

# الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Ibn Khaldoun –Tiaret-



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Nutrition et Technologie Agro-Alimentaire

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master académique

**Domaine:** "Sciences de la Terre et de l'Univers"

**Filière:** "Géologie"

**Spécialité:** "Hydrogéologie et Environnement"

**Thème :**

**Impact de l'exploitation excessive des eaux souterraines sur le système aquifère cas de djebel amour (atlas saharien central)**

Présenté et soutenu publiquement par :

1-MERZOUG ABOUBAKEUR

2-KHALEF ZAKARIA

**JURY:**

-**Président** : AMEUR mohamed

-**Promoteur** : ZERARKA Abdelkader, Maître de conférences A

-**Examineur** : SABBOUA Toufik

Année universitaire: 2016-2017

# Remerciements

S'il y a qui mérite des remerciements et gratitude, alors que le grand remerciement n'est qu'à Dieu le tout puissant qui avec sa puissance ne ferme une porte qu'après avoir ouvert d'autres portes. Dieu on ignore, devant lequel on est tous petit mais le récit et sa reconnaissance on devient puissant.

Si nous serions contrait avec Dieu est avec qui études de par le destin qui nous est tracé, sommes rencontrés au siège de l'Université, avec un personnel qui mérite le grand respect et la gratitude, sachant que la simplicité est l'origine des nobles.

A toutes ses personnes dont je cite mes professeurs.

A toutes ces personnes à leur tête.

Mon jury :

- **Mr ZERARKA Abdelkader.**
- **Mr Ameer Muhamed.**
- **Mr sabboua Toufik.**

Et spécialement,

- **Le DG A N R H Mr Sidahmed.**
- **Mr mouchara Nabil .**
- **les étudiant de STU .**

*MERCI*

# Sommaire

<i>Introduction générale</i>	<i>Pages</i>
<b><u>CHAPITRE PREMIER: GEOLOGIE.</u></b>	
<i>I. Introduction</i> .....	<i>04</i>
<i>II. Situation géographique</i> .....	<i>04</i>
<i>III. Aperçu sur la géologie de l'atlas saharien</i> .....	<i>05</i>
<i>IV. Cadre géographique local</i> .....	<i>05</i>
<i>V. stratigraphie</i> .....	<i>06</i>
1. <i>TRIAS</i> .....	<i>07</i>
2. <i>JURASSIQUE</i> .....	<i>09</i>
2-1. <i>KIMMERIDJIEN</i> .....	<i>09</i>
2-1-1. <i>Kimméridgien gréseux</i> .....	<i>09</i>
2-1-2. <i>Kimméridgien marno-calcaire</i> .....	<i>09</i>
2-2. <i>PORTLANDIEN</i> .....	<i>09</i>
3. <i>CRETACE</i> .....	<i>10</i>
3-1. <i>VALANGINIEN-BARREMIEN</i> .....	<i>10</i>
3-2. <i>L'Aptien</i> .....	<i>11</i>
3-3. <i>L'Albien</i> .....	<i>11</i>
3-3-1. <i>L'Albien inférieur</i> .....	<i>11</i>

3-3-2. <i>L'Albien supérieur</i> .....	11
3-4. <i>Cenomanien</i> .....	11
3-5. <i>Turonien</i> .....	11
4. <i>Tertiaire</i> .....	12
4-1. <i>Oligocène</i> .....	12
4-2. <i>Miocène et Pliocène</i> .....	12
5. <i>Quaternaire</i> .....	13
5-1. <i>Le Quaternaire ancien</i> .....	13
5-2. <i>Le Quaternaire récent</i> .....	13
VI. <i>Analyse structurale</i> .....	13
1. <i>Disposition structurale du Djebel Amour</i> .....	14
2. <i>Système defracturation</i> .....	14
a- <i>Les failles</i> .....	15
b- <i>les fissures</i> .....	15
<i>Conclusion</i> .....	16
 <b><u>CHAPITRE DEUXIEME CLIMATOLOGIE.</u></b>	
I. <i>Introduction</i> .....	17.
II. <i>éléments du climats</i> ....	17
1. <i>Température</i> .....	17
2. <i>précipitation</i> .....	18
a. <i>diagramme ombro-thermique</i> .....	19
b. <i>indice de De Martonne (1923)</i> .....	19.
3. <i>évaporation</i> .....	20
4. <i>humidité</i> .....	20

<i>5. Les vents</i> .....	21
<i>6. nébulosité</i> .....	21
<i>7. Insolation</i> .....	21
<i>Conclusion</i> .....	22

**CHAPITRE TROISIEME : HYDROGEOLOGIE.**

<i>I. Introduction</i> .....	23
<i>II. Comportements hydrogéologiques de différentes formations</i> .....	23
<i>1 Le Kimméridgien inférieur gréseux</i> .....	23
<i>2. Le Kimméridgien marno-calcaire</i> .....	23
<i>3. Le Kimméridgien supérieur</i> .....	23
<i>4. Le Kimméridgien à Portlandien gypseux</i> .....	24
<i>5. LE Portlandien -Berriasien</i> .....	24
<i>6. La valanginien-Barrémien</i> .....	24
<i>7. L Aptien</i> .....	24
<i>8. L'Albien inférieure</i> .....	24
<i>9. L'Albien supérieur</i> .....	24
<i>10. Le Cénomaniens</i> .....	25
<i>11. Le Turonien</i> .....	25
<i>12. le Mio-pliocène</i> .....	25
<i>13. Le Quaternaire</i> .....	25
<i>III. Les différents aquifères</i> .....	26
<i>1. Aquifère de Mio-Plio-Quaternaire</i> .....	26
<i>2. Aquifère du Turonien</i> .....	26
<i>3. Aquifère du Barrémien-Aptien-Albien</i> .....	26
<i>4. Aquifère du Néocomien supérieure</i> .....	26
<i>5. Aquifère du Jurassique</i> .....	26
<i>IV. Etude de la nappe du Barrémien-Aptien-Albien</i> .....	28

<i>Le synclinal d'Aflou.....</i>	<i>28</i>
<i>V. Etude des forages et les sources.....</i>	<i>28</i>
<i>1. Les forages.....</i>	<i>28</i>
<i>a. Le forage d'Aflou.....</i>	<i>28</i>
<i>b. Le forage AF.II.....</i>	<i>30</i>
<i>c. Le forage AF.III.....</i>	<i>30</i>
* <i>c .1 .Essai par pompage.....</i>	<i>31</i>
<i>- Interprétation.....</i>	<i>31</i>
<i>- Courbe de descente.....</i>	<i>32</i>
<i>- Méthode d'approximation de LOGAN.....</i>	<i>32</i>
<i>- Détermination de la perméabilité.....</i>	<i>32</i>
<i>- Courbe de remonté.....</i>	<i>33</i>
<i>D. Forage d'Oued Morra.....</i>	<i>33</i>
<i>2. Sources.....</i>	<i>34</i>
<i>a. Les sources d'Aflou.....</i>	<i>34</i>
<i>b. Les sources d'Oued Morra.....</i>	<i>34</i>
<i>VI. L'étude piézométrique .....</i>	<i>34</i>
<i>Interprétation.....</i>	<i>35</i>
<i>1. .Étude des écoulements .....</i>	<i>35</i>
<i>2.Étude de la variabilité du gradient hydraulique.....</i>	<i>38</i>
<i>Conclusion.....</i>	<i>63</i>

**C HAPITRE QUATRIEME : HYDROCHIMIE.**

*I. Introduction.....39*

*II. Description sommaire des paramètres physico-chimiques des eaux souterraines...39*

*III. Les caractéristique physico chimiques de leau .....40*

*1. Le pH : (le Potentiel d'Hydrogène.....40*

*3. Analyse des cations.....40*

*4. Analyse des anions.....41*

*IV. Les Éléments caractéristique des aquifères.....43*

*a. Calcium et Bicarbonates.....43*

*b. Magnésium.....43*

*c. Sodium et Potassium.....43*

*d. Chlorures.....43*

*e. Sulfates.....43*

*f. Nitrates.....43*

*Conclusion.....44*

*Conclusion générale*

*Références bibliographiques*

## ***Les Figure***

Figure 01 : Les différentes parties en Algérie. Source : Google Earth.

Figure 02 : Les différentes parties de l'Atlas saharien en Algérie. Source : Google Earth.

Figure 03 : Coupe structurale de l'Algérie du Nord. (In Laghouag M Y, 2011, modifiée).

Figure 04 : Extrait de la carte géologique de Laghouat au 1/200.000.

Figure 05 : Coupes géologiques à travers le djebel Amour (zone étudiée).

Figure 06 : Séries Jurassique supérieur de Djebel EL Chebka.

Figure 07 : Principales structures de l'Atlas Saharien (Wec Algérie, 2007).

Figure 08 : Variation mensuelle de la température à Aflou. 1990-2011.

Figure 09 : Précipitations mensuelles à Aflou. 1990-2011.

Figure 10 : Diagramme ombro-thermique de la région d'Aflou. 1990-2011.

Figure 11 : Courbe d'évaporation moyenne mensuelle.

Figure 12 : Humidité relative à Aflou. 1967-1979.

Figure 13 : Direction des vents à la station d'Aflou. 1990-1999.

Figure 14 : durée d'insolation en heures à Aflou. 1990-1999.

Figure 15 Comportement hydrogéologies différentes formations.

Figure 16: log Stratigraphiques du forage d'Aflou, ANRH 1989.

Figure 17 : courbe de descente du forage AFIII (STAMBOULI M 1983).

Figure 18 : courbe de remontée du forage AFIII.

Figure 19 : logs Stratigraphiques du forage d'oued Morra (in STAMBOULI.M 1983).

Figure 20 : schéma explicatif des sources d'Aflou et d'Oued Morra (STAMBOULI.M 2005).

Figure 21 : carte piézométrique des hautes eaux 2014 (sur fond topographique d'Aflou au 1/200000)



Figure 22 : carte piézométrique des hautes eaux 2017.

Figure 23: localisation des points d'eau échantillonnée.

Figure 24 : résultats des analyses du PH, (ANRH 2013).

Figure 25 : résultats des analyses du Ca, (ANRH 2013).

Figure 26 : Résultats des analyses du Mg (ANRH, 2013).

Figure 27 : Résultats des analyses du Na (ANRH, 2013).

Figure 27 : Résultats des analyses des nitrates (ANRH, 2013).

Figure 28 : Résultats des analyses des sulfates (ANRH, 2013).

Figure 29 : Résultats des analyses des chlorures, (ANRH, 2013).

### ***Les Photos***

Photo 01 : filons de gypse.

Photo 02 : roche verte (diorite) emballée dans les argiles bariolées.

Photo 03 : Calcaires du Portlandien.

Photo 04- Affleurement de grès barrémiens affectés par des fissures N60° et N140°. ***Les***

### ***Tableaux***

Tableau 01 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelle. ANRH 1990-2011.

Tableau 02 : Moyennes mensuelles de l'évaporation : période 1990-2011.

Tableau 03 : Températures moyennes mensuelles et annuelles. ANRH 1990-2011.

Tableau 04 : Humidité relative à Aflou. ANRH 1967-1979.

Tableau 05 : Vitesse de vent à Aflou. ANRH 1990-1999.

Tableau 06 : Direction des vents à la station d'Aflou. ANRH1990-1999.

Tableau 07 : Nébulosité à Aflou. ANRH1990-2011.

Tableau 08 : Insolation à Aflou. ANRH 1973-1990.

# INTRODUCTION

---

## INTRODUCTION :

Les ressources en eau souterraine de la région djebel amour (Atlas Saharien ;central) dépendent des aquifères liés au Miocène, aux gréseux du Crétacé et aux calcaires du Jurassique .Les liens entre ces aquifères sont généralement très étroits .Le système hydrogéologique de la région peut être décrit comme suit :En ce milieu semi-aride le principale apport à la nappe est constitué par le ruissellement de quelques rares crues brutales sur la région ou par l'infiltration des eaux de précipitation. L'existence d'aquifère superficiel est alors limitée à quelques Lits mangeurs découpés par des oueds. Dans l'immédiat on se limitera à une description du système hydrogéologique dont l'objectif est la caractérisation du mode d'alimentation, du gisement de l'aquifère et les possibilités d'atteindre et d'exploiter les eaux des formations gréseuse et calcaire. Devant cet état de fait, de nombreuses questions nous ont conduits à classer le travail en deux domaines.

-Le premier domaine relatif aux formations géologiques qui représentent les provinces distributrices.

-Le second domaine se rapportant beaucoup plus au fonctionnement du système aquifère.

Ces formations géologiques véritables poumon par lequel respire la région présente une certaine assurance grâce à la pérennité de son contenu.

## Présentation de la région :

La région du Djebel Amour a connu de nombreuses métamorphoses dans différents domaines notamment l'agriculture et l'urbanisme .Elle était le théâtre d'un grand remaniement géologique fin secondaire début tertiaire .L'effet négatif dont se heurtaient les chercheurs c'est bien la négligence des études géologiques en générale et hydrogéologiques en particulier.

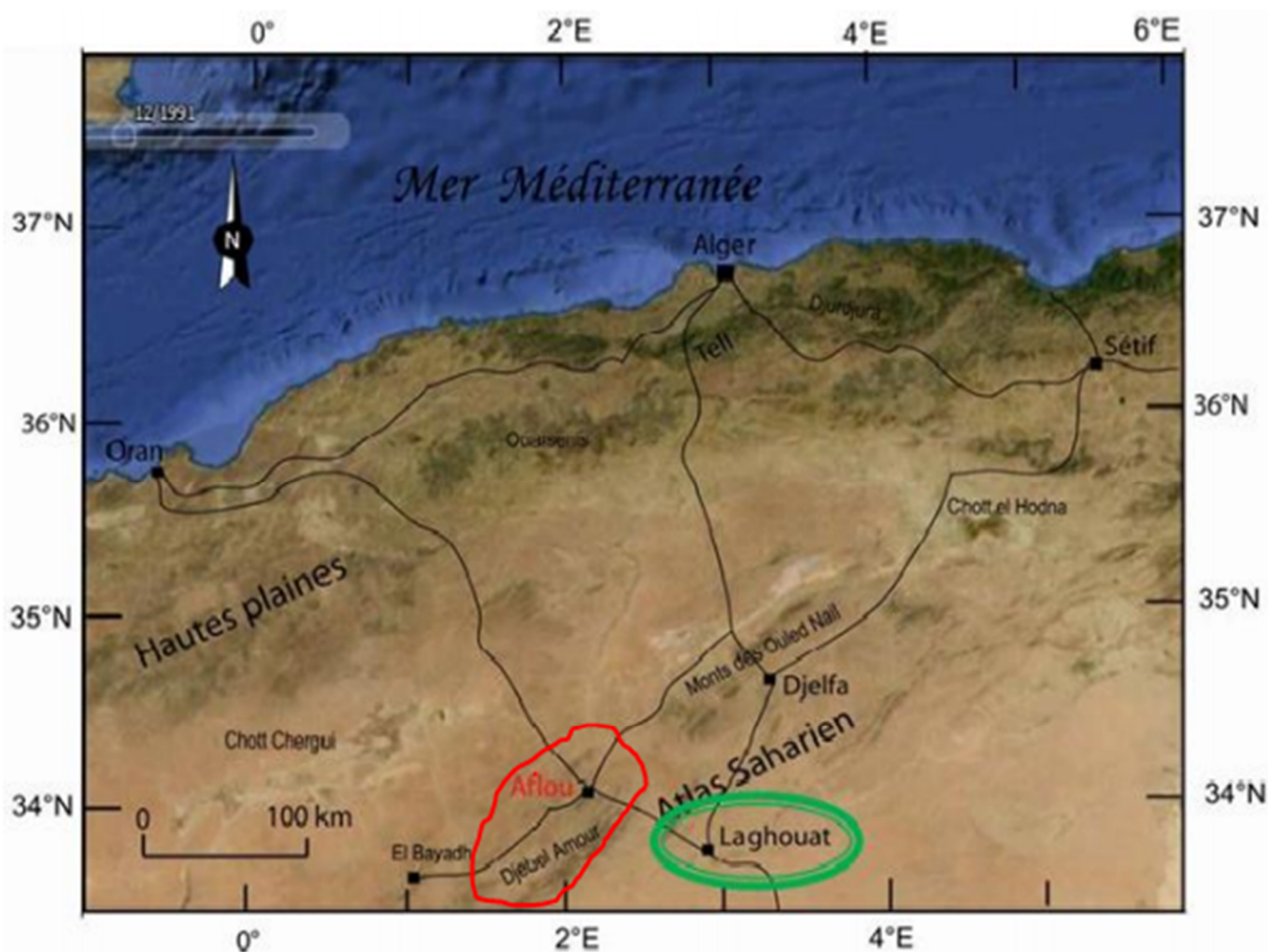


Figure n°01 : Les différentes parties de l'Atlas saharien en Algérie. Source : Google Earth.

Cycle rouge : zone étudiée

Cycle vert ; la wilaya (sous forme d'une légende)

La région est le secteur localement qualifié de cuvette qui rassemble les ressources les plus importantes en eaux souterraines contenues essentiellement dans les grés du l'Albien et du Barrémien. L'influence de la lithologie sur l'hydrochimie de ces aquifères est très apparente en particulier par les gypses contenus essentiellement dans les marnes. Dans toute la région, certains secteurs sont confrontés à un manque d'eau qui est à l'origine de mauvaises implantations. Dans cette zone les ressources en eau

---

souterraine sont caractérisée par un contexte géologique favorable même accentué par un des cycles de sécheresses prolongées engendrant une maîtrise insuffisante de la gestion de l'eau soit au milieu urbain soit dans le domaine de l'agriculture. L'accroissement rapide des besoins en eau entraîné par de nombreuses et diverses activités humaines avait suscité l'intérêt des responsables locaux depuis toujours .En effet l'idée d'exploiter les eaux souterraines des aquifères proches avec des profondeurs maximales tolérables était beaucoup plus importante que celles qui se faisaient hasardeusement avec des résultats trop frappés d'approximation. Il apparaît évident à travers ce rapide survol sur l'histoire de la région qu'on se voit obligé de poser plusieurs questions :

- D'où vient l'eau de la région ?
- Quelles sont les formations géologiques qui alimentent les aquifères ?
- Quelle capacité en eau pouvons-nous dégager ?

### **Présentation des différentes parties traitées :**

Dans cette étude on s'intéressera plus particulièrement à :

-le 1ère chapitre ; l'étude géologique et géophysique pour la précision de la structure tectonique de la région et la détermination de la nature et la géométrie des différentes formations susceptibles d'être aquifères.

-le 2ème chapitre ; l'établissement d'un bilan hydrologique et à l'étude de la variabilité spatiale et temporelle des différents paramètres (précipitations, température, vents, humidité, évaporation, ruissellement, ...etc.).

-le 3ème chapitre ; L'étude hydrogéologique pour la détermination des comportements hydrodynamiques des différentes formations, en précisant le type de nappes, les zones d'alimentation et de drainage des eaux souterraines et les intercommunications possibles entre les différents aquifères

-le dernier chapitre ; L'étude hydrochimique des eaux pour préciser leur potabilité, approcher leur origine et déterminer les zones de mélange possibles, la fin une conclusion.

## I. Introduction

L'Algérie est subdivisée en deux domaines qui s'opposent par leur histoire et leur structure géologique :

- Un domaine septentrional faisant partie de la chaîne alpine, édifié au cours du Tertiaire et qui demeure encore instable aujourd'hui.
- Un Domaine saharien, relativement stable, constitué d'un socle déformé, d'une couverture paléozoïque tabulaire. La frontière entre ces deux domaines est délimitée par l'accident sud-atlasique qui suit le revers sud de l'Atlas saharien.

La région étudiée (Djebel Amour) appartient au premier domaine et fait partie de l'Atlas saharien, une chaîne intracontinentale formée au Tertiaire, et qui constitue l'avant-pays déformé de la chaîne alpine d'Afrique du Nord (fig. 02).

## II. Situation géographique :

Le Djebel Amour constitue Un faisceau de plis centraux de l'Atlas Saharien, située entre le Djebel Ksour au sud-ouest et le Djebel Ouled-Nail au Nord-Est (Fig.02).

Ces faisceaux sont décalés les uns par rapport aux autres, mais rattachés entre eux par une série de plis secondaires légèrement obliques à la direction principale (Fig. n° 02).

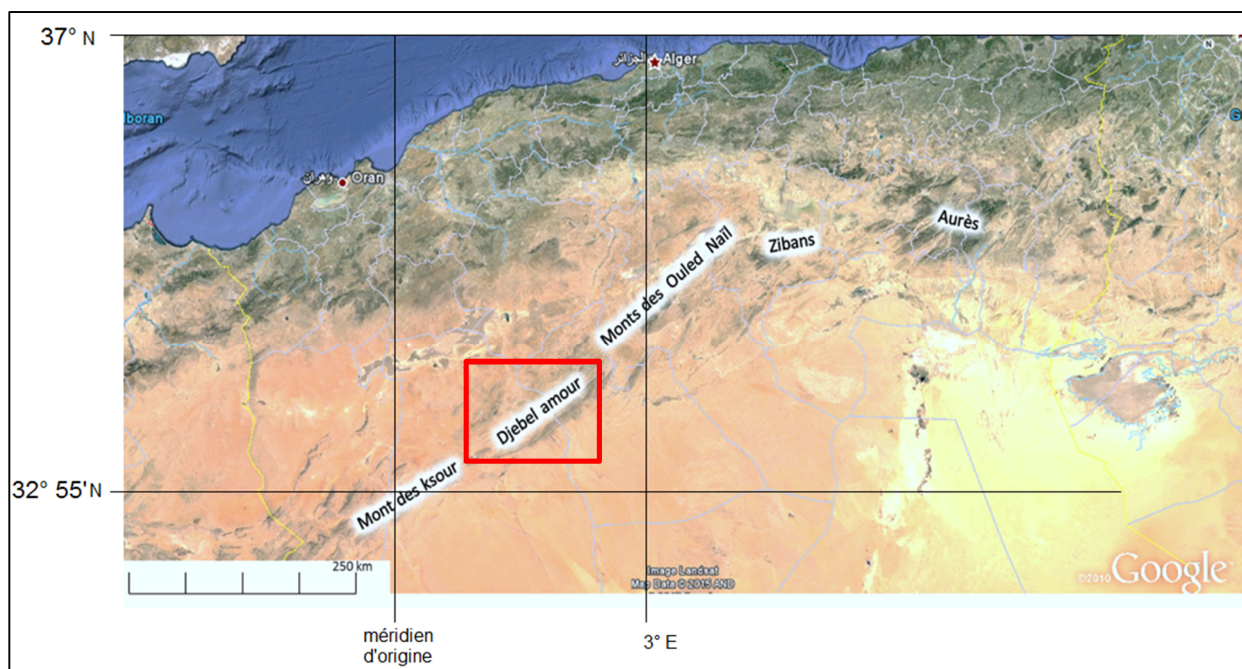
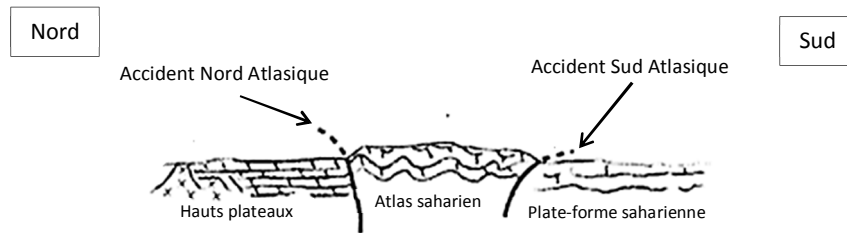


Figure n°02 : Les différentes parties de l'Atlas saharien en Algérie. Source : Google Earth.

Carré rouge : zone étudiée (sous forme d'une légende)

### III. Aperçu sur la géologie de l'atlas saharien

Il s'agit d'une chaîne intracratonique d'âge Tertiaire orientée Nord-Est - Sud-Ouest, délimitée par deux lignes de fractures : l'Accident Nord-atlasique et l'Accident Sud atlasique (fig.03). L'orogénèse atlasique est l'héritage d'un sillon subsidient à sédimentation mésozoïque



**Figure n° 03 : Coupe structurale de l'Algérie du Nord.** (In Laghouag M Y, 2011,).

### IV. CADRE GEOLOGIQUE LOCAL

La zone étudiée appartient au Djebel Amour constituant l'un des faisceaux de l'Atlas Saharien. Les monts du djebel Amour forment un nœud orographique très important, et constituent un ensemble de plis plus ou moins individualisés d'âge Jurassique et Crétacé. Ils enserrent une cuvette synclinale au centre de laquelle se trouve la ville d'Aflou (fig. 04).

### V. stratigraphie :

Au Sahara et au début de l'ère secondaire, les reliefs formés sont aplanis ; les terrains enlevés sont exportés au Nord et vont combler les zones de subsidences. Durant l'ère secondaire, la mer couvrait en majeure partie le Maghreb ; les grands géosynclinaux de l'Atlas Saharien commencent à être comblés de sédiments dès l'ère secondaire, peu profond vers le Nord.

Au Crétacé, la mer va couvrir la plus grande partie de l'Afrique du Nord, elle l'évacuera au début du Tertiaire. Les dépôts terrigènes et chimiques offrent une remarquable sédimentation (In Laghouag M Y, 2011).

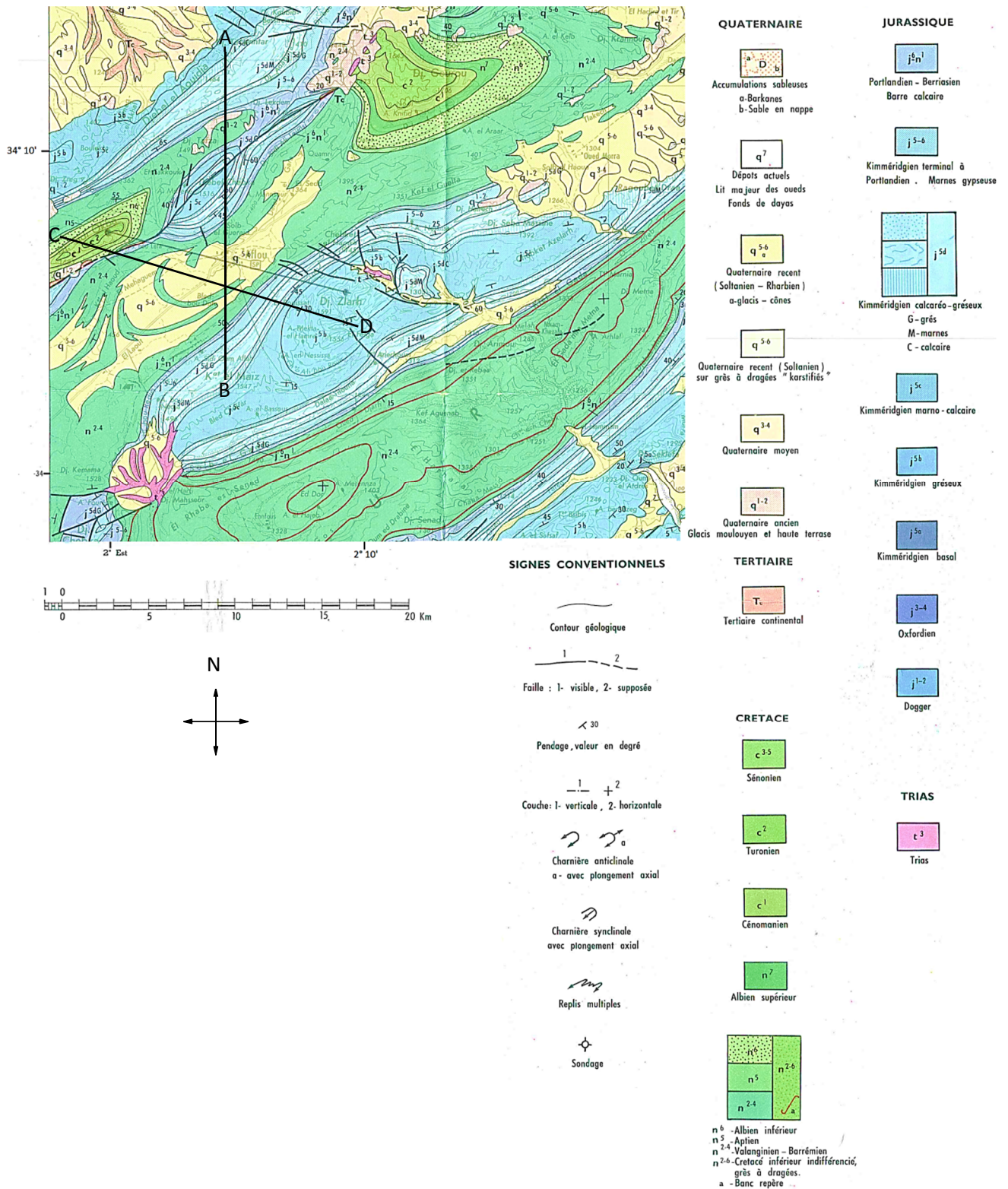


Figure n° 04 : Extrait de la carte géologique de Laghouat au 1/200.000.

1. TRIAS :

Il existe dans le Djebel Amour comme sur l'ensemble du domaine Atlasique, des points où l'on peut observer des formations caractérisées par un mélange d'argiles, de marnes, parfois de grès, brunâtres, violines ou versicolores avec des intercalations de gypse ou de halite et présentant des intrusions de roches vertes en dykes ou emballées dans les argiles.

a- Pointement du Trias d'Ain Fourene :

Situé sur la route d'Aflou-El Guicha, il est constitué de roche verte sous forme de filons en grains fins et légèrement modifiés au contact des calcaires Jurassiques. Ces filons de 1 à 2 mètres et sur une dizaine de mètres de long se trouvent à l'intérieur des marnes salifères et gypses. Cet affleurement se trouve enserré par l'anticlinal du Djebel Chebka et Djebel Zlag.



**Photo 1 : filons de gypse**



**Photo 2 : roche verte (diorite) emballée dans les argiles bariolées**

b- Pointement de Djebel Zlag :

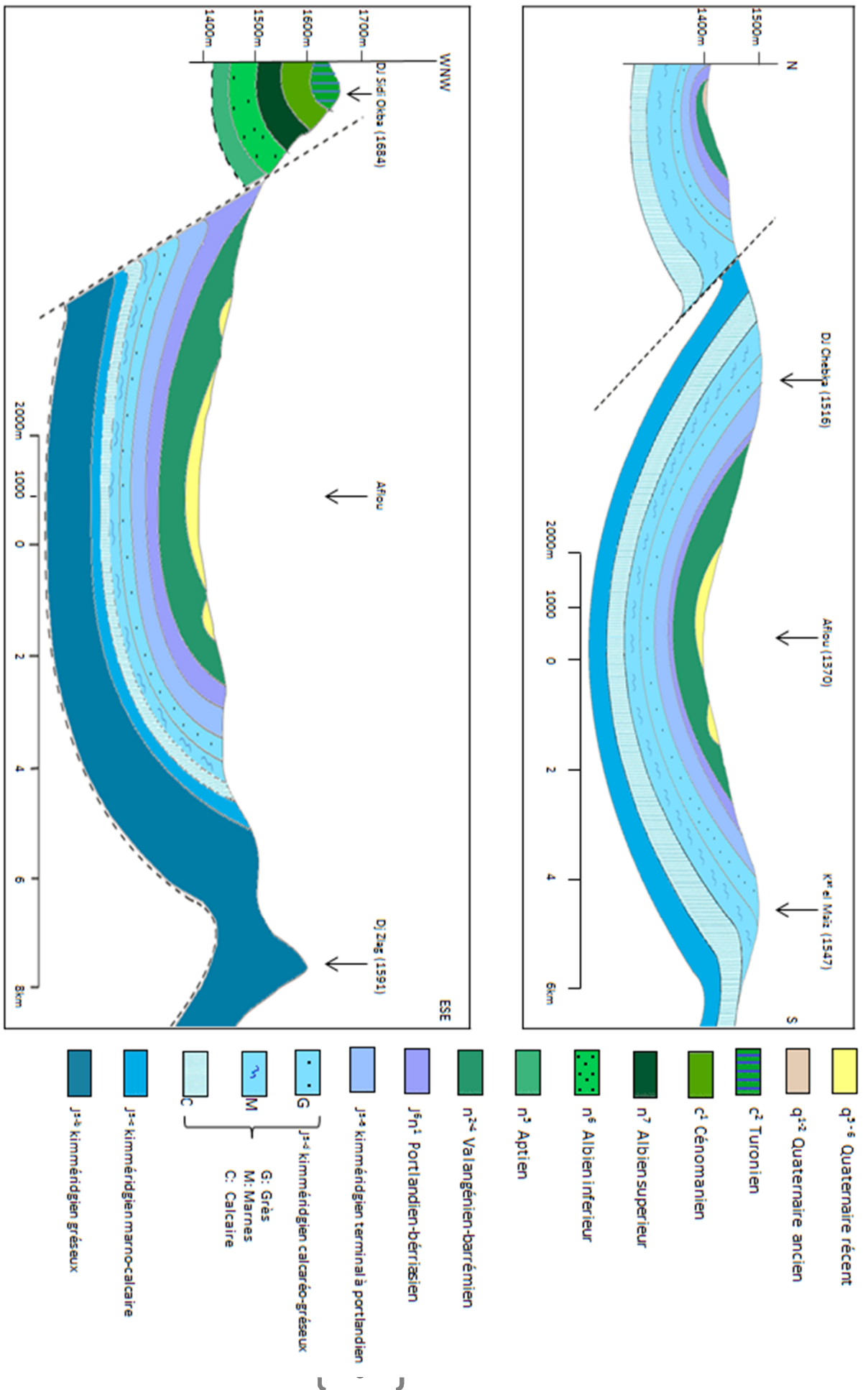
En amont de l'Ain Djeneb et le long de l'axe anticlinal du Djebel Zlag, on rencontre un affleurement de gypse et de sel qui forme les berges de l'Oued M'zi d'une hauteur de quelques mètres.

c- Pointement de Kef Gourou :

Il existe de nombreux petits pointements localisés dans les fonds et sur les bords des ravins souvent encaissés. Ils sont formés de gypse et micro-diorites.



Figure n°05: Coupes géologiques à travers le djebel Amour (zone étudiée)



## **2. JURASSIQUE :**

La série la plus complète du Jurassique supérieur affleure dans la localité de Djebel amour.

Cette province est marquée par des sédiments mixtes détritiques et carbonatés. Cependant, nous nous sommes limités aux seules formations affleurant au niveau de la région étudiée.

### **2.1. KIMMERIDIEN :**

#### **2-1-1. Kimméridgien gréseux :**

Il occupe le cœur des anticlinaux, c'est au niveau de l'anticlinal de Taouiala Kef Labiod au Nord de Ain Sidi Ali, Djebel Zlag qu'affleurent ces grès. D'après les forages effectués à Taouiala et Kef Labiod, et tout récemment à El Ghicha, l'épaisseur de ces grès varie d'un endroit à un autre. Ils ont une épaisseur de 100 mètres au niveau de Taouiala et plus de 200 mètres à Kef Labiod.

#### **2-1-2. Kimméridgien marno-calcaire :**

La série présente une épaisseur de 100 m au niveau de Djebel Djéhaifa et l'anticlinal de Taouiala. Au niveau de ses structures, la série se présente comme suit :

- Des calcaires sous forme de bancs métriques alternant avec des marnes vertes gypseuses.
- Une succession de calcaire et marno-calcaire de couleur grise.
- Des marnes parfois feuilletées de couleur grise dans lesquelles s'intercalent des bancs de calcaires.

### **2-2. PORTLANDIEN :**

Déterminant les plaines qui séparent les grands reliefs, cette série a une épaisseur de 200 m, elle débute par :

- Une assise calcaire, dure et homogène (photo 03), de couleur grisâtre à jaunâtre.
- Le portlandien se termine par des bancs de calcaires bien visibles et forme parfois de véritables corniches. Ces calcaires à lumachelles deviennent parfois oolitiques et prennent des formes plus régulières.



Photo 03 : Calcaires du Portlandien

Les terrains anciens du jurassique occupent généralement les cœurs des anticlinaux. Dans le djebel Amour les faciès calcaires, calcaire dolomitique se présentent surtout sous forme de bancs plus ou moins épais et mal lités. Cette épaisseur varie du mètre à quelques mètres. Les couches de la partie supérieure sont situées immédiatement au-dessous d'un ensemble puissant de grès sans fossiles. Dans la chaîne du djebel Sidi Bouzid le bord de l'oued M'zi et le djebel Lazreg des fossiles caractéristiques du jurassique ont été rencontrés. La faune nombreuse et variée a suffi pour déterminer cet étage avec certitude.

### 3. CRETACE :

#### 3-1. VALANGINIEN-BARREMIEN :

Dans le Djebel Amour, cet étage est présenté par un complexe très puissant de grès, présentant un faciès habituel de grès à stratifications entrecroisées allant de quelques centimètres à plusieurs mètres. La roche est friable avec un ciment calcaire. C'est une série uniforme à grains grossiers qui, en beaucoup de points, contient de nombreux galets de quartz de diamètre variable allant de quelques millimètres à 2-3 centimètres. Ces grès sont largement fissurés suivant deux directions majeures d'orientation N60°E et N 130°E. Ce sont ces grès qui couvrent les plus grands espaces et constituent la cuvette du synclinal d'Aflou.

Ces grès sont largement affectés par une tectonique cassante. Les forages effectués au niveau du synclinal d'Aflou, profonds de 850 m, sont restés en permanence dans les grès.

#### 3-2. L'Aptien :

L'Aptien est reconnaissable en raison de la présence d'une corniche dont l'épaisseur varie de 15 à 50 m. Il est principalement constitué de calcaires en bancs massifs parfois dolomitiques renfermant très souvent des passages marno-calcaires.

### **3-3. L'Albien :**

#### **3-3-1. L'Albien inférieur :**

L'Albien inférieur présente une épaisseur supérieure à 300 m, ce sont généralement des grès rougeâtres à rosâtres, moyens à grossiers contenant des dragées de quartz de 2 à 3 centimètres de diamètre et présentant des traces de minéralisation (Pyrite). On trouve des débris de bois silicifiés.

#### **3-3-2. L'Albien supérieur :**

Sur une épaisseur de 100 m, on peut observer des intercalations de marnes vertes parfois gypseuses et de bancs de calcaires à patine beige et cassure grise. La série se termine par des marnes vertes à poupées et de calcaires avec de fréquentes intercalations de calcaires argileux.

### **3-4. CENOMANIEN :**

Correspond à une sédimentation marine transgressive sur les grès albiens. La formation du Cénomaniens est constituée exclusivement de marnes verdâtres gypseuses. Dans certains cas, des bancs métriques de calcaire dolomitique viennent s'intercaler dans les marnes. Cette formation a une puissance de 200 m environ.

### **3-5. TURONIEN :**

D'une épaisseur de 80 m, le Turonien apparaît au niveau des sommets du Kef Gourou et Sidi Okba. Il forme des corniches constituées exclusivement de calcaire dolomitique, très dur de couleur blanchâtre et à surface rugueuse.

Dans l'ensemble, le Turonien n'est pas riche en faune, voire dans la plupart des cas, ces calcaires sont azoïques.

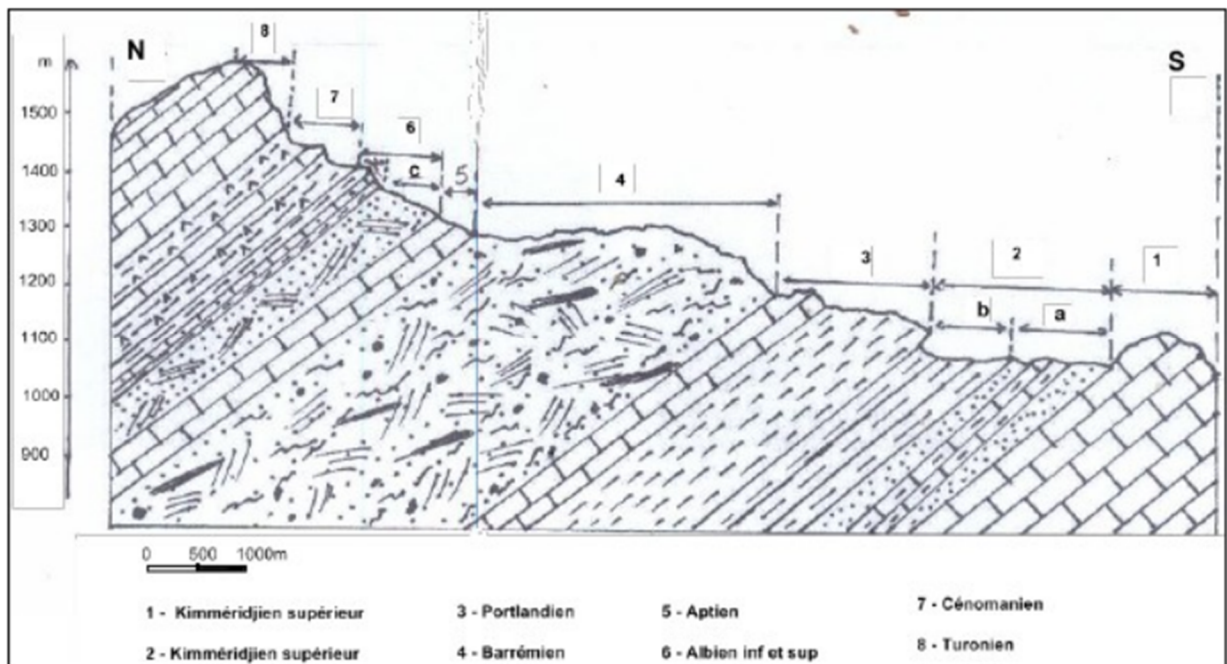


Figure n°06 : la coupe géologique du djebel el chebka

#### 4. TERTIAIRE :

##### 4-1. Oligocène :

Dans l'Atlas Saharien, on le rencontre au niveau de très nombreuses localités. C'est un conglomérat à éléments grossiers bien arrondis (5 à 8 cm), le ciment est marno-calcaire dans la plupart des cas dans le Djebel Amour. Ces dépôts sont localisés au Djebel Hairech et Djebel Gourou.

##### 4-2. Miocène et Pliocène :

Il est très difficile de les séparer ; mais dans le Djebel Amour, ils sont largement représentés. Toutefois, ces dépôts forment des collines à têtes plates dans les régions de Sidi Bouzid. Entre Hadj-Mechri et Sidi Naceur, ils occupent de vastes étendues. Dans la région de Beidha, ils comblent les dépressions ; leur puissance dépasse les 100 m (forage Beidha, Chelel, Ben Djebila et Herar) ; leur profondeur varie entre 120 et 150 m.

Le Miocène est caractérisé par des dépôts détritiques, il est constitué de la base au sommet par :

- ❖ des argiles grises alternant avec des sables grossiers siliceux et des calcaires à éléments bréchiques.
- ❖ des marnes gréseuses alternantes avec des grès jaunâtres et quelques passées de calcaires et gypses.
- ❖ des argiles rouges avec des niveaux calcaires.

#### 5. QUATERNAIRE :

### 5-1. Le Quaternaire ancien :

Il est déposé sur de très vastes étendues, généralement entre les collines témoins du Mio-Pliocène et forme parfois les berges des Oueds qui atteignent plusieurs mètres.

### 5-2. Le Quaternaire récent :

Lui aussi est largement représenté dans le Djebel Amour. On le rencontre au niveau de la cuvette synclinale d'Aflou. Au Nord, entre Aflou et Gueltet Sidi Saad, ce Quaternaire est formé par une argile sableuse de couleur grisâtre parfois rougeâtre et tranche par sa couleur sur les autres dépôts. STAMBOULI M, 1983.

## VI. Analyse structurale :

Avant d'atteindre la plate-forme saharienne, le Djebel Amour est la dernière barrière montagneuse qu'on rencontre. Sur tout son ensemble, l'Atlas Saharien garde les mêmes caractéristiques du Maroc jusqu'au Aurès. Les anticlinaux et synclinaux d'Atlas Saharien ont subi une tectonique très poussée durant le Tertiaire. Les plis anticlinaux sont généralement coffrés et faillés au cœur (fig. 07). Ces failles ont mis à jour un Trias accompagné de roches vertes.

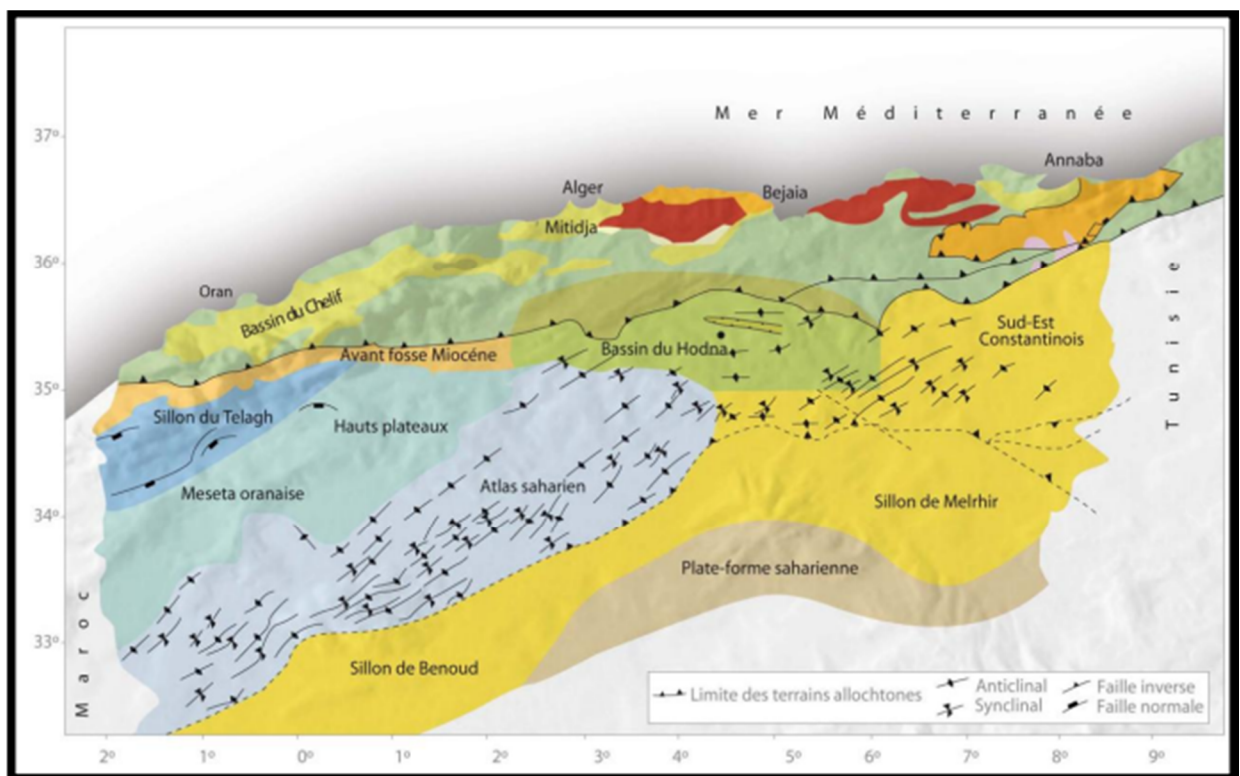


Figure n°07 : Principales structures de l'Atlas Saharien (Wec Algérie, 2007).

## 1. Disposition structurale du Djebel Amour :

Généralement les synclinaux sont remplis de grès Barrémien, quant aux synclinaux perchés de Gourou, Sidi Okba, Oum el Guedour, ils sont formés exclusivement de calcaire Aptien, de grès Albien, de marnes gypseuses du Cénomaniens. Le tout est surmonté par des calcaires dolomitiques du Turonien. La liaison avec les hautes plaines oranaises se fait par des accidents complexes le plus souvent décrochant des rejets qui peuvent atteindre 1200 mètres et viennent s'éteindre au niveau d'Aflou (Durant Delga, Cornet 1950).

Ces flexures se relaient du SW au NE avec des rejets qui peuvent atteindre 2000m, ces failles constituent la flexure Sud Atlasique.

Dans le Djebel Amour, les plis sont bien individualisés, les anticlinaux sont à cœur érodé, et présentent des couches bien redressées. Les synclinaux très larges et à fond plats.

Enfin, on peut citer la présence de synclinaux perchés qui constituent un élément remarquable dans la morphologie du Djebel Amour. Du SW au NE on peut reconnaître les éléments suivants:

- L'anticlinal du Djebel Aouidja et Sidi Bouzid.
- Synclinal du Djebel Tafza.
- Synclinal perché du Djebel Oum El Guedour, Sidi Okba et Gourou.
- L'anticlinal du Djebel Chebka.
- Synclinal d'Aflou.
- L'anticlinal du Djebel Zlag.
- Synclinal de la Gaada.
- L'anticlinal d'El Ghicha.
- Synclinal du Stah.

## 2. Système de fracturation

a- Les failles

L'analyse des éléments structuraux réalisée sur Djebel Amour a permis de reconnaître quatre directions principales :

- N 10° - N 30°, marquées par des rejets importants, soulignés parfois par des roches triasiques.
- N 50° - N 70°, affectant généralement les formations du Barrémien. Ils sont marqués par des rejets faibles et responsables de l'émergence de plusieurs sources.
- N 80° - N 120°, qui constitue des accidents de nature profonde marquée par l'injection de roches triasiques.
- N 140° - N 160°, de nature profonde, responsables souvent des pertes totales au niveau des grands oueds du Djebel Amour.

## b - Les fissures

Les mesures sur les directions des fissures ont permis de faire ressortir quatre directions correspondant à des maxima de fréquences, parmi lesquelles on peut souligner celles qui affectent plus particulièrement les grès du Barrémien. Il s'agit des orientations principales N 60° - N 80° et N 140° - N 160° (photo 04).

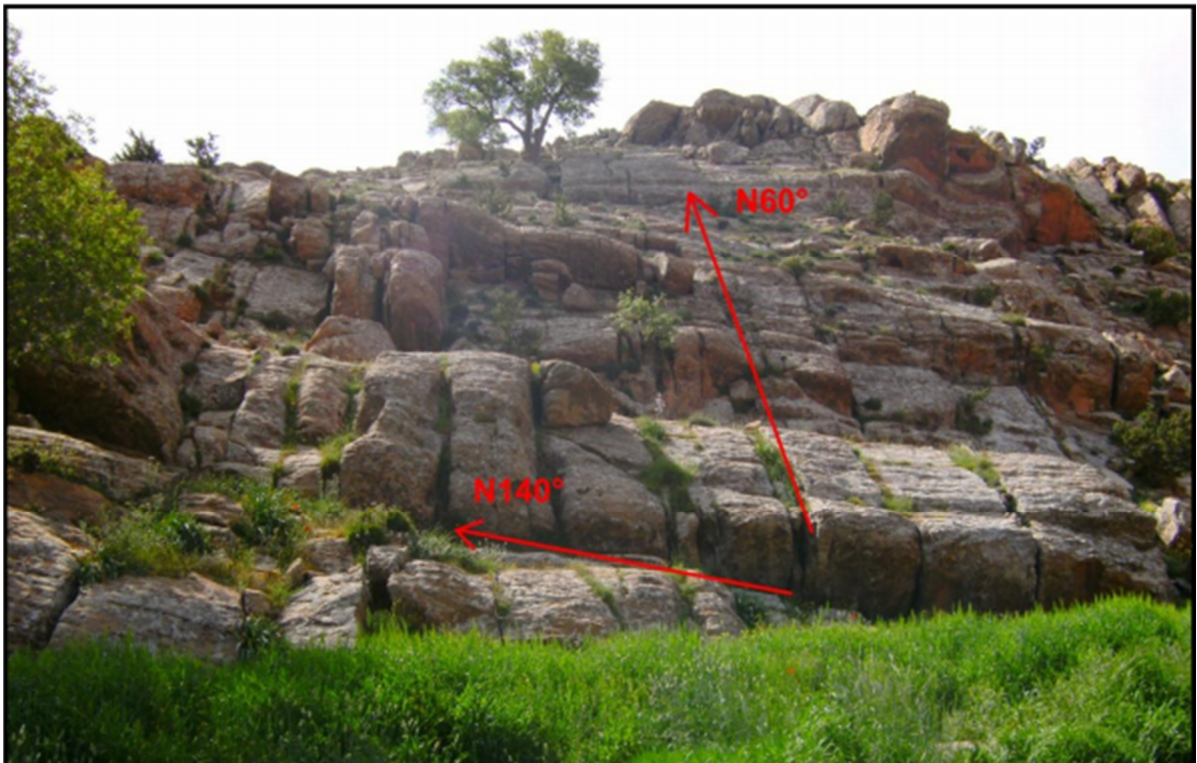


Photo 04- Affleurement de grès barrémiens affectés par des fissures N60° et N140°

On peut remarquer une certaine concordance entre les failles et les fissures suivant les directions N 60° - N 80° et N 140° - N 160°. A ce niveau, les failles constitueraient des drains naturels des eaux souterraines et pourraient être le siège de zones privilégiées au captage de la nappe formée par les formations gréseuses du Barrémien.

Sur le plan hydrogéologique, elles facilitent l'infiltration des eaux en direction des nappes profondes participant ainsi à leur alimentation. En effet, la circulation des eaux souterraines dans les formations gréséo-albo-aptien se fait à travers les fissures.



L'étude de la fissuration dans les différents forages a montré qu'elle se poursuit jusqu'à une profondeur dépassant les 100 mètres. C'est aussi au niveau de ces fissures à côté du réseau de failles principales que se localisent la plupart des émergences naturelles importantes d'eau souterraine.

### **Conclusion :**

Dans le secteur étudié (djebel amour ; atlas saharien. LA Série stratigraphique est représentée par des affleurements allant du kimméridgien (jurassique supérieur : au quaternaire contrairement à l'ouest (atlas saharien occidental :: où la série est beaucoup plus complétée et démarre à partir du lias ; ceci étant rendu possible par un basculement général de l'Atlas d'Ouest en Est postérieur à la phase de plissement.

L'étude litho stratigraphique et structure de la région étudiée montre que la formation géologique localisées dans les zones synclinales et susceptibles d'être aquifères sont représentées par les terrains ;

- Gréseux du kimméridgien supérieur.
- les calcaires du portlandien berriasien.
- les alternances de grès à dragées de quartz : D argiles gréseuses et d'argiles.
- du valanginien Barrémien.
- la barre calcaire aptienne.
- les alternances grés argileuses de l'Albien inférieur.
- les alternances de calcaires et d'argiles d'Albien supérieur.
- les calcaires massifs du Turonien.

Il est à noter que ces formations peuvent être regroupées en trois horizons susceptibles d'être aquifères séparés par des niveaux de marnes gypseuses (kimméridgien terminal- portlandien (et d'argile à gypses (cénomaniens (il s'agit du kimméridgien supérieur, du portlandien berriasien et de l'Albien supérieur et du Turonien.

**Introduction :**

L'aménagement de toute région est intimement lié aux paramètres géomorphologiques géologiques et a ceux régissant le climat ; précipitations, températures, humidité, vents, évaporations et permettant d'établir un bilan hydrique pour une période déterminée et ce pour une gestion rationnelle des eaux superficielles et souterraines.

Les relevés que nous exposerons intéressent seulement celle de la station météorologique d'Aflou, dont les coordonnées, sont :

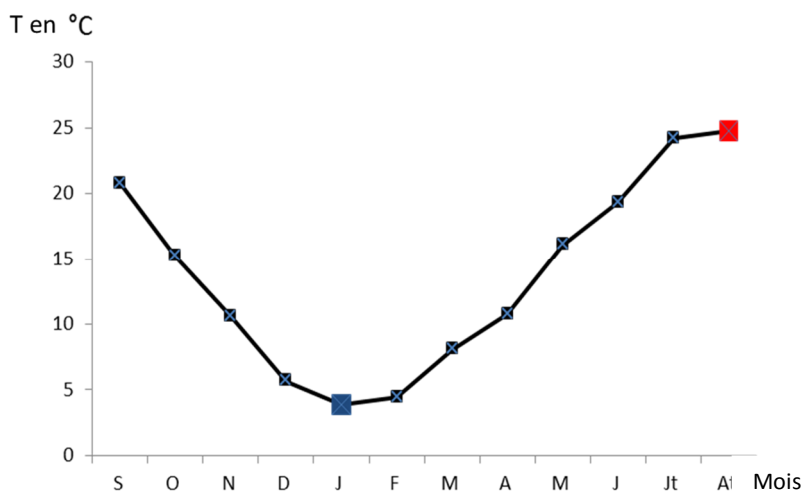
X=444.80 m ;  
 Y=390.50 m ;  
 Z=1406 m } Coordonnées Lambert

**I. Éléments climatologiques :**

**1. Température :**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	Moy.
Température	20,75	15,2	10,6	5,65	3,9	4,4	8,05	10,75	16,05	19,3	24,2	24,75	13,63

**Tableau n° 1 : Températures moyennes mensuelles et annuelles. ANRH 1990-2011.**



**Figure n° 08 : Variation mensuelle de la température à Aflou. 1990-2011.**

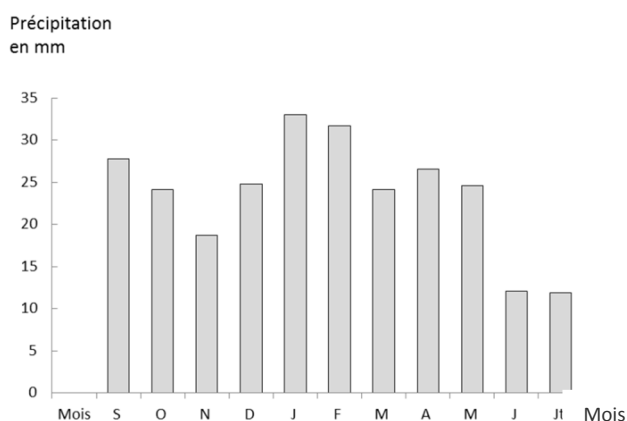
Le tableau n° 1 et la figure n° 08 montrent que les températures moyennes faibles dans la région d'Aflou s'observent à partir du mois de décembre au mois de février (5.65°C > T > 3.9°C).

Tandis que les températures moyennes fortes s'observent du mois de juin au mois de septembre  $T > 19^{\circ}\text{C}$ .

**2. Précipitation :** les pluies constituent la source principale de notre approvisionnement en eau, Les variations moyennes mensuelles des précipitations pour la période 1990-2011 sont portées dans le tableau suivant :

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	annuel
Précipitation	27,77	24,17	18,74	24,78	33	31,71	24,1	26,59	24,63	12,1	11,89	15,05	274,53

**Tableau n°2 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelle. ANRH 1990-2011.**



**Figure n° 09 : Précipitations mensuelles à Aflou. 1990-2011.**

Les histogrammes de la figure 09, représentent la répartition des précipitations moyennes mensuelles. Janvier c'est le mois le plus pluvieux avec une lame précipitée de 33 mm. Le minimum apparaît en Juillet avec 11, 89 mm.

#### a. Diagramme ombro-thermique

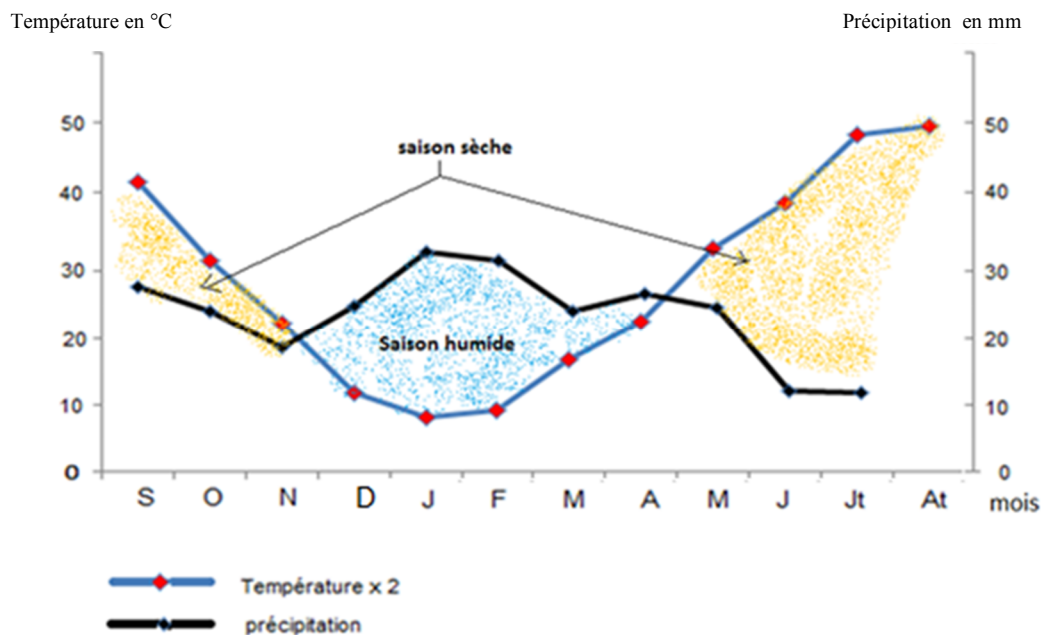


Figure n° 10 : Diagramme ombro-thermique de la région d'Aflou, 1990-2011.

D'après la courbe ombro-thermique on constate que la saison sèche s'étend du mois d'Avril jusqu'à mi-Novembre.

**b. Indice de De Martonne (1923) :**

En se basant sur le régime des précipitations et des températures, De MARTONNE (1923) a défini un indice d'aridité "A". (In BENZGHOUDA M, 2010)

$$A = \frac{P}{T+10} = 11,59$$

P : précipitations moyennes annuelles (mm)

T : température moyennes annuelles (°C)

Pour  $A < 5$  : climat hyperaride

$5 < A < 7,5$  : climat désertique

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

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

$20 < A < 30$  : climat tempéré

L'indice d'aridité est de l'ordre de 11,59 indiquant donc un climat semi-aride.

### 3. Evaporation :

Les valeurs de l'évaporation sont indiquées dans le tableau suivant :

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	Total annuel
Evaporation en mm	65,1	40,1	19,52	11,73	9,1	12,07	25,43	35,13	62	85,6	108,52	95,22	569,52

Tableau n° 03 : évaporation moyennes mensuelles. ANRH1990-2011.

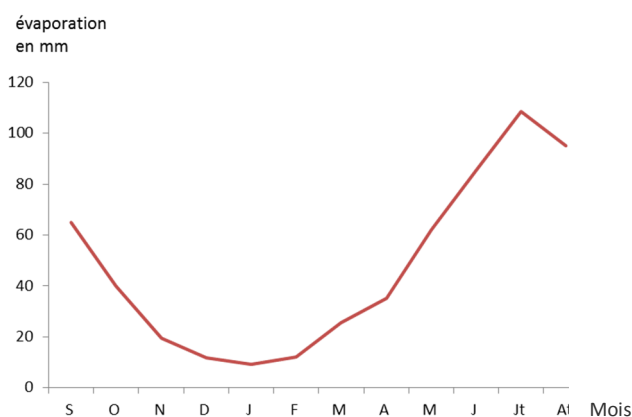


Figure n° 11 : Courbe d'évaporation moyenne mensuelle. 1990-2011.

L'évaporation la plus élevée est observée au mois de Juillet avec 108,52 mm, par contre, la plus faible est observée au mois de Janvier avec 9,11 mm.

### 4. Humidité : (Période 1967-1979)

Les données de l'humidité sont portées dans le tableau suivant :

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	Moyenne
Humidité en mm	46	57	64	73	67	67	59	52	45	36	32	32	52,5

Tableau n° 04 : Humidité relative à Aflou. ANRH 1967-1979

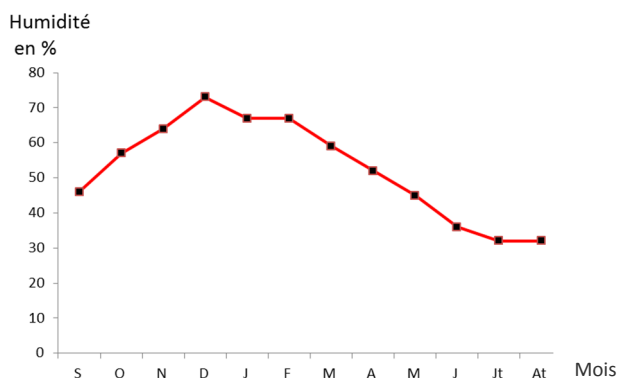


Figure n° 12 : Humidité relative à Aflou. 1967-1979

Le taux hygrométrique de l'air est de 32 % en mois de Juillet et Août tout étant les mois les plus secs. Décembre est le mois le plus humide avec 73 %.

**5. vents : (Période 1990-1999)**

Les données de la vitesse du vent, représentant en moyenne exprimées en m/s, sont représentées dans le tableau ci-dessous.

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At
Vitesse en m/s	2,6	2,5	2,8	3,2	3,0	3,4	3,4	3,3	3,2	3,0	2,7	2,7

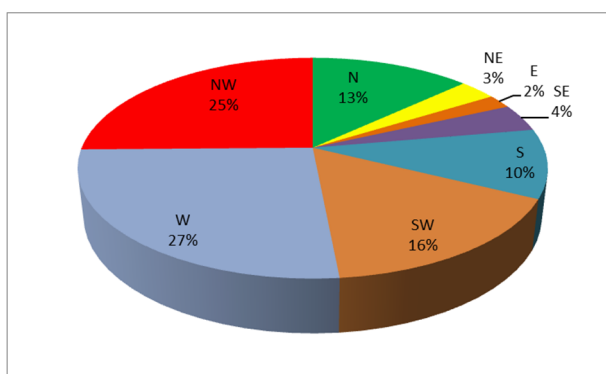
**Tableau n° 05 : Vitesse de vent à Aflou. ANRH 1990-1999.**

Les vents sont fréquents sur tous les mois avec une vitesse moyenne annuelle de 2,75 m/s.

Les vents les plus fréquents à Aflou sont les vents d'Ouest et Nord-Ouest (27%) et (25%) respectivement Par contre les vents les moins fréquents sont ceux d'Est avec 2%.

Direction	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Fréquences en %	13	3	2	4	10	16	26	25

**Tableau n°06 : Direction des vents à la station d'Aflou. ANRH1990-1999.**



**Figure n° 13: Direction des vents à la station d'Aflou. 1990-1999**

**6. Nébulosité :**

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At	Année
Nébulosité	2,8	3,2	4	4,2	4,5	4,7	4,1	3,8	3,6	3	2	2,2	3,5

**Tableau n° 07 : Nébulosité à Aflou. ANRH1990-2011.**

Du Novembre au Mai, ce sont les mois où il y'a plus de nuages par rapport à la moyenne. Tandis que les mois allant du Juin au Septembre sont plus clairs.

**7. Insolation :**

L'insolation représente la durée d'ensoleillement horaire ou journalière

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Jt	At
Insolation En (h)	89	77	66	57	58	62	74	84	95	109	109	99

**Tableau n° 08 : Insolation à Aflou. ANRH 1973-1990.**

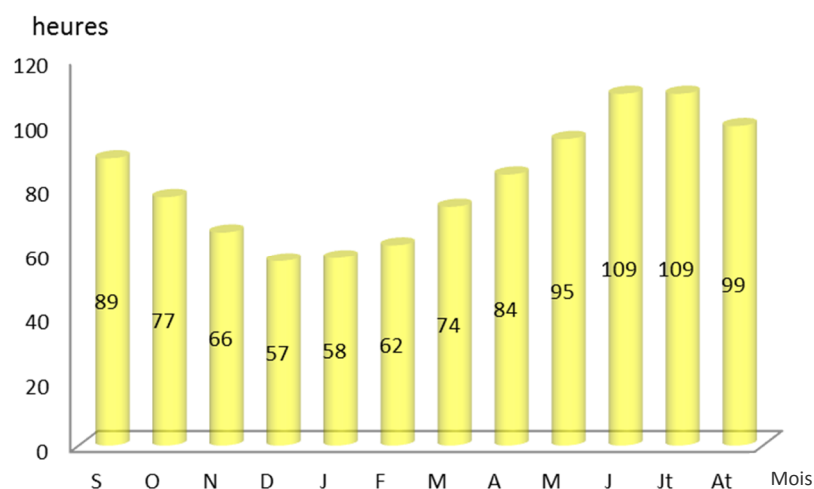


Figure n° 14 : durée d'insolation en heures à Aflou. 1990-1999

La répartition de la durée moyenne quotidienne d'insolation présente un maximum en mois de juin et Juillet avec 109 heures, et un minimum en décembre avec 57 heures.

### Conclusion :

Il appartient à un climat régional, celui de l'Atlas saharien. Ce climat régional, est caractérisé par une période estivale sèche et chaude (Juillet - Août) et en hiver froid et humide (Octobre - Mai) et la pluviométrie moyenne annuelle est de 274,53, la température moyenne annuelle est de 13,67 °C. (ANRH 1990-2011). Il n'existe dans cette région presque pas de transition.

La région étudiée est caractérisée par un déficit d'écoulement très marqué entraînant ainsi par des pertes en eau considérables soustraites aux apports par les précipitations.

En générale, c'est un climat, semi-aride, à hiver très froid, ou l'action de la Méditerranée s'estompent pendant que s'affirment les influences sahariennes.

## I. Introduction :

L'étude géologique et structure nous ont permis d'approcher la structure tectonique du secteur d'étude et de définir les horizons susceptibles d'être aquifères, l'étude hydrogéologique va quant à elle nous permet :

- De déterminer le comportement hydrodynamique de la différente formation.
- Différents forages et les sources dans la zone étudiée.
- De préciser les zones d'alimentation et de drainage. Les intercommunications possible entre les différents aquifères ainsi que leurs exutoire et ce par les établissements de carte piézoélectriques.
- D approcher les potentiels en eau de chaque horizon aquifères et de déterminer les ressources exploitables.
- De déterminer les zones favorables à l'implantation de forages d'exploitation des eaux souterraines.

## II. Comportements hydrogéologiques de différentes formations

L'inventaire des points d'eau. (Deux tableaux n°1 et n°2 en annexe) .Les différentes compagnies piézométriques (2014 et 2017) et l'établissements des logs lithologique des différents forages, Puits, Piézométries, ont permis de préciser le comportement hydrogéologique des différents formations et montrent que :

- 1. Le Kimméridgien inférieur gréseux** d'une épaisseur compris entre 600 et 800 m n'affleure pas Dans secteur étudiée essentiellement au niveau du cœur de l'anticlinal du Djebel Zlag et celui du Djebel Chebka. De part sa lithologie et sa position structurale. Il représente un horizon perméable à porosité d'interstices, de fracturés et de chenaux servant de zone de transfert des eaux infiltrées vers les autres aquifères où se vidangeant en contrebas par l'intermédiaire de sources.
- 2. Le Kimméridgien marno-calcaire** d'une épaisseur de 400 m affleure dans le secteur étudié au cœur de l'anticlinal du Djebel Zlag et celui du Djebel Chebka, il est constitué généralement par une alternance de calcaires et de marne gypseuse de faible perméabilité constituant seulement une zone de transfert vers les zones les plus en aval.
- 3. Le Kimméridgien supérieur** d'une épaisseur moyenne de 800 m est constitué d'une série calcaréo-gréseuse perméable à porosité d'interstices, de fracturés et de chenaux affleure au niveau de l'anticlinal du Djebel Zlag avec de forts pendages et celui de Sidi Slimane où elle est représentée par un ensemble de émergences localisés au cœur de celui-ci.
- 4. le Kimméridgien à Portlandien gypseux** d'une épaisseur de environ 160 m est constitué par une alternance de gypse et d'argiles gypseuses montrant quelques passées gréseux semi-perméable à imperméable affleurant généralement au cœur des anticlinaux avec de forts pendages. Même quand dans certains cas les passées gréseuses sont saturées elles donnent des eaux fortement minéralisées du fait de la présence de gypse.



5. **Portlandien -Berriasien** d'une épaisseur assez variable (30 à 280m) est constitué par une alternance de marnes, de marno-calcaire et de calcaires semi-perméable à perméable en grand, affleurant essentiellement au niveau des flancs NW. Et SE du synclinal d'Aflou sous les formations du valanginien-Barrémien.

6. **la valanginien-Barrémien** d'une épaisseur très variable (80 a1000m) a été recoupé dans le secteur étudiée sur une profondeur de 850 m au niveau du forage situé au niveau du forage situé au N-E d Aflou et localisé aux coordonnées ( $x=453.000$  ,  $y=395.500$  km), il est constitué de formation fluvio-deltaïques représentée par un alternance de grès à dragées de quartz à stratifications entrecroisées, d'argiles gréseuses et d'argiles, l'ensemble représentant un horizon aquifères à porosité d'interstices, de fracturés et de chenaux. De part sa situation structurale, le valanginien-Barrémien constitué l'aquifère principale région étudiée où représente l'essentiel des affleurements occupant les synclinaux.

7. **L'Aptien** affleurant dans le secteur étudiée au niveau du Djebel Gourou et du Djebel Sidi Okba où il atteint une épaisseur de 211m est constitué par une alternance grèso-argileuse présentant parfois des intercalations de calcaires jaunâtre et dolomitiques. Cette formation constitue un horizon semi-perméable à porosité de fracturés fournissant généralement de très débit.

8. **L'Albien inférieur** constitue un complexe grèso-argileux d'une épaisseur de 120 a 180 m, affleurant au niveau du Djebel Gourou et du Djebel Sidi Okba, il constitue généralement un niveau perméable a porosité d'interstices, de fissures et de chenaux.

9. **L'Albien supérieur** est constitué par une alternance de calcaires crayeux , d'argiles verdâtres et de grès carbonates, il affleure essentiellement au niveau du flanc NW du synclinal du Djebel Sidi Okba et au douar amour au NE d'Aflou où il atteint une épaisseur de 125 m et constitue un aquifère semi-perméable a porosité d'interstices, de fractures et chenaux.

10. **Le Cénomanién** d'une épaisseur de 70 m dans le secteur étudié, affleure au Djebel Gourou et au Djebel Sidi Okba ou il est constitué une alternance d'argiles gypseuses et de marnes et représente un horizon imperméable.

11. **Le Turonien** occupant généralement le cœur des synclinaux perches affleure dans le secteur étudié au niveau du Djebel Gourou et de celui de Sidi Okba ou représenté par deux barres de calcaires massifs fracturés dans lesquelles s'intercalent des passées marneuses. Cette formation constitue un horizon perméable a porosité de fracture.

12. **Le Moi-pliocène** n'affleurant pas dans le secteur étudié est généralement constitué par une alternance d'argile rouge gypseuses et de conglomérats perméables.

13. **Le Quaternaire** occupant généralement le Cœur des synclinaux est constitué par une faible épaisseur d'alluvions sableux et argilo-limoneux semi-perméable a perméable.

Puissance :m	A G E	Lithologie	Description lithologique	Comportement hydrogéologique	
0 à 10	Quaternaire		Sables argilo limoneux	perméable à peu perméable	Circulation d interstices
100à400	Tertiaire continental		Argiles rouges à gypses surmontées par des conglomérats	Peu perméable	Circulation d interstices
300	Sénonien		.Lacune alluvionnaire dans la région Aflou.	///////	///////
30à130	Turonien		Calcaires micritique avec passe de marnes.	Peu perméable	Circulation par fissurés
60 à 110	Cénomanién		Marnes gypseuses et calcaires	Imperméable	Substratum
15à125	Albien sup		Calcaires argileux et grés (rare)	Peu perméable	Circulation par fissurés
120 à 200	Albien inf		Alternances grés argileuses Alternances grés argileuses	perméable	Circulation d'interstices par fissurés et chenaux
105 A 200	Aptien		Avec une barre calcaire	Peu perméable	Circulation interstices et par fissurés
Variable 80à Plus De 1000	Valanginien Barremien		Alternances degrés à dragées de quartz, argiles gréseuses et argiles .	Perméable	Circulation par interstices, chenaux et par fissurés
30à280	Portlandien berriasien		Calcaires, marno-calcaires et marnes Alternance de gypse et d'argiles gypseuses, grés	Perméable à peu perméable	Circulation par fissurés
>150	Kimmeridgien terminal et portl		Semi-perméable	Circulation d interstices	
~ 480 Ou sup	Kimmeridgien supérieur	Grés, marno-calcaires Calcaires et argiles	Perméable à peu perméable	Circulation d interstices, chenaux et par fissures	
~400	Kimmeridgien inférieur	Calcaires dolomitiques . argiles gypseuses et calcaires à ostréides	Peu perméable	Circulation par fissurés	
600à800		Alternances -grés- argileuses	Perméable	Circulation par interstices chenaux et par fissurés	

Figure n° 15 : Comportement hydrogéologique des différentes formations

### III. Les différents aquifères :

Les différentes études géologiques et hydrogéologiques ont mis en évidence l'existence de plusieurs horizons aquifères susceptibles de fournir des débits d'exploitation appréciable.

#### 1. Aquifère du Mio-Plio-Quaternaire :

L'aquifère intéresse un ensemble de formation sablo-argileuses attribué au Mio-Plio-Quaternaire qui s'étendent au niveau de la dépression d'Aflou, à Oued Morra, Sebgag et Brida.

Ces formations dont les affleurements sont d'extension réduite ne peuvent constituer à elles seules un aquifère important, néanmoins, elles pouvaient répondre aux besoins domestiques et agricoles à petite échelle.

La surface du niveau statique de cette aquifère, est en communication directe avec le réseau hydrologique des eaux superficielles.

#### 2. Aquifère du Turonien :

Ce sont des synclinaux perchés (Djebel Gourou et Djebel Sidi Okba) constitués par des calcaires dolomitiques moyennement fissurés dont l'ouverture des fissures est de l'ordre de 1 à 4 centimètres. Cet aquifère est alimenté directement par les précipitations. Vu son altitude élevée et son faible extension, il n'a pas une grande importance dans cette région.

#### 3. Aquifère du Barrémien-Aptien-Albien :

C'est un aquifère multicouche constitué de plusieurs niveaux gréseux séparés par des niveaux argileux, l'épaisseur de cette formation dépasse 1000 mètres et présentant une perméabilité mixte.

De nombreuses sources émergent au niveau de cette formation.

#### 4. Aquifère du Néocomien supérieur :

Il s'agit d'un aquifère karstique de peu d'importance en raison de faibles dimensions du bassin d'alimentation, cependant des émergences pérennes drainent cet ensemble. Elles apparaissent au contact des marnes du Néocomien inférieur (sources d'Ain Zouibia et de Khneg El Haimeur) et dont le débit ne dépasse pas 1 l/s.

#### 5. Aquifères du jurassique :

Ces aquifères sont peu connus, Ils intéressent les formations de kimméridgien inférieur et moyen ; il s'agit d'un aquifère captif, les forages effectués au niveau de charnières des anticlinaux (El-Ghicha et Taouiala) captant les grès de kimméridgien moyen, montrent qu'il y a une remontée de l'eau de plus de 100m (132 m à El-Ghicha et 110m à Taouiala), cette eau est généralement très minéralisée (plus de 6 g/l). Les sources émergentes au niveau de l'Oued Radad ont un débit inférieur à 1 l/s.

Puissance	Formations	Age	Perméabilité	HYDROGEOLOGIE
50m	Argile sableuse et conglomérat	Moi-plio-quadernaire	Interstice	Perméabilité faible, débit des sources ne dépasse pas 1.5 l/s $8,69 \times 10^{-3} > T > 4,3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . $S=0,03$
50m	Calcaire dolomitique	Turonien	Fissures et chenaux	Perméabilité relativement bonne, débit des sources ne dépasse pas 3 l/s
250m	Marne verdâtre intercalée avec des bancs de calcaire dolomitique d'épaisseur métrique	Cénomaniens	Imperméable dans la marne	Pas d'eau. Ces marnes constituent le substratum imperméable de la nappe du turonien.
1300m	Grès à stratification entrecroisée à cimentation incomplète par la calcite	Barrémien-aptien-albien	Perméabilité mixte	Aquifère multicouche avec un système supérieur libre et un système profond captif. Débit des sources peut atteindre 30 l/s pour l'aquifère supérieur. $0,481 \times 10^{-3} < T < 0,675 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . $0,8 \times 10^{-5} > K > 0,6 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$
75m	Calcaire jaunâtre	Néocomien supérieur	Fissures	Perméabilité faible, débit < 0.5 l/s
150m	Marne verdâtre gypsifère avec des bancs calcaires en intercalation	Néocomien inférieur	Imperméable	Pas d'eau, substratum imperméable de la série d'Aflou
120m	Calcaire	Portlandien	Fissure	Circulation de fissure
170m	Marnes gypseuses	Kimméridgien	Imperméable	Substratum
500m	Grès	Kimméridgien	Perméable	Aquifère profond circulation d'interstices et de fissure

Tableau n°12: log hydrogéologique synthétique (STAMBOULI.M 2005).

#### IV. étude de la nappe du Barrémien, Aptien, Albien :

Le Barrémien-Aptien-Albien dans le Djebel Amour se présente sous forme d'une série de bassins synclinaux parfois indépendants d'orientation SSW-NNE comportant chacun un ou plusieurs aquifères. Les plus importants sont : le synclinal d'Aflou, d'El Gantara, le synclinal de Gaada –Taouila au centre et le synclinal d'Ain Mahdi au Sud. Notre étude s'intéresse beaucoup plus sur celui d'Aflou.

#### Le synclinal d'Aflou :

La nappe est implantée dans cette structure synclinale d'Aflou allongée sur plus 80 km suivant une direction SSW-NNE pour une largeur de 10km.

Cette structure est limitée :

- Au Nord et au Sud par les formations néocomiennes.
- A l'Ouest par les formations triasiques.
- A l'Est par les formations du Jurassique et du Mio-Plio-Quaternaire.

La nappe est formée exclusivement de grés fins à moyens, parfois grossiers sous le Quaternaire au centre de la cuvette, avec des intercalations de marnes. La puissance des grés qui forment cet aquifère dépasse les 1200 mètres.

## **V. Etudes des forages et les sources :**

### **1. Les forages**

#### **a. Le forage d'Aflou**

C'est un forage de reconnaissance profond de 850 mètres réalisé sur le flanc Sud du synclinal à 400 mètres de l'axe de la cuvette d'Aflou. Ce forage a été implanté pour permettre d'atteindre une meilleure connaissance des différents aquifères du complexe gréseux du Barrémien, Aptien, Albien.

Ce forage ne capte que les aquifères du Barrémien, il est décalé des formations de l'Aptien et de l'Albien affleurant vers le Nord juste au pied du versant Sud du Kef Gourou et la limite entre l'Aptien et le Barrémien longe la route Aflou-Laghouat (limite très visible au niveau de l'embranchement vers Oued Morra).

X=453  
 Y=395,5  
 Débit=65l/s NS=45m ND=62m

} Coordonnées Lambert

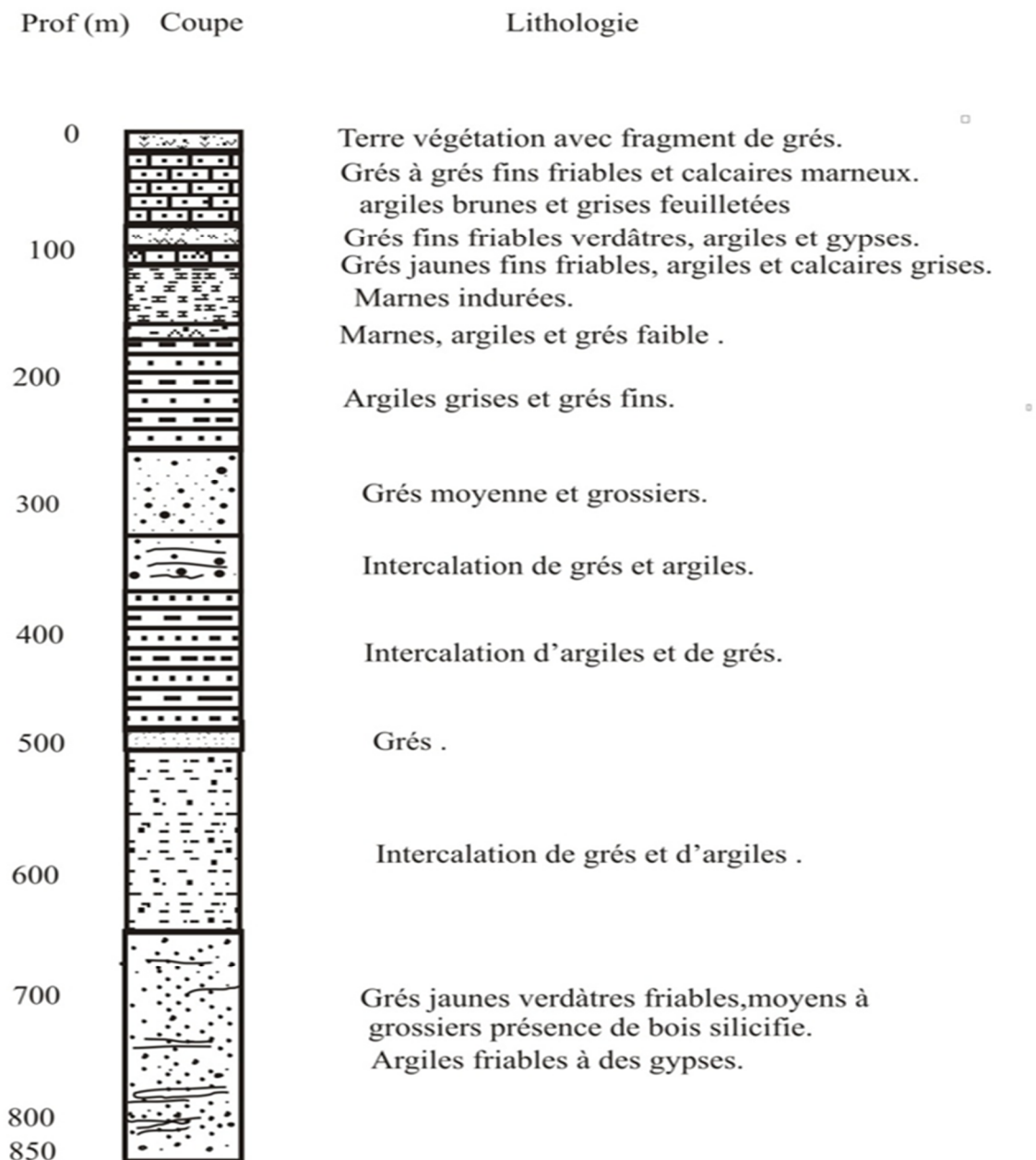


Figure n° 16 : log Stratigraphiques du forage d'Aflou, ANRH 1989.

**b. Le forage A.F.II :**

Destiné à alimenter en eau potable de ville d'Aflou, il a été implanté à proximité de l'agglomération.

Ce forage a été implanté dans le Cénomaniens qui a été traversé sur 183 mètres montrant quelques bancs de calcaires en alternance avec les marnes, à cette profondeur ont été atteints les grès de l'Albien qui ont été traversés sur 117 mètres.

L'aquifère se situe dans les formations gréseuses à éléments grossiers et passées argileuses il a été mis en exploitation entre les cotes 220 et 300 mètres.

### **c. Le forage A.F.III :**

Le forage profond de 300 mètres se situe au cœur du synclinal d'Aflou dans les grès d'Albien. La coupe lithologique établie en cours de forage nous montre un aquifère multicouche dont l'écoulement se situe dans les grès blancs, moyens, poreux avec traces de minéralisation que l'on rencontre entre les côtes 167 et 247 mètres.

Ces grès sont surmontés d'argiles sableuses qui rendent la nappe semi-captive tout au moins dans ce secteur.

#### **c.1. Essai par pompage :**

Un pompage d'essai a deux buts principaux :

- On peut l'exécuter pour déterminer les caractéristiques hydrodynamiques d'un aquifère. C'est ce qu'on appelle souvent un "essai de nappe".

- pour obtenir des renseignements sur les caractéristiques du puits. On peut alors déterminer le débit spécifique du puits égal au rapport du débit sur le rabattement, pour choisir ainsi le type de pompe.

Un pompage à débit constant (20 l/s) a été exécuté pendant 12h sur le forage AFIII.

#### **- Interprétation :**

En l'absence de piézomètres, nous n'avons pu utiliser les méthodes d'étude d'un aquifère multicouche. Par ailleurs la stabilisation au bout de 3 minutes de pompage ne nous permet guère une analyse exacte de la situation.

Les valeurs de la transmissivité que nous allons calculer devront donc être considérées comme des valeurs approchées.

**- Courbe de descente :** (figure n° 40)

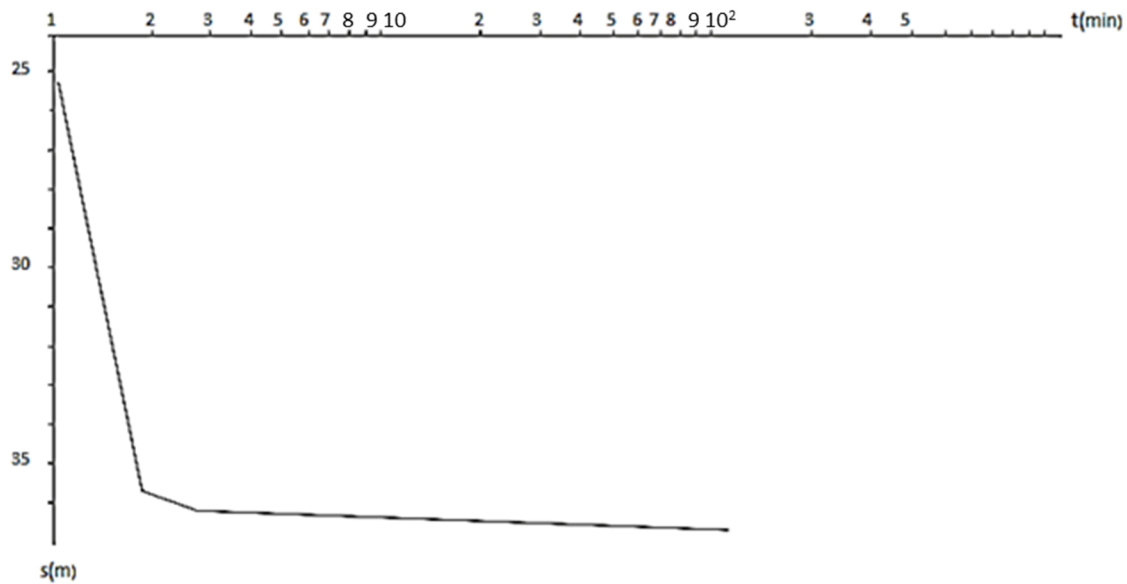


Figure n° 17 : courbe de descente du forage AFIII (STAMBOULI M 1983)

**- méthode d'approximation de Logan :**

Cette méthode s'applique pour calculer un ordre de grandeur de la transmissivité dans le cas d'un pompage en nappe captive et lorsqu'est atteint un régime permanent.

Logan (1964) part de la formule de Thiem pour une nappe captive, on peut écrire :

$$T = \frac{2,3 Q \log r_{max}/r_w}{2\pi s_{indw}} \dots\dots\dots (1)$$

- Avec :      $r_w$  :        Rayon du puits de pompage
- $r_{max}$  :     Rayon d'influence
- $s_{indw}$  :    Rabattement maximal dans le puits de pompage

On ne peut pas connaître  $s_{indw}$  et  $r_{max}$  car Logan admet que même si  $r_{max}$  et  $r_w$  présentent des variations importantes, le logarithme de leur rapport ne variera que très peu.



Dans ces conditions, considérant les valeurs moyennes de ces deux rayons, on peut admettre que la valeur de 3,33 représente une bonne approximation du logarithme du rapport, dans ce cas, l'équation (1) devient :

$$T = \frac{2,3 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot 3,33}{2 \cdot 3,14 \cdot 36,12} = 0,675 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

#### - Détermination de la perméabilité :

On a :

- $T = Ke$
- L'épaisseur de la nappe : la formation gréseuse se trouve entre les cotes 167m et 247m donc :  $e = 247 - 167 = 80\text{m}$

$$K = \frac{0,675 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}}{80 \text{ m}} = 0,84 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

#### - Courbe de remonté : (figure n° 41)

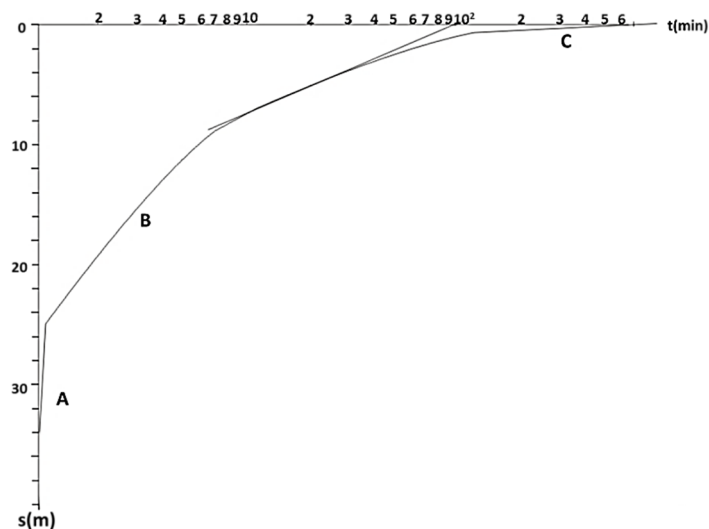


Figure n° 18 : courbe de remontée du forage AFIII

On a utilisé ici les méthodes de Jacob et Theis qui s'appliquent en principe aux nappes captives avec pompage en régime transitoire.

Si on étudie la partie (C) on peut calculer la transmissivité :

$$T = 2,3 \cdot Q / 4 \pi \cdot \Delta s = 0,546 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

On constate que la valeur de la transmissivité pour les deux méthodes sont très proches :

$$\text{Logan: } 0,675 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Jacob et Theis: } 0,546 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

**d. Forage d'Oued Morra :**

Forage Oued Morra  
 X: 466.1  
 Y: 397.8  
 Prof: 150m  
 Q: 4,5 l/s  
 } Coordonnées Lambert

Cet ouvrage est destiné à l'agriculture et a été implanté à proximité de l'Ain Arrar, sur le flanc Sud du synclinal d'Aflou.

Ce forage présente une profondeur de 160 m, et capte un système multicouche dont l'écoulement se situe dans les grès fins à moyens rouges briques. Figure n° 42.

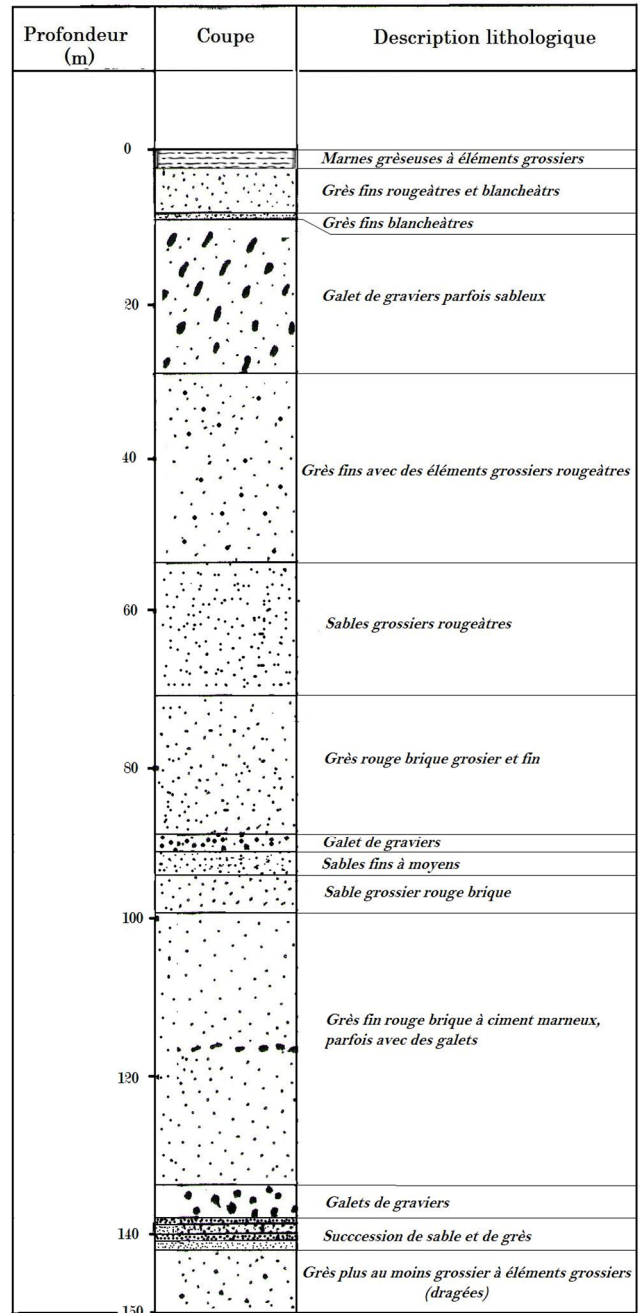
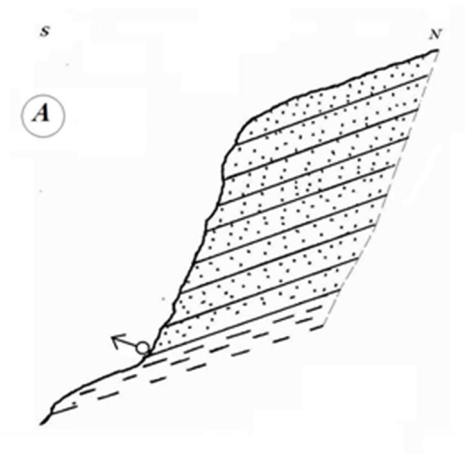


Figure n° 19 : logs Stratigraphiques du forage d'oued Morra (in STAMBOULI.M 1983).

## 2. Sources :

### a. Les sources d'Aflou :

Ce sont des sources de déversement dont la plus importante est celle d'Ain Mansour qui présente un débit de 6l/s, elle émerge au contact des grès et des marnes de l'Albien. Fig. n° 43 (A).



### b. Les sources d'oued Morra :

Ce sont des sources de débordement, l'eau des grès du Barrémien piégée entre les marnes émerge dans le sens inverse du pendage imposé à ces formations. La plus importante source est celle d'Ain Arar, le débit varie de 1l/s à Gueltat Baida à 5 l/s à Ain Arar. Fig. n° 43 (B).

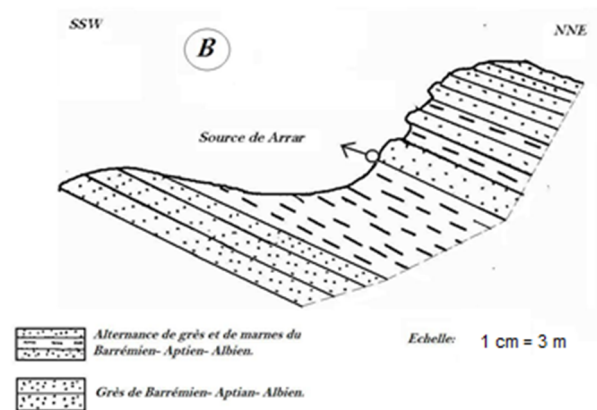


Figure n° 20 : schéma explicatif des sources d'Aflou et d'Oued Morra (STAMBOULIM 2005).

## VI. L'étude piézométrique:

L'étude piézométrique de la nappe aquifère du Valanginien – Barrémien du synclinal d'Aflou sera basée sur les relevés des compagnes réalisées en 2014 et 2017 au niveau des puits et piézomètre.

## Interprétation

### 1. ETUDE DES ECOULEMENTS

Les deux cartes piézométriques montrent l'existence d'une ligne de partage des eaux souterraines localisée au sud-ouest de la localité d'Aflou et passant par le djebel sidi Okba au nord où elle est soulignée par accident tectonique d'orientation NW-SE affectant les formations du Portlandien-Berriasien et celles du Valanginien – Barrémien et au sud au niveau du pointement triasique de la fermeture périclinale de l'anticlinal du djebel Zlag .

Les constatations ci-dessus permettent de dire que l'apparition de la ligne de partage des eaux à ce niveau est due aux jeux d'un accident de socle postérieur à la phase de plissement.

Les campagnes piézométriques de 2014

Les izopièzes décroissent de 1410 m à 1290 m le long de la gouttière synclinale essentiellement constituée par les affleurements gréseux du Continental Intercalaire.

Dans la partie sud-Ouest du Djebel Gourou une seconde ligne de partage des eaux souterraines de même orientation que la première.

Deux zones de convergence des eaux souterraines situées respectivement au Nord-Est et au sud-ouest d'Aflou et coïncidant avec les secteurs de fortes résistances transversales.

Les campagnes piézométriques de 2017

Une zone de convergence localisée au sud-ouest d'Aflou comme pour la période de 2014

Un écoulement continu des eaux souterraines d'Aflou vers le nord-est contrairement à la période 2014, ceci est dû à la remontée du niveau piézométrique permettant une continuité hydraulique entre les cuvettes synclinales.

L'écoulement général va du sud-ouest vers le nord-est, on notera aussi une alimentation à partir des deux rives du synclinal. L'existence des cônes de dépression au niveau de la ville d'Aflou, el-haoudh à l'ouest et oued Morra à l'est seront en relation directe avec les champs de captage relativement importants.

À Aflou le gradient hydraulique est de 0,017 (trait AB) à el-haoudh sa valeur est de 0,015 (trait CD), la valeur la plus importante est remarquée à Oued Morra et atteint 0,039 (trait EF).

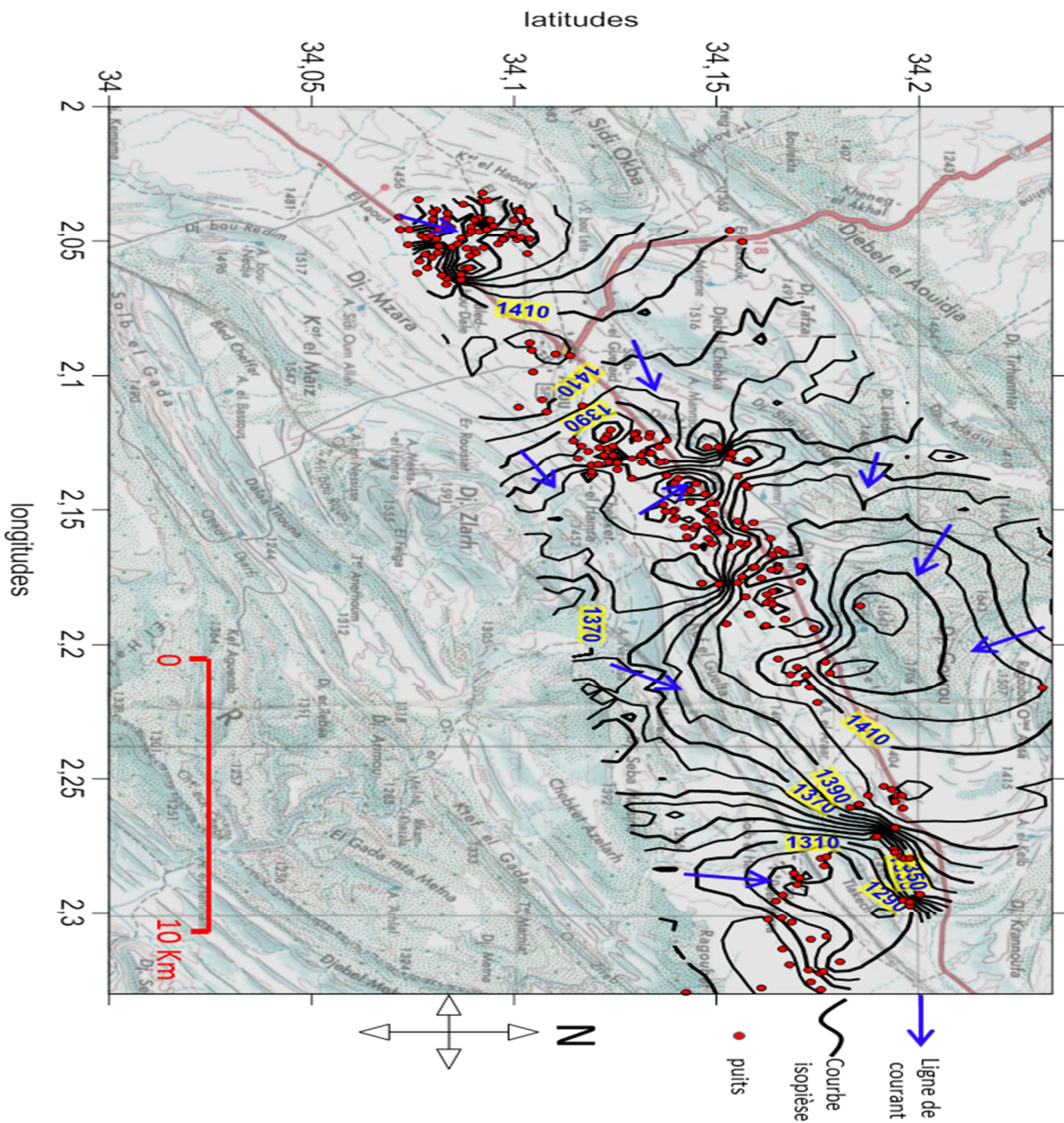


Figure n° 21 : carte piézométrique des hautes eaux 2014  
(sur fond topographique d’Affou au 1/200000)

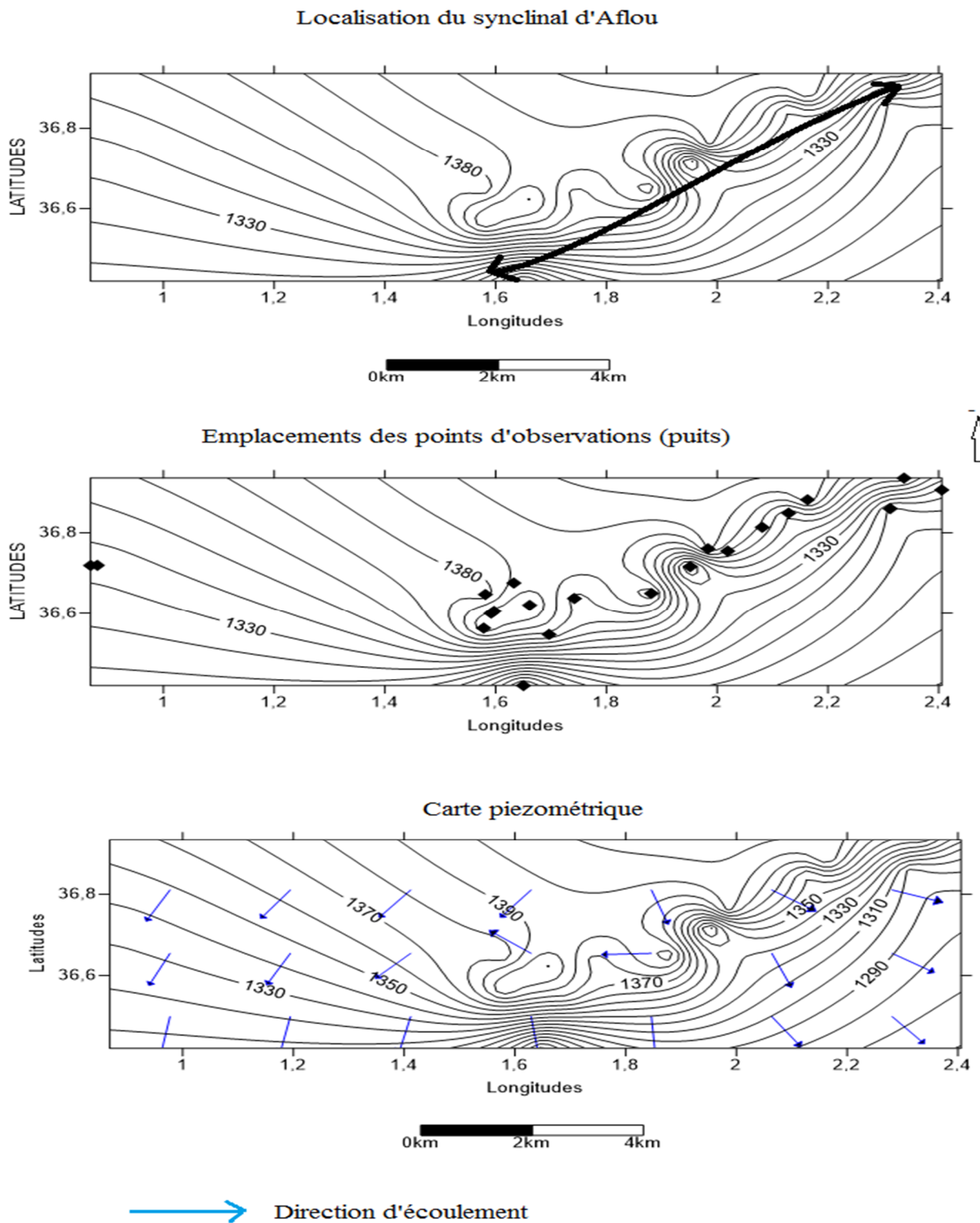


Figure n°22 : carte piézométrique des hautes eaux 2017 (aflou).

## 2. Étude de la variabilité du gradient hydraulique

Les deux cartes piézométriques montrent que le gradient hydraulique :

- le plus faible ( $i=1,38\%$ ) est localisé au Nord-Est d'Aflou indiquant à ce niveau un accroissement de la transmissivité des grès et argiles du valanginien-Barrémien.
- devient plus élevé au sud-ouest et au sud du synclinal du Djebel Gourou ( $i=2,5\%$ ) ceci est dû à une alimentation de l'aquifère du valanginien-Barrémien à partir des formations de l'Albo-Aptien et à une diminution de la section à travers laquelle s'effectue l'écoulement
- augmente au sud-ouest d'Aflou ( $i=2,5\%$ ) à cause de l'alimentation du valanginien-Barrémien à partir des fractures affectant les formations du portlandien-Berriasien bien qu'à ce niveau-là section à travers laquelle s'effectue l'écoulement devient plus importante.

## 3. Alimentation de la nappe du valanginien-Barrémien

L'alimentation de grès et argiles du valanginien-Barrémien a lieu essentiellement à partir :

- de l'infiltration directe des eaux de pluies et de neiges.
- De L'infiltration des eaux de ruissellement s'effectue sur les versant où dans le réseau hydrographique.
- des formations du portlandien-Berriasien par l'intermédiaire des fractures (djebel Zlag et SW du Djebel Sidi Okba).
- d'une intercommunication directe avec des formations de l'Albo-Aptien (sud et sud-ouest du Djebel Gourou).

## Conclusion :

D'après les différentes informations acquises, sur la région d'Aflou, nous pouvons affirmer que l'aquifère principal, représenté par les grès du Valanginien - Barrémien, constitue un bon réservoir d'eau souterraine, que ce soit du point de vue, géométrique (assez épais, et très grande surface de l'impluvium), ou lithologique (bonne granulométrie par endroit, qui permet une circulation intra granulaire et par chenaux), ou par sa fracturation avancée (permet une circulation par l'intermédiaire des fissures), ou soit par sa position (au cœur des synclinaux de la région et avec une couche imperméable en dessous, qui permet une bonne rétention d'eau).

## Introduction :

Les analyses physico-chimiques réalisées en 2013 par l'ANRH dans le secteur étudié ne concernent que les eaux prélevées au niveau des forages, des puits et des sources (tableau en annexe) captant les différents aquifères de la région de djebel amour zone d'Aflou.

L'hydrochimie constitue un moyen d'investigation privilégié à l'identification des aquifères à la compréhension de l'hydrogéologie de la région.

## II. Description sommaire des paramètres physico-chimiques des eaux souterraines :

Un réseau d'échantillonnage a été choisi pour permettre d'acquérir des données représentatives sur la variabilité spatiale de la qualité des eaux souterraines de la nappe étudiée. Ce réseau se compose de 12 points d'eau sélectionnés et couvrent la totalité de la région (Figure 17).

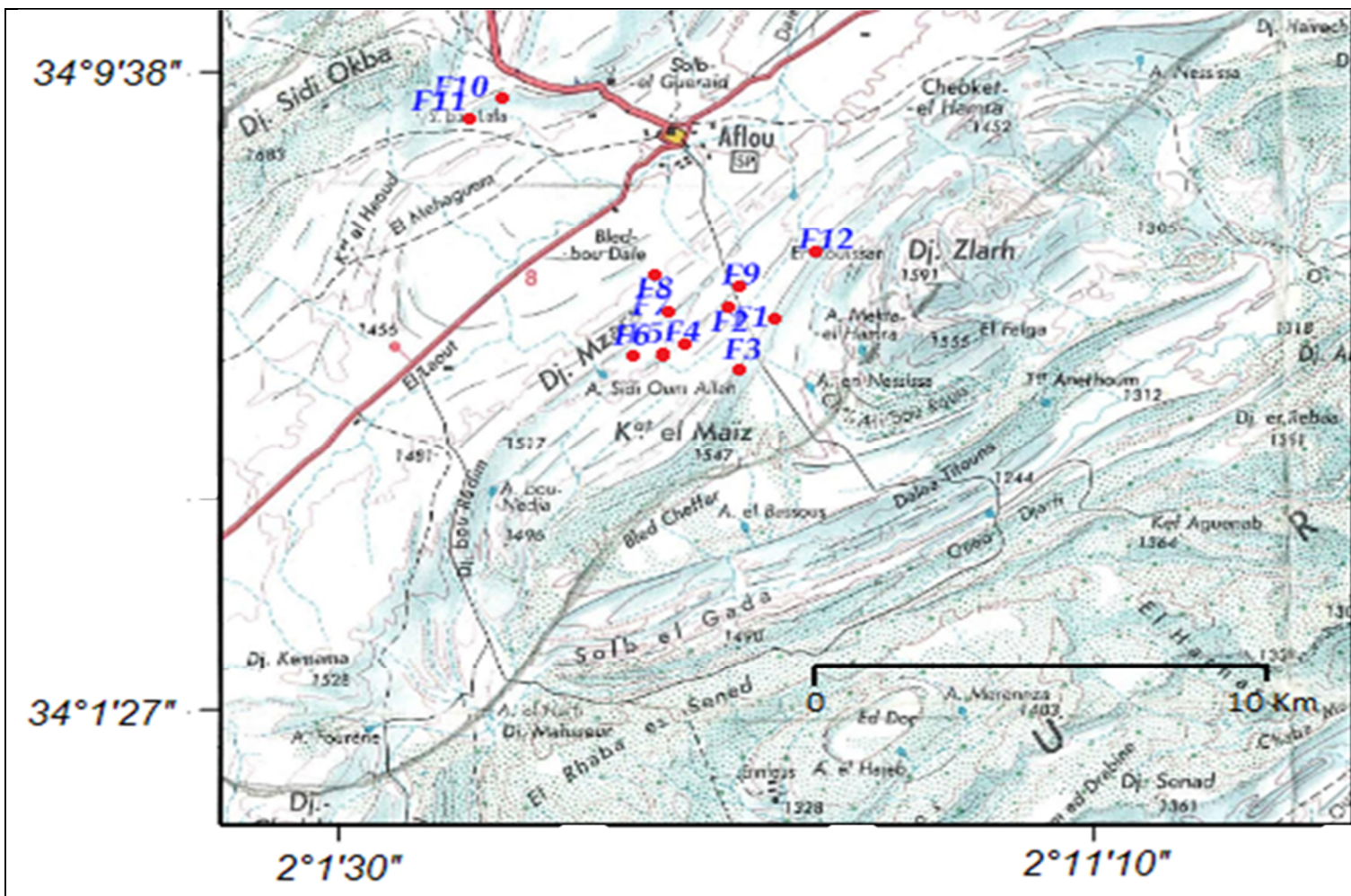


Figure n° 23 : localisation des points d'eau échantillonnée.



## I. Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau :

Pour montrer les caractéristiques physico-chimiques du secteur étudié, des graphes ont été réalisés à partir des analyses fournies par le laboratoire de l'A.N.R.H en 2013.

On a pris les normes de l'O.M.S (Organisation Mondiale de Santé) comme références (année 2008).

- ❖ **Le pH :** (le Potentiel d'Hydrogène) C'est une caractéristique qui témoigne à la fois de l'acidité et de la basicité d'une solution.

Dans la région étudiée Le pH mesuré sur les échantillons est conforme aux normes de l'O.M.S (il varie entre 6,8 et 7,6).

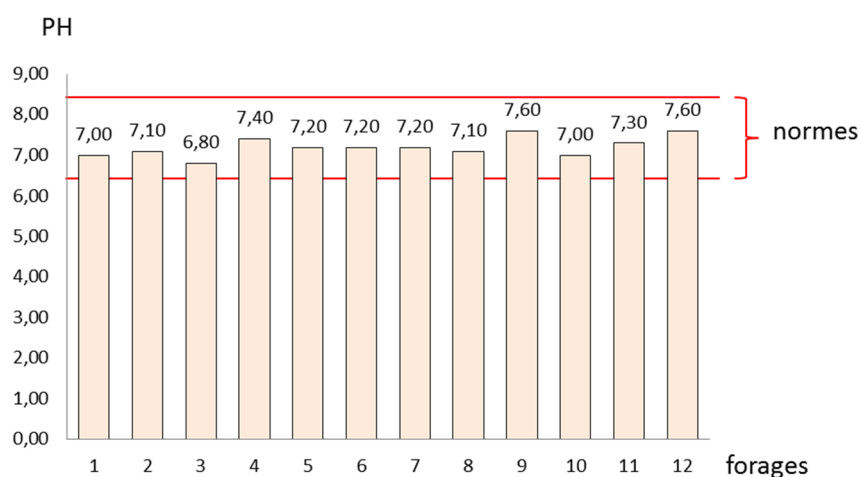


Figure n° 24 : résultats des analyses du PH, (ANRH 2013).

- ❖ **Analyse des cations :**

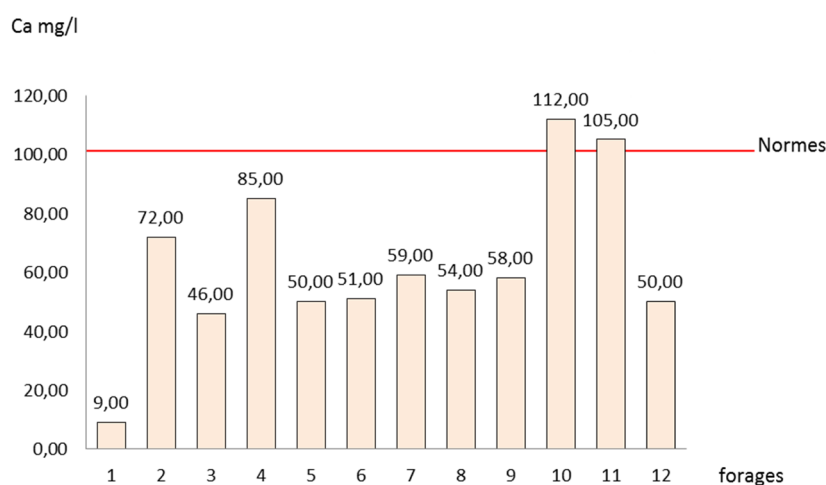
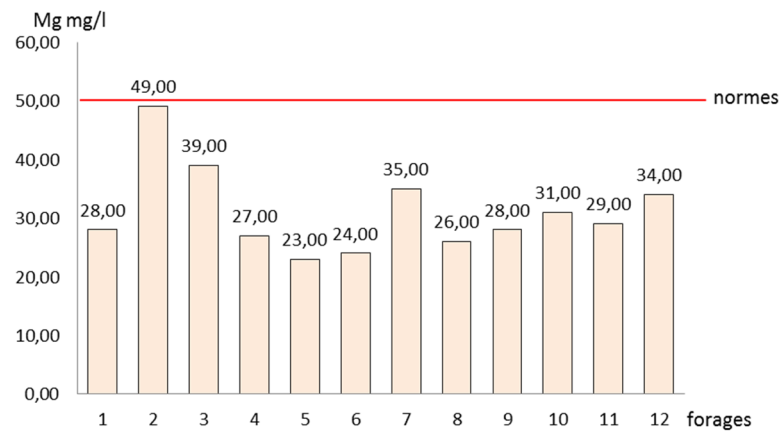


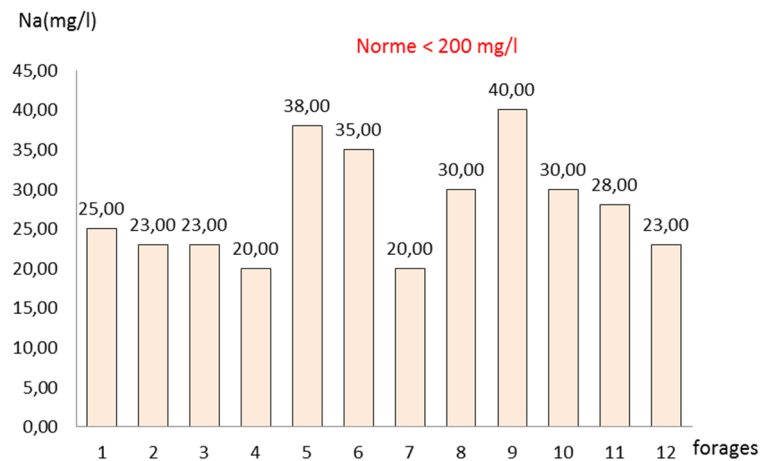
Figure n° 23 résultats des analyses du Ca, (ANRH 2013).

La figure (24) montre que le calcium présente des concentrations généralement acceptables qui varient entre 9 et 112 mg/l



**Figure n° 25 : Résultats des analyses du Mg (ANRH, 2013).**

Le Magnésium présent par des concentrations moyenne par rapport à la concentration totale des cations



**Figure n° 26 : Résultats des analyses du Na (ANRH, 2013).**

le sodium qui est représenté par des concentrations assez faibles par rapport aux normes de l'OMS.

#### ❖ Analyse des anions :

Les résultats des analyses montrent des concentrations élevées des nitrates dans les forages : F1, F7 et F10 qui dépasse à peine la norme de l'OMS (50 mg/l). Les sulfates et les chlorures ont des teneurs acceptables.

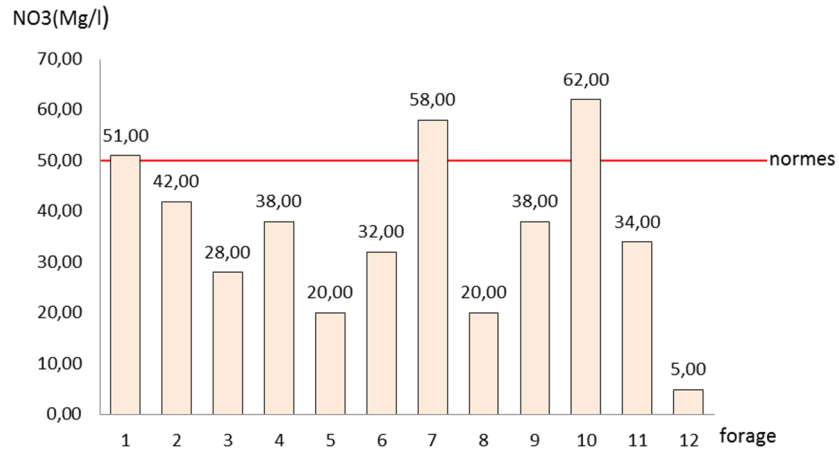


Figure n° 27 : Résultats des analyses des nitrates (ANRH, 2013).

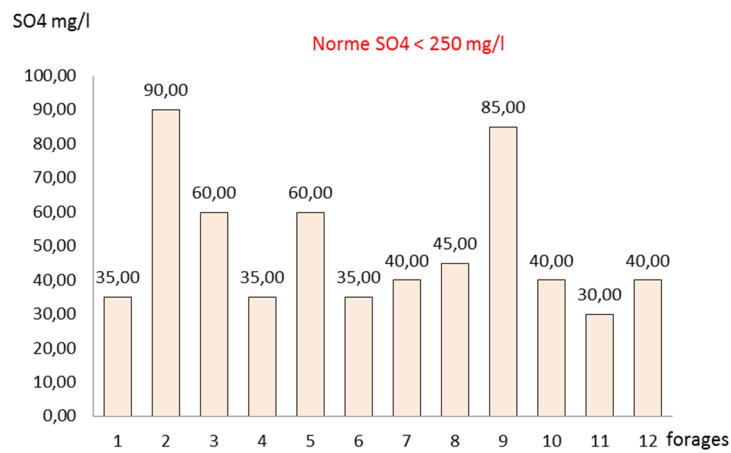


Figure n° 28 : Résultats des analyses des sulfates (ANRH, 2013).

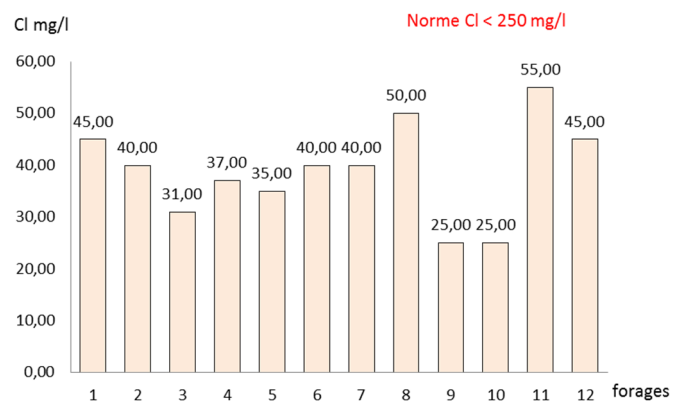


Figure n° 29 : Résultats des analyses des chlorures, (ANRH, 2013).

**I. LES ELEMENTS CARACTERISTIQUES DES AQUIFERES :****a. Calcium et Bicarbonates :**

Dans les aquifères carbonatés (calcaires du Jurassique et du Néocomien supérieur et la matrice calcique des grés du Barrémien, Aptien, Albien) : les roches carbonatées sont peu solubles dans l'eau pure. La présence d'anhydride carbonique augmente les possibilités de dissolution par l'eau.

**b. Magnésium :**

Il provient principalement de la dissolution des dolomies et des calcaires.

La présence de magnésium, caractérise les eaux qui ont séjourné longtemps et dont le transit est lent. En hautes eaux, le transit est rapide, ses teneurs sont faibles. Au niveau du Djebel Amour, les roches dolomitiques sont présentes dans le Turonien.

**c. Sodium et Potassium :**

Ces éléments sont souvent dus à la dissolution des évaporites (gypse et halite) qui sont très fréquents en intercalations dans les formations marneuses de la région (surtout les gypses) et dans les intrusions triasiques (halite) en particulier au niveau du Kef El-Melah (montagne de sel).

**d. Chlorures :**

Ils ont généralement une origine identique à celle du sodium.

**e. Sulfates :**

Elles proviennent de la mise en solution des roches qui les contiennent. Ces roches peuvent renfermer des minéraux sulfatés comme la pyrite (FeS) (élément en trace dans les forages profonds effectués au niveau des formations du Barrémien, Aptien, Albien), ou proviennent de la dissolution des gypses ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ; ce qui constitue la source la plus importante.

**f. Nitrates :**

Leur origine est triple, on peut avoir affaire :

1. des nitrates naturels qui sont présents en grandes quantités au niveau d'Oued Morra, liés à la présence des formations marno-gypseuses de l'Aptien affleurant à cet endroit.
2. de l'utilisation d'engrais dans les secteurs à vocation agricole.

3. des rejets d'eaux résiduaires (en particulier au niveau de la terminaison Nord Est de la cuvette d'Aflou). Stambouli M 2005

**Conclusion :**

L'étude hydrogéochimique des eaux de la nappe du Barrémien-Aptien-Albien du synclinal d'Aflou permet de dire que : Les eaux sont caractérisées par une forte salinité et par la présence de quatre faciès dominants, qui sont le sulfaté calcique, bicarbonaté calcique ; sulfaté magnésien et chloruré calcique.

Généralement Les eaux souterraines d'Aflou sont généralement de bonne qualité à l'exception des teneurs en nitrates dans les forages d'irrigation, la présence des nitrates peut-être expliquer par les engrais, le chimisme des eaux est le résultat direct de la lithologie.

## Conclusion générale

---

Une simple constatation sur les coupes géologiques, on conçoit qu'on a à faire à un système multicouche dont l'écoulement principal se situe dans les formations gréseuses et calcaires et dolomies. La présence de quelques niveaux argileux et gréseux a permis la mise en place d'une nappe libre. La nappe aquifère des calcaires fissurés du jurassique est susceptible de donner un débit important, elle est située à une profondeur de 800 et 1000m de profondeur. Les ressources en eau souterraine de la région djebel amour dépendent des aquifères liés au Mio-Plio-Quaternaire et l'aquifère des grés fissurés.

L'étendue de la région djebel amour constitue une bande de terrains plissés, formant une succession d'anticlinaux et de synclinaux orientés suivant une direction majeure SSW-NNE. Au niveau de la région d'étude qui représente le flanc sud du synclinal, affleurent les grès du continental intercalaire. La roche est généralement dure avec un ciment siliceux. Ces grès sont largement fissurés suivant deux directions majeures d'orientation. Le centre de ce synclinal est occupé par les formations du Mio-Plio-Quaternaire, formées essentiellement d'argiles rouges, de sables et des conglomérats; l'épaisseur varie de quelques mètres à plus de 10 mètres au niveau de l'axe de la cuvette d'Aflou.

L'étude réalisée sur la région par Monsieur Zerarka AEK. (1988) a confirmé la présence d'un aquifère très important dans les formations gréseuses fissurées. L'aquifère est proche de la surface du sol, il se montre riche en poches sableuses. Les débits des forages varient de 10 à 20 l/s. L'eau est généralement de bonne qualité. Nous retiendrons simplement que cet aquifère est un système multicouche, à perméabilité mixte, où la fissuration joue un rôle important dans la circulation des eaux. Il comporte un niveau superficiel qui, lorsque les conditions structurales s'y prêtent, donne par endroit une série d'émergences. D'autres aquifères de moindre importance existent. On peut citer: l'aquifère des marnes –dolomies du Cénomaniien.

En ce qui concerne le mode d'alimentation, dans cette région l'apport principal des précipitations pouvant parvenir à l'aquifère afin d'y être stocké se réalise selon deux composantes :

- Une composante à écoulement rapide constituant le ruissellement superficiel.
- Une composante lente à lieu à travers l'importance de la formation calcaire et les grés avec intercalation d'argiles.

Tout ce que l'on peut dire de ces deux composantes constituant l'unique mode d'alimentation est qu'elles sont inégales, la première concerne une évaporation, la deuxième à une rapide infiltration vue l'importance des fissures.

## Conclusion générale

---

Le régime des précipitations atmosphériques insuffisant et l'évaporation importante font l'alimentation de la nappe est faible. Ce qui conduit à d'autres considérations.

Le niveau piézométrique ne cesse de baisser progressivement provoquant l'assèchement des points d'eau et surtout le couvert végétal.

Dans cette région l'écoulement souterrain est supposé s'effectuer à l'intérieur des limites aquifères et dans l'aquifère lui-même qui est alimenté quasi exclusivement par l'infiltration des eaux de pluie d'où la pérennité de la nappe superficielle est étroitement liée aux épisodes pluvieux.

Les grès et les argiles déterminent le schéma classique d'un aquifère multicouches. Les grès représentent le réservoir et les marnes ou argiles le substratum imperméable, la limite entre les deux formations est matérialisée par une ligne de sources. Notre réflexion sur l'ensemble de cette étude se résume comme suit : Après prospection sur le terrain, il a été naturellement observé que l'ensemble de l'aquifère intresse des formations géologiques attribuées au secondaire et au tertiaire), des grès en surface et des marnes ou argiles rougeâtres qui constituent l'imperméable. L'examen des résultats appelle principalement deux types de remarques :

L'un ayant trait à l'absence d'étude rigoureuse des forages réalisés dans la région qui est considérée comme objectif essentiel de toute réalisation hydraulique et surtout d'éviter se trouver devant l'obligation de choisir entre un souci de rigueur scientifique amenant à constater souvent une impossibilité d'établir un bilan significatif et de ne pouvoir fournir des réponses ou d'avancer des propositions frappées d'approximation.

L'autre sur le système hydrogéologique lui-même qui présente une nappe successible de fournir des débits significatifs et qui a tout le mérite d'être bien suivie.

Il est tout à fait clair que les ressources en eaux souterraines de la région sont limitées et peuvent être fortement mobilisées. Devant cet état de fait il est donc utile de rappeler ici les conséquences qui peuvent survenir en cas de fonçage profond.

Baisse du niveau d'eau - Tarissement des émergences - Débit insignifiant ou nul  
On sait que les préoccupations globales et quantitatives relatives aux eaux souterraines se sont progressivement développées et sous la nécessité de satisfaire des demandes d'eau croissantes et assurer un service d'approvisionnement minimum en eau une proposition de réaliser des forages peut être envisageable avec des profondeurs maximales tolérables.

## **Références bibliographiques :**

**ABED S.1982**, lithostatigraphie et sédimentologie du jurassique moyen et supérieur du djebel amour ;these de doctorat 3IEME cycle , univ ;de Pau et des pays de l'Adouer-g

**Benzeghouda M & Bouterbiat M**, (2011) contribution à l'étude hydrogéologique et hydrochimique de la plaine d'el-haoudh (cuvette centrale de la région d'Aflou) présenté pour l'obtention du grade d'ingénieur d'état en sciences de la terre. Université d'Oran.

**Bettahar A**, (2009). Les accidents majeurs de l'Atlas saharien central et les structures associées. Thèse de Doctorat d'Etat, USTHB, Alger.

**Contribution de SONATRACH Division Exploration, Centre de Recherche et Développement et Division Petr oléum Engineering et Développement**, Géologie de l'Algérie.

**Eric G, Christian M, Jacques M**. Hydrogéologie Objets, méthodes, applications

**Laghouag M Y** (2011) Apport de la télédétection (images Landsat 7 ETM+) pour la cartographie géologique de la région d'Aflou (Atlas saharien) Mémoire de fin d'études présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Géologie. Université Ferhat Abbas-Sétif

**Stambouli M**. (1983). Contribution à l'étude hydrogéologique de la haute vallée du Sebgag (Djebel Amour, Atlas Saharien Central, Algérie).Thèse de magister, IST (Oran).

**Stambouli M**. (2005). Contribution à l'étude hydrogéologique de l'atlas saharien (l'exemple du Djebel Amour).

**ZERARKA AEK** (1988). Formation et ressources en eau souterraines du dj Amour (Aflou) et les perspectives de leur utilisation dans l'économie nationale.

**ANRH** : Etude hydrogéologique du synclinal d'Aflou.

**ANRH** : Données climatologiques des stations du Djebel Amour.

**Aricha M et Si Merabet M.A (1990)** : Etude hydrogéologique du bassin versant de l'Oued Morra (Atlas Saharien Central), daïra d'Aflou. Mém. d'ING. IST (Oran), 245 p

**Basseto D. et Coumes F (1967)** : Série lithologique du Djebel El Azreg de Laghouat Etude Stratigraphique de la zone de passage Jurassique Crétacé. Publ. Serv. Geol. de l'Algérie. Bull. N° 35 (Nlle série), p. 13-20

**Bkhouachba S. et Ouali B.E (1992)** : Etude géologique et hydrogéologique du bassin versant De l'Oued El - Mallah (Djebel Amour), Atlas Saharien central. Mém. ding. IST (Oran).



*Références bibliographiques :*

---

**Mahboubi M'Hamed (1983) :** Etude géologique du Crétacé post Aptien et du Tertiaire Continental De la bordure méridionale du Djebel Amour (Atlas Saharien Central).Thèse 3<sup>ième</sup> cycle, I.S.T, Univ. D'Oran, 161p.

**Benchab abdlwahid et mehda&oui Ibrahim :** Thèse 2015, caractéristique hydrologique des eaux souterraines de la région d Aflou p n° 07, La coup géologie de djebel amour.

---

## Résumé

*L'objectif de ce présent travail et de contribuer à L'étude de la région du djebel amour , sous l'ensemble des aspects Qui la caractérisent : géologique , climatique, hydrochimique, hydrogéologique*

*Cette région semi-aride à aride qui reçoit précipitation quantitativement insuffisantes, le seul recours consiste à Exploiter les nappes souterraines excessivement, car le potentiel disponible des eaux superficielles est limité·on assiste à un développement de la demande en eaux potable, industrielles et surtout d'irrigation.*

## الملخص

الهدف من هذا العمل هو القيام بدراسة شاملة لجبل عمور، هذه الدراسة تتمحور حول ميزاته : الجيولوجية، المناخية الهيدرولوجية، الهيدروجيولوجية، واخيرا الهيدروكيميائية

هذه المنطقة شبه القاحلة تعد من المناطق الجافة التي تسقط فيها الامطار بكميات محدودة

، مما ادى الى حتمية استغلال المياه الجوفية وبشكل مفرط لسبب ان موارد المياه السطحية محدودة

وهذا راجع لتزايد الطلب على مياه الشرب و المياه الصناعية خاصة الموجه للري