements éocènes, le Thanétien et l'Yprésien peu perméables affleurant seuls &u S de la piste de Chéria nous ne considérerons pas cette région comme faisant partie de l'impluvium éocène de l'Ain Dalaa.

Etudes piézométriques :

La surface piézométrique des nappes est déterminée par les caractéristiques de leur écoulement que dans les conditions naturelles de gisement des eaux souterraines, dépendent de différents facteurs.

- les conditions géomorphologiques et structurales régionales qu'imposant.
- Le niveau et la pression piézométrique.
- Le type de nappe et son profil de dépression.
- Les caractéristiques de la couche aquifère : lithologie (perméabilité). Section et substratum.
- Les conditions d'alimentation et de drainage. Les cartes en courbes iso pièzes permettent donc :
- De calculer la profondeur de la surface piézométrique.
- De tracer les lignes de courant et de déterminer la direction de l'écoulement et les zones d'alimentations.
- De déterminer le gradient hydraulique.

Pour l'étude de l'évolution de la piézométrie dans l'impluvium alimentant la source objet de notre étude, nous avons utilisés 02 piézomètres (figure19) qui sont situés dans la région Gueriguer.



Figure IV.19 : piézomètres utilisés dans la région Gueriger

Bilans hydrauliques anciens:

Les débits de l'Ain Dalaa oscillaient entre 76 et 235 l/seconde. Outre les chiffres dont fait mention le graphique (figure....), on possède les relevés suivants :

10 février 1942.....	230,45	l/seconde
6 avril 1947.....	92.73	//
10 avril.....	103.76	//
17 avril.....	109.44	//
29 septembre 1949	135.10	//

Ce sont les seuls jaugeages dont on puisse faire état

D'après le graphique, il semblerait que les précipitations atmosphériques aient une répercussion sur le débit de la source un mois à un mois et demi plus tard. En outre, l'écart entre les pluies de mars 1949 et l'apparition du débit de 135 l/seconde en septembre de la même année révèle un délai d'influence de 6 mois.

En réalité, les jaugeages sont trop peu nombreux pour permettre de généraliser. D'autre part, eu égard à l'étendue du périmètre d'alimentation, une régularisation annuelle paraît possible; en effet, on remarque qu'en 1948, première année pluvieuse après la période de sécheresse de 1946 à 1947, le débit de la source a continué à baisser pour ne remonter de façon sensible qu'à la fin de 1949.

Les impluviums :

Tels qu'ils viennent d'être définis plus haut, leurs superficies seraient de 40 km² pour les calcaires maëstrichtiens et de 20 km² pour les calcaires éocènes.

Pour la période 1946-47, pendant laquelle le débit moyen de l'Ain Dalaa est de 100 l/seconde, la hauteur moyenne des pluies n'est sensiblement que de 275 mm (200 à Chéria, mais elle est plus forte sur les hauteurs du Djebel Stiah). Dans ces conditions, si toute la pluie tombée sur les calcaires maëstrichtiens s'infiltrait, le volume apporté à la réserve serait d'environ 36.000 m³/jour. Si ces calcaires entraient seuls en ligne de compte dans l'alimentation, le débit de la source étant de 8.640 m³/ jour, leur coefficient d'absorption serait alors compris entre 25 et 30 %, chiffre qui paraît élevé pour la région.

Le coefficient d'absorption des calcaires éocènes peut être calculé directement. Le débit

total de l' Ain Rabaa et de l'Ain Stiah oscille autour de 2,50 l/seconde. Leur impluvium propre

est d'environ 2,500 km². Si toute l'eau météorique s'infiltrait, l'apport serait approximativement de 2.200 m³/jour, ou 25 l/seconde environ, la hauteur moyenne des pluies étant ici de 350 mm. Comme en réalité, il est de 2,5 l/seconde, le coefficient d'infiltration est d'environ 10 %. L'impluvium éocène de 20 km est donc capable de fournir un débit (avec une hauteur de pluies de 300 mm correspondant à l'année 1947) de 1.666 m³/jour, soit environ 20 l/seconde.

Les calcaires maëstrichtiens fournissent donc en réalité à la source 100-20 = 80 l/seconde ou 6.900 m³/jour, ce qui paraît réduire leur coefficient d'infiltration à 20 %, chiffre acceptable dans les conditions précisées plus haut.

IV.6- LES TRAVAUX

L'Ain Dalaa, qui sourd dans les conditions qu'on vient de voir à 25 km au SW de La Meskiana, n'est pas captée au pied du massif calcaire; ses eaux s'écoulent dans les alluvions de pente jusqu'à un partiteur qui les dirige dans un réseau de séguias en terre; 3 à 4.000 ha sont irrigués. Le périmètre s'étend de part et d'autre de l'Oued Meskiana jusqu'à 8 km à l'aval du village. Les méthodes de culture sont archaïques. L'eau est employée surtout à l'irrigation de céréales. Le morcellement de la propriété est extrême. L'indigène se préoccupe surtout d'employer intégralement la part d'eau qui lui revient de droit, même si les pluies ont été suffisantes. Les rendements normaux ne paraissent pas supérieurs à ceux des céréales non arrosées. On a commencé à développer les labours coopératifs au tracteur. Il faudrait regrouper les terres et constituer un réseau de distribution bétonné. Une régularisation du débit de la source serait alors souhaitable.

D'autre part, le Service de l'Hydraulique avait présenté en 1947 un projet d'alimentation en eau des Mines de fer de l'Ouenza et des centres de Morsott et Clairfontaine par l'Ain Dalaa. Il fallait donc étudier si le prélèvement d'un débit important (20 à 30 l/seconde) sur la source, sans modification de celui réservé à l'irrigation, était possible. Une sollicitation de la ressource par galerie en un point judicieusement choisi était envisagée.

Un plan topographique au 1/5.000^e fut exécuté par photo aérienne, et le levé géologique correspondant effectué. Ce dernier révéla d'abord que la sollicitation de la réserve par galerie à écoulement libre n'était pas possible par suite de la longueur prohibitive qu'on aurait dû lui donner pour amener l'eau à la surface.

On ne pouvait donc procéder que par pompage. Il fut alors suggéré de solliciter la réserve en pompant sur des sondages horizontaux rayonnants forés à partir d'une galerie horizontale creusée dans les marnes campaniennes à une cote suffisamment basse, et arrêtée avant le contact des calcaires maëstrichtiens, ceci à l'extrémité E de Ras Dalaa, à l'W de la faille.

Le levé au 1/5.000 paraissait montrer que l'émergence se trouvait assez près du contact marnes-calcaires.

Deux lignes de sondages furent alors exécutées, d'une part pour reconnaître ce contact, d'autre part pour préciser à l'extrémité E de Ras Dalaa l'existence d'un plan d'eau et sa cote.

PREMIÈRE LIGNE DE SONDAGES :

Les sondages 1 et 3, exécutés à proximité de la source, établirent que, contrairement à ce que l'on supposait, il existait sous l'émergence encore 37 m de calcaires blancs fissurés avec quelques lits marneux. Le passage des calcaires francs aux marnes franches se fait par l'intermédiaire de bancs marno-calcaires. L'étude des Foraminifères (déterminés par J. SiGAL), montra que les marnes appartenaient au Campanien supérieur et les marno-calcaires au Maëstrichtien tout à fait inférieur.

Les sondages 2 et 4 établirent l'importance de l'érosion post-pliocène et l'épaisseur du remplissage alluvial.

Des essais de perméabilité ont été effectués sur le sondage 3 ; ils ont montré une perméabilité importante jusqu'à 19 m et même dans les calcaires marneux jusqu'à 23 m.

DEUXIÈME LIGNE DE SONDAGES :

Le sondage 4, sur l'extrême bord W du synclinal, était destiné à reconnaître la nature du substratum sous les alluvions dans une zone faillée au voisinage de l'accident de Ras Dalaa. Foré jusqu'à 32 m, il est resté dans les alluvions grossières. De plus, aucun plan d'eau n'y a été reconnu alors que le fond a atteint 976 m, c'est-à-dire 8 m au-dessous de l'Aïn Dalaa. De toutes façons, les marnes campaniennes empêchent donc bien le passage de l'eau des calcaires maëstrichtiens dans les alluvions tout le long du revers NW du synclinal.

Le sondage 5 devait reconnaître la continuité du plan d'eau dans les calcaires maëstrichtiens et donner des indications sur leur état de fissuration, qui peut s'établir comme suit:

calcaires fissurés.....	de 6,00 à 12,50 m
// compacts	de 12,50 à 20,00 m
// fissurés.....	de 20,00 à 26,00 m
// peu fissurés.....	de 26,00 à 40,00 m
// fissurés.....	de 40,00 à 60,00 m
// peu ou pas fissurés... ..	de 60,00 à 105,00 m

Le plan d'eau est à la cote 986,20 l'Aïn Dalaa étant à la cote 983,64, la différence de niveau est de 2,56 m pour 1,500 km de distance.

D'autre part, (la figure 20) montre qu'on ne pouvait à cet endroit solliciter la ressource par forages rayonnants à partir d'un puits ou d'une galerie dans les marnes. Une galerie avancée à la cote 980 à partir d'un puits foré en S traverserait une zone d'alluvions grossières et d'éboulis et ne rencontrerait pas un contact franc calcaires

Il faudrait, dans cette hypothèse, se placer à 500 m plus à l'W, en dehors de la zone faillée.

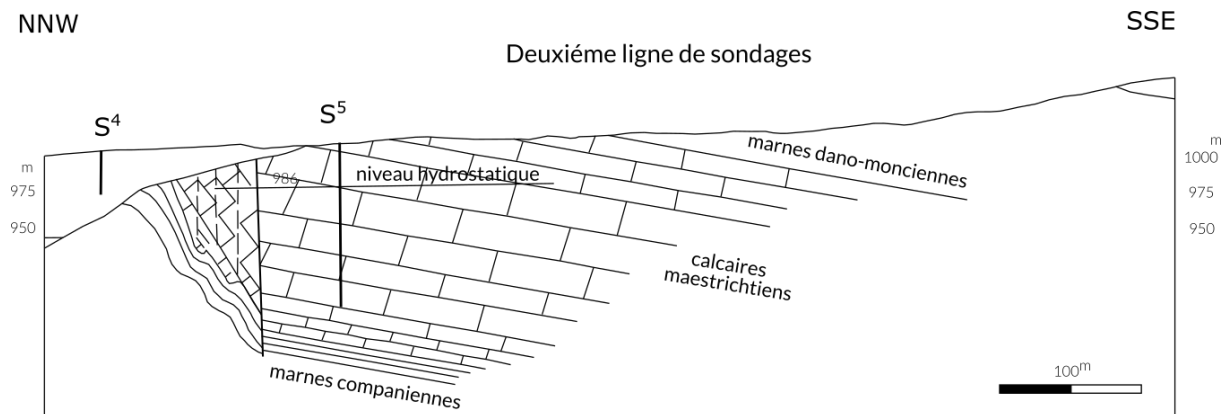
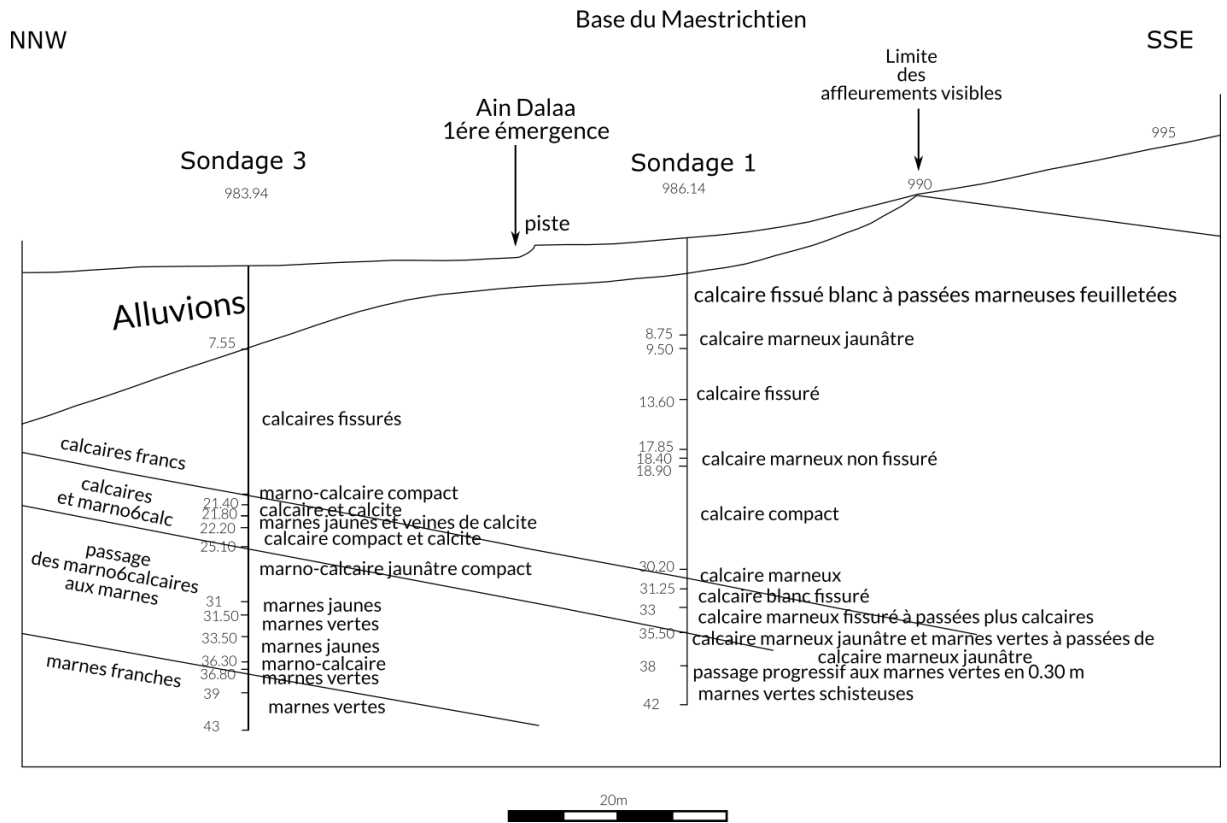
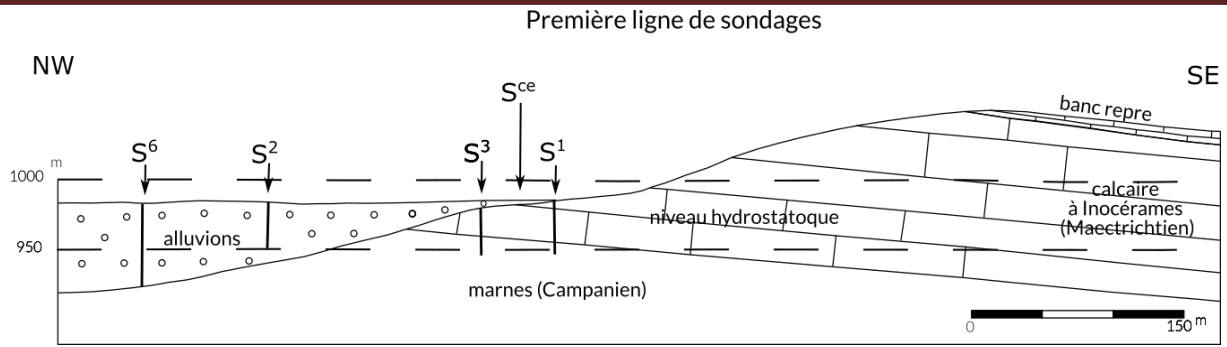


Figure IV.20 : coupes géologiques passant par les lignes de sondages

Cependant il semble, étant donné l'existence à proximité de la source de 30 m de calcaires fissurés sous la cote d'émergence, que ce soit aux environs immédiats de celle-ci qu'on doit solliciter la réserve.

Certaines des raisons qui avaient motivé les travaux n'existent d'ailleurs plus maintenant les Mines de l'Ouenza en effet ont nettement amélioré leur situation du point de vue de l'alimentation en eau par l'exploitation de ressources locales. De même, on peut utiliser pour les villages de Morsott et de Clairfontaine des ressources proches de ces centres.

Il n'en reste pas moins qu'une régularisation de l'Aïn Dalaa doit être envisagée lorsque sera aménagé son périmètre d'irrigation, mais cette régularisation ne pourra se faire que par pompage.

L'ETAT ACTUEL DE AIN DALAA :

Actuellement, ma source de Ain Dalaa est à sec, cette dernière a subi un tarissement complet qui a suivi un tarissement progressif depuis 2007 où le débit était de l'ordre de 0.0083 l/s, cet état s'est poursuivi jusqu'au 28/02/2013 avec un débit presque nul de l'ordre de 0.0005 l/s (tableau n10), depuis cette date , la source de Dalaa est disparue complètement et ne coule plus.

Tableau10 : Fiche de suivie de la source de Ain Dalaa :

					margelle h=2.55m
N°	DATE	H(cm)	Q(m3/s)	PLUIS MENSUEL	N.S/S DHALAA
1	25/07/2005	69	0,253	4,3	
2	06/12/2005	63	0,106	11,3	
3	25/01/2006	63	0,114	55,4	
4	08/07/2006	59	0,108		
5	19/12/2006	57	0,119		
6	08/01/2007	57	0,083		
7	29/05/2007	55	0,053		31,04
8	03/11/2007		0,017		31,21
9	08/01/2008	47	0,012		31.29
10	18/05/2008	32	0.011		31.43
10	16/09/2008		a sec		
11	25/02/2009		0,012		31,1
12	06/02/2011		0,012		31,18
13	27/06/2011		0,042		30,97
14	18/11/2012		0,0005		31,32
15	28/02/2013		0,0005		31,54

Relation débit-Hauteur d'eau dans la source de Dalaa (2005/2013)

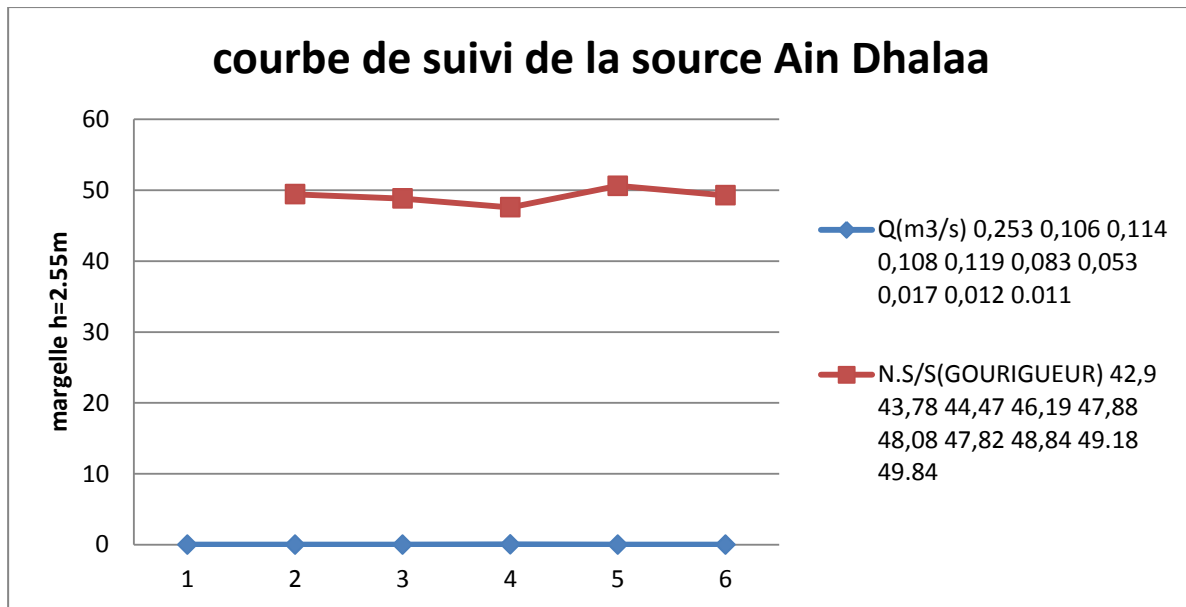


Figure 21: courbe de suivi de la source Ain Dalaa (2005/2013)

Relation Précipitation-débit-Hauteur d'eau dans la source de Dalaa (2005/2013)

Les causes probables du tarissement de la source de Dalaa

- La surexploitation dans le champ captant (Gurriquer) alimentant le source de Ain Dalaa.
- La sécheresse qui a sévi toute la région et qu'on a mentionné dans la partie hydroclimatologie.
- Absence d'un plan d'exploitation et de gestion des eaux de la source dans le temps.
- La croissance démographique et la demande sur l'eau, qui a augmenter , les dernières décennies.
- La situation de la source dans une zone à cheval, entre trois wilayas (Tébessa, Oum Bouaghi et Khenchela. Ce qui rendu difficile sa gestion.
- La négligence des autorités par rapport à l'exploitation des eaux de sources et se contenter uniquement des forages et puits.

Solutions proposées pour la réapparition de la source Ain Dalaa.

- Instaurer un périmètre de protection de captage dans la région de Guerriger.
- Diminuer le nombre de forages dans ce périmètre.
- Combattre les puits illicites dans toute la région,
- La coordination entre les autorités compétentes dans les trois wilaya afin d'instaurer un plan visant la réapparition d la dite source.

CONCLUSIONS :

On se trouve donc, à l'Ain Dalaa, en présence d'une très belle source, au débit variant de 80 à 230 l/seconde, dans le temps, dépendant de deux assises perméables séparées par deux niveaux imperméables, ployés en synclinal, l'assise inférieure intervenant pour la plus grande part dans l'alimentation.

L'émergence se trouve au point topographiquement le plus bas de l'ensemble.

Du fait de l'étendue de l'impluvium (60 km environ au total), la régularisation paraît largement interannuelle; mais il ressort de cette étude que les limites et les caractéristiques de l'impluvium ne peuvent être exactement précisées, en particulier la quantité d'eau fournie par l'assise supérieure calcaire n'est estimée qu'avec une marge d'approximation assez large. D'autre part, les indications sur la hauteur moyenne des pluies s'étendent sur trop peu de temps encore pour la plupart des pluviomètres. Somme toute, on ne pourra estimer connaître la source avant de posséder les résultats de jaugeages réguliers répartis sur plusieurs années.

Avant d'envisager la possibilité de prélever par pompage un débit supplémentaire momentané mais important, en fait d'effectuer une régularisation, il serait également nécessaire de procéder à des pompages massifs dans les calcaires à proximité de ce point d'eau et d'en étudier la répercussion sur son débit.

Ensuite seulement, on pourra envisager une utilisation rationnelle de cette source qui paraît d'autant plus belle que le pays d'alentour est plus sec et plus désolé, les djebels plus dénudés et plus blancs sous le soleil.

GUY DUROZOY

1952

Conclusion générale

Conclusion générale et recommandations :

La qualité des eaux souterraines de la nappe alluvionnaire de la plaine de Meskiana, située au Nord-Est de l'Algérie influencé plusieurs paramètres physiques et chimiques, dans cette étude nous avons évalué la qualité des eaux souterraines utilisées en irrigation.

Notre étude a abouti aux conclusions suivantes :

- L'étude géologique de la région d'étude a montré que les formations carbonatées de bordure sont d'âge Crétacé. Les formations d'âge Mio-Plio-Quaternaire occupent la totalité de la plaine.
- L'activité tectonique a provoqué la formation de plis de direction NE-SW, accompagnés d'une série de failles de direction orthogonale affectant les formations crétacées.
- L'étude géophysique a pu mettre en évidence l'extension des formations alluvionnaires à l'intérieur de la plaine. Ces formations sont composées de galets, de cailloutis, de graviers, de sables et de limons. Ces dépôts de remplissage sont très hétérogènes et intercalés de couches conductrices constituées par des marnes et des argiles.
- Le climat qui règne dans notre région d'étude est semi-aride, il est caractérisé par un hiver froid et pluvieux et un été chaud et sec, avec des précipitations moyennes annuelles, sur une période de 21ans (97/98 – 2017/2018), estimées à 394.93 mm, La température moyenne interannuelle est de 27.88°C.
- Le ruissellement ne représente que 3.83 % des précipitations, ce qui représente 15.13mm.
- L'infiltration est estimée à 5.93%. Ce qui permet de percoler 23.43 mm Cette dernière contribue à l'alimentation des nappes souterraines à partir de la surface.
- La cartographie piézométrique a montré que l'écoulement souterrain se fait, en général, selon une direction Sud-ouest - Nord-est.
- L'alimentation se fait à partir des bordures calcaires Dj Guerigueur à l'Est de la plaine.
- La surface piézométrique présente une fluctuation régulière, caractérisée par une baisse durant la période de basses eaux, sous l'effet de l'évaporation, et une remontée pendant la période de hautes eaux, suite à la recharge de la nappe à partir des précipitations.
- Les valeurs les plus importantes de la perméabilité et de la transmissivité se localisent au centre de la plaine et les plus faibles aux bordures. Cette répartition est confirmée par les débits de forages
- L'émergence se trouve au point topographiquement le plus bas de l'ensemble
- La quantité d'eau fournie par l'assise supérieure calcaire n'est estimée qu'avec une marge d'approximation assez large
- En fait d'effectuer une régularisation, il serait également nécessaire de procéder à des pompes massifs dans les calcaires à proximité de ce point d'eau et d'en étudier la répercussion sur son débit.

Conclusion générale

- ✓ Instaurer un périmètre de protection de captage dans la région de Guerriger.
- ✓ Diminuer le nombre de forages dans ce périmètre.
- ✓ Combattre les puits illicites dans toute la région,
- ✓ La coordination entre les autorités compétentes dans les trois wilaya afin d'instaurer un plan visant la réapparition d la dite source.

Bibliographie :

Reference :

ANONYME, (1973-1975) : Fiche technique des forages : A3, AL5, B10, B8, CD7 D1, E2, E5, K5, MK2, MK4, MK5.

DUROZOY G. (1956) : Carte géologique au 1/50 000 de Tébessa feuille 206, et sa notice Explicative

Référence pour une thèse :

GOUAIDIA L et al. (2004) : Application des méthodes statistiques pour expliquer le Chimisme de la nappe alluvionnaire de Meskiana. Colloque international Terre et Eau. Université d'Annaba 04,05& 06décembre 2004.

Gouaidia, L., 2008. Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimiques des eaux d'une nappe en zone semi -aride, cas de la nappe de Meskiana Nord-est Algérien. Thèse de Doctorat Uni Annaba.

Référence pour un article de revue :

Guy Durozoy (1952) etude hydrogéologique du synclinal de l'Ain Dalaa
A.B.H , (2001) : Les cahiers de l'agence des bassins hydrographiques « A.B.H » ; « Le bassin versant Medjerda Mellague », N° 6. 24p.

Farhat, B., Ben mammou, A., 2001. Evolution récente de la Sebkhet Bou Zid (Nord Est du Cap Bon). IVème Congrès Maghrébin des Sciences de la Mer. Tunisie.

Journal officiel, (1983) : Journal officiel de la République Algérienne du 08/02/1983. Loi n°83- 03 du 5 février 1983, relative à la protection de l'environnement.

Maneglier, H., (1991), *Histoire de l'eau, du mythe à la pollution*, Paris.

Tricart, J., 1954. Une forme de relief climatique : Les Sebkhas, Rev. Géomorph .Dynam, 3 : 19

Vincent, V., Cours sur les eaux thermales, Université d'avignon LHA, France, 2006.

Yves, H., (2003), Cours de sédimentologie, 1re année licence Science de la Terre, Université Paul Sabatier, Toulouse. **Yves, L., (2010),** L'eau dans le monde : les batailles pour la vie, LAROUSSE, France.

Référence pour un mémoire :

CHOUGAR RIHAB LAZREG L'état de minéralisation des eaux souterraines de la nappe de Meskiana et leur aptitude à l'irrigation Juin 2019

Références

Référence pour un livre :

- CASTANY, G. (1967): Traité pratique des eaux souterraines, Ed. Dunod, 551 p.
CASTANY, G. (1968): Prospection et exploitation des eaux souterraines, Ed. Dunod, 683 p.
CASTANY, G. (1982): Principes et méthodes de l'hydrogéologie, Ed. Dunod, 263 p.
CASTANY, G. et MARGAT, J. (1977): Dictionnaire français d'hydrogéologie. Ed. BRGM, Orléans, 250 p.

Web graphie :

- <http://fr.wikipedia.org>
<http://www.Aureschaouia.free.fr>
<http://www.articque.com>
<http://www.CGM.com>
<http://www.cig.ensmp.fr>
<http://www.eleves.ens.fr>
<http://www.hydrogéologie.com>
<http://www.Scholar.google.com>
<http://www.u-picardie.fr>
<http://www.ifen.fr>