

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

جامعة الجيلالي بونعامة خميس مليانة
Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana
Faculté des Sciences et de la Nature et de la vie et sciences de la Terre
Département des Sciences de la Terre



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Filière : Hydrogéologie

Spécialité : Hydrogéologie

Thème

**Synthèse hydrogéologique et estimation du champ de
transmissivité de la plaine alluviale du bas Cheliff**

➤ **Devant le jury composé de :**

- | | |
|--|------------|
| ❖ <i>M^r</i> : SAADOUN Ali | Président. |
| ❖ <i>M^r</i> : SAID Ramdane | Encadreur. |
| ❖ <i>M^r</i> : BENZAADA Mohamed | Examineur. |
| ❖ <i>M^r</i> : GHERBI Ben-Youcef | Examineur. |

➤ **Présenté par :**

- ❖ DOUACI Anfel
- ❖ GOUDJILI Chems-el-Houda

Année universitaire 2018/2019

Remerciements

A l'occasion de la réduction de ce mémoire de fin d'étude nous tient particulièrement a remercié **ALLAH** de nous avoir accordé la foi, le courage, la volonté de continuer nos études, et d'effectuer ce modeste travail.

Nos plus vifs remerciements tout d'abord à notre promoteur Monsieur SAID Ramdane, pour avoir accepté de nous encadrer en ce sujet. Ainsi pour leur orientation, leurs judicieux conseils et leur disponibilité durant toute la période de notre travail.

Nos profonds remerciements vont à :

Le précédent du jury monsieur SAADOUN Ali. A, pour leur aide précieuse. Monsieur GHERBI Ben Youcef. Monsieur BENZAADA Mohamed pour l'honneur qui nous ont fait en acceptant d'examiner ce modeste travail. Sans oublier leurs aides et leurs enseignements. Nos remerciements s'adressent aussi à nos enseignants de l'Université de Khemis-Miliana sans exception.

Sans oublier de remercier tous nos amis et nos collègues de promotion Hydrogéologie. Nous remercions tous les gens qui participés de loin ou de proche à ce travail.

DEDICACES

A ma mère,

*Celle qui a attendu avec patience les fruits de sa bonne éducation,
je te serai reconnaissante toute ma vie, qu'Allah t'accorde longue vie
dans ta santé*

A mon père,

*Grâce à toi j'ai pu aller à l'école, en guise de reconnaissance,
trouve ici mon amour filial, ma réussite et la tienne.*

*A ma tante Fatima Zahra, mes oncles Sghir Abbas M'hamed et
Sghir Abbas Mohamed,*

*Pour leur soutien et leurs prières tout au long de mes études. Que
Dieu vous garde.*

A mon cher mari,

*Aucun mot ne saurait t'exprimer mon profond attachement et
ma reconnaissance pour l'amour, merci d'être toujours à mes côtés,
par ta présence, par ton amour dévoué et ta tendresse. Que Dieu le
tout puissant nous accorde un avenir meilleur.*

A ma belle mère et ma belle famille,

*Merci de m'avoir accueilli parmi vous. Puisse ce travail
témoigner de ma profonde affection et ma sincère estime.*

A mes chers frères, ma petite sœur,

Pour leur appui et leur encouragement.

*A ma chère grand-mère et ma copine Goudjili Houda et à toute sa
famille.*

*A tous mes amis Lilia, Faiza et Malha, et tous ceux qui me sont
chers.*

Anfel

DEDICACES

C'est avec une immense joie et un grand honneur joignant toute chaleur de mon cœur que je dédie ce modeste travail :

A mon très cher Père et ma très chère Mère

A ceux qui m'ont toujours encouragé pour que je réussisse dans mes études.

A ceux qui ont veillé pour mon bien être.

A ceux que j'aime et je respecte infiniment.

Le jour est venu pour leur dire Merci...

A tous ceux qui me sont chers(es).

A mon amie et mon binôme Anfel.

A mes très chères sœurs.

A mon très cher frère Sidahmed.

A mes petits neveux Sifou, Fethou, Yacine et Achraf.

A toute la famille GOUDJILI.

A mes très chères amies Houda, Hidayat, Melha, Lilia, Faiza, et Hanane, Tous mes collègues de travail et de la promotion d'hydrogéologie et géotechnique.

Je vous souhaite pleins des succès et des chances dans la vie professionnelle ainsi que pour tout le reste.

HOUDA

RÉSUMÉ

La plaine alluviale du bas Cheliff est localisée dans le Nord-Ouest de l'Algérie et couvre une superficie de 1134 km². Les ressources en eau exploitées dans cette région sont essentiellement constituées des eaux souterraines puisées par de nombreux forages captant les aquifères de la plaine alluviale. Les aquifères sont constitués par une succession complexe de séries lenticulaire, argilo-marneuse ou d'éléments grossiers, d'âge Plio-quaternaire et miocène reposant sur un substratum marneux d'âge Miocène.

L'objet de ce mémoire porte sur l'estimation indirecte de la transmissivité des aquifères. Pour ce faire, une compilation de données regroupant les données des essais de pompage effectués dans les forages ainsi que les valeurs des débits spécifiques disponibles dans la région.

La transmissivité est souvent estimée en utilisant des données de débits spécifiques quand les données de pompage d'essai ne sont pas disponibles. L'approche méthodologique est basée sur l'étude de la corrélation entre la transmissivité et le débit spécifique. Cette estimation a permis d'étendre la série des valeurs de transmissivité, au préalable peu nombreuse et surtout mal répartie sur la plaine, à une série composée de 163 valeurs estimées. Ces données ont permis l'établissement d'une carte représentant la variation du champ de transmissivité à l'échelle de l'étendue de la plaine, la transmissivité augmente de 10⁻³ jusqu'à 5x10⁻³m²/s.

Mots clefs : **Plaine du Cheliff, transmissivité, rabattement, essais de pompage, débit spécifique, regression, cartographie.**

Summary

The alluvial plain of the lower cheliff is located in northwestern Algeria and covers an area of 1134 km². The water resources exploited in this region consist mainly of groundwater drawn by numerous boreholes capturing the aquifers of the alluvial plain. The aquifers are constituted by a complex succession of lenticular, clay-marly or coarse-grained sequences of Plio-Quaternary and Miocene age resting on a marl substratum of Miocene age.

The subject of this thesis concerns the indirect estimation of transmissivity of aquifers. To do this, a compilation of data gathering the data of the pumping tests carried out in the boreholes as well as the values of the specific flow rates available in the region.

Transmissivity is often estimated using specific flow rate data when test pumping data is not available. The methodological approach is based on the study of the correlation between transmissivity and specific flow. This estimate has made it possible to extend the series of transmissivity values, previously large and especially poorly distributed over the plain, to a series composed of 163 estimated values. These data allowed the establishment of a map representing the variation of the field of transmissivity on the scale of the extent of the plain, the transmissivity increases by 10^{-3} until $5 \times 10^{-3} \text{m}^2/\text{s}$.

Key words: Cheliff Plain, transmissivity, drawdown, pumping tests, specific flow, regression, mapping.

ملخص

يقع السهل الغريني للشلف السفلي في شمال غرب الجزائر ويغطي مساحة 1134 كم². تتألف موارد المياه المستغلة في هذه المنطقة بشكل أساسي من المياه الجوفية التي تجرها العديد من الآبار التي تلتقط طبقات المياه الجوفية في السهل الغريني. تتشكل طبقات المياه الجوفية بسلسلة معقدة من متواليات عدسي أو طيني أو حبيبي خشنة من طبقات العصر الجيولوجي الرابع والميوسين في عصر قائم على الطبقة التحتية مسمد بالمرل من عصر الميوسين. موضوع هذه الأطروحة يتعلق بالتقدير غير المباشر للنفاذية من طبقات المياه الجوفية. للقيام بذلك، مجموعة من البيانات التي تجمع بيانات اختبارات الضخ التي أجريت في الآبار وكذلك قيم معدلات التدفق المحددة المتاحة في المنطقة. غالبًا ما يتم تقدير القدرة على الانتقال باستخدام بيانات معدل التدفق المحددة عندما لا تتوفر بيانات ضخ الاختبار. يستند المنهجية المنهجية إلى دراسة العلاقة بين النفاذية والتدفق النوعي. لقد أتاح هذا التقدير تمديد سلسلة قيم الانتقائية، التي كانت كبيرة في السابق والتي تم توزيعها بشكل سيء على السهل، لتشمل سلسلة مكونة من 163 قيمة مقدرة. سمحت هذه البيانات بتكوين خريطة تمثل تباين مجال النفاذية على مقياس مدى السهل، النفاذية تزيد من 10^{-3} إلى $10^{-3} \times 5$ م²ا.

1 INTRODUCTION GENERALE

L'exploitation de l'eau souterraine constitue pour la région du bas Chélif, une des principales sources d'alimentation en eau potable et d'irrigation. Assurer une bonne gestion et protéger cette ressource vitale est donc très important afin de pouvoir répondre durablement aux besoins de la population. Toutefois, la connaissance du comportement hydrodynamique des nappes d'eau souterraines est tributaire des connaissances sur la piézométrie et les données de transmissivité ou de perméabilité, dont les mesures sont généralement acquises après de longues investigations de terrain. En effet, l'évaluation des paramètres hydrodynamiques des aquifères hétérogènes à l'aide des seuls pompages d'essai représente un coût prohibitif, d'où l'intérêt de recourir à des estimations avec des moyens plus économiques basés sur la recherche de relation entre les paramètres hydrodynamiques avec des entités physiques plus simples à estimer.

Dans le cadre de notre mémoire, nous proposons une estimation de la transmissivité mesurées par les essais de pompage effectués sur les forages existants. Toutefois, vu l'étendue de la plaine du bas Cheliff, objet de cette étude, la répartition ainsi que la densité de ces mesures ne permettent pas une estimation représentative à l'échelle de toute la zone d'étude. C'est pourquoi, nous proposons une optimisation du champ de transmissivité par la déduction d'une transmissivité estimée à partir d'une corrélation entre les valeurs obtenues par essais de pompage et du débit spécifique. Les corrélations obtenues pour le couples de données T (transmissivité) et Qs (débit spécifique) sont toujours significatif vu le rapprochement physique entre ces deux paramètres.

Pour ce faire, des valeurs de transmissivité ont été estimées à partir des essais de pompage réalisés sur les forages existants à l'échelle de notre zone d'étude et afin d'atteindre l'objectif principale de cette étude qui porte sur la réalisation d'une cartographie du champ de transmissivités, nous avons pu étendre la série des données des transmissivités à partir d'une corrélation entre le couples de données des valeurs obtenues par essais de pompage et les valeurs obtenues à partir des débits spécifiques.

Pour illustrer cet objectif, nous avons structuré notre mémoire en deux parties :

La première partie est représentée par une synthèse hydrogéologique du complexe aquifère étudié. Elle est consacrée d'une part à l'identification du site d'études représentées par la plaine du bas Cheliff ou sont abordés les paramètres de localisation géographique et les caractéristiques géomorphologiques de la zone d'étude. D'autre part une synthèse consacrée à l'identification des propriétés hydrogéologiques des formations géologiques. Aussi les aspects liés à hydrologie, à l'hydro climatologie, à la géologie ont été synthétisés dans cette partie et seront utiles pour l'interprétation et l'explication des résultats qui seront obtenus au niveau de la deuxième partie.

La deuxième partie est consacrée pour l'interprétation des données des essais de pompage et des débits spécifiques pour aboutir à une corrélation mathématique entre ces deux paramètres. L'estimation indirecte des transmissivités à partir des débits spécifiques a permis d'étoffer le réseau des points de mesure dans la plaine étudiée et faciliter ainsi l'établissement des cartes illustrant la variation du champ de transmissivité.

2 INTRODUCTION

Ce chapitre présente une synthèse hydrogéologique de la plaine alluviale du bas Cheliff, il est consacré à une description générale de la plaine étudiée, dont la situation géographique, l'aperçu géomorphologique, les caractéristiques hydro-climatologiques, la qualité des eaux afin d'identifier les ensembles aquifères, leurs géométrie et leur propriétés structurales et hydrodynamiques.

3 GÉNÉRALITÉS ET SITUATION

1.1 Situation géographique

La région d'étude correspond à la plaine alluviale du bas Cheliff qui constitue une cuvette intramontagneuse, parcourue par l'oued Cheliff, qui s'étend suivant une orientation Est-Ouest dans la partie NW de l'Algérie du Nord (figure N°1).

Circonscrite à l'intérieur des chaînes de l'Atlas tellien, cette plaine parallèle au littoral méditerranéen est limitée :

- Au Nord, par le versant sud de la chaîne du Dahra d'altitude moyenne de 600m.
- A l'Est, par la plaine du moyen Cheliff qui constitue son prolongement vers l'est.
- Au Sud, par les monts de l'Ouarsenis qui culmine à 1200m.
- A l'Ouest, par la plaine de la Mina ou la plaine de Relizane.

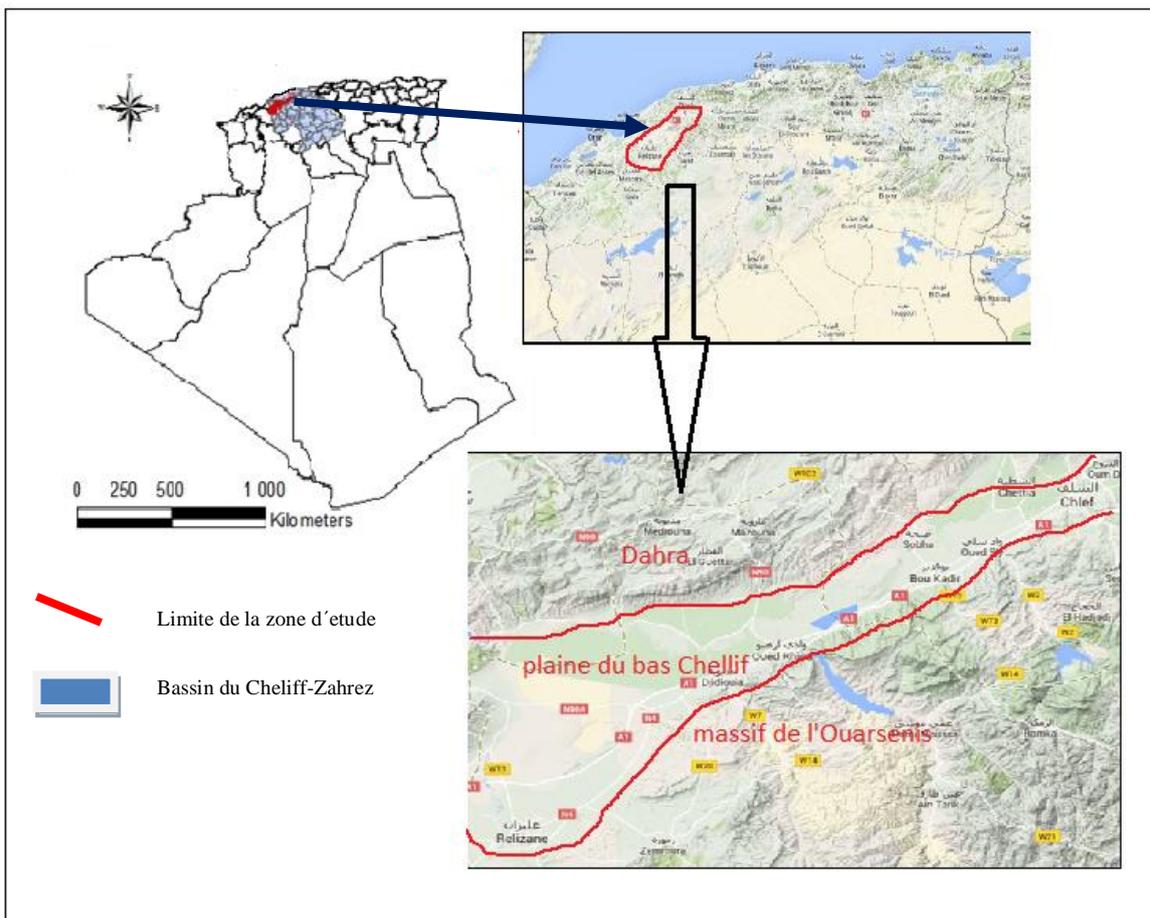


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude.

4 APERÇU GÉOMORPHOLOGIQUE DE LA RÉGION D'ÉTUDE

La plaine du bas Cheliff est circonscrite dans la partie avale du bassin du Cheliff, jalonné par une succession de plaines et de plateaux peu élevés qui s'étendent au pied d'un chapelet de massif crétacés, plus ou moins continus. Les principales formations géomorphologiques rencontrées sont (Achour F, 1997) :

1.2 Les massifs limitrophes

La basse plaine du Cheliff est bordée géographiquement par le massif de l'Ouarsenis qui forme l'ossature de la bordure Sud de notre zone d'étude. C'est une chaîne qui forme une falaise dominant l'arrière-pays, avec des altitudes moyennes, qui s'accroît assez régulièrement d'Ouest en Est de 1000 à 3000 m.

La chaîne du Dahra au Nord qui sépare la plaine de la mer forme une barrière assez continue d'environ 70 km de longueur et une altitude moyenne de 600m. (Figure N°2)

1.3 Les collines

Les dépôts néogènes du bassin du bas Cheliff ont été plus au moins fortement plissés au cours du Pléistocène, cette orogénèse tardive a permis, malgré la grande plasticité du matériel néogène, la formation des reliefs occupant une partie importante du bassin.

Cette zone montagneuse est particulièrement développée dans la partie orientale du bassin où elle vient s'accoler aux massifs crétacés du Dahra pour former un même ensemble orographique. Sur la rive Sud du Cheliff, les formations calcaires miocènes se relevant vers le massif de l'Ouarsenis, forment une ligne de relief atteignant localement 648 m d'altitude.

1.4 Les plaines alluviales

Les dépôts néogènes et quaternaires constituent le remplissage du bassin bordé par les reliefs crétacés. Le bassin du bas Cheliff est compartimenté en deux parties.

- Une partie orientale bordée par les massifs du Dahra et de Beni Menacer au Nord et par les massifs d'Ouarsenis au Sud. Cette partie englobe trois grandes plaines, qui sont d'est en ouest.
 - La plaine de Cheliff –Boukadir.
 - La plaine d'oued Rhiou.
 - La plaine de Hamadena.
- Une partie occidentale : limitée au Nord par le Sahel d'Oran, (Djebel Murdjadjo et Djebel Ourousse) et au Sud par les Monts de Beni Chougrane et les Tessala.

1.5 Les dépressions

La région du bas Cheliff est caractérisée par une dépression naturelle recouverte en hiver par un plan d'eau de 30cm (cuvette elliptique de 5 km de long sur près de 3 km de large), bordée au nord par des falaises d'environ 15m de hauteur et creusée dans la région de Benziane au Nord de la ville d'Oued El Djemaa. Par ailleurs, ils existent d'autres cuvettes qui sont : la Daya, la dépression du Douar Djerada (Boulaine, 1957).

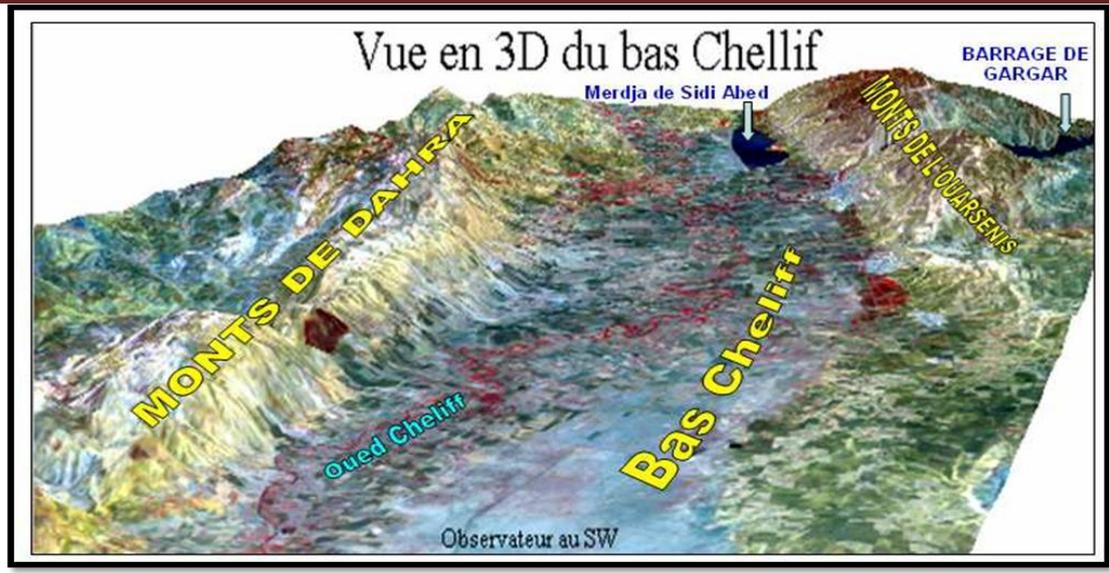


Figure 2 : Grands ensembles morphologiques de la plaine du bas Cheliff.

5 HYDROCLIMATOLOGIE

1.6 Aperçu Hydrologique

5.1.1 Les bassins versants

L'unité hydrogéologique représentée par la plaine du bas Cheliff, objet de cette étude, s'étale sur cinq sous bassins versants (Figure N°3) qui font partie du bas Cheliff, dont les caractéristiques sont compilées dans le tableau suivant :

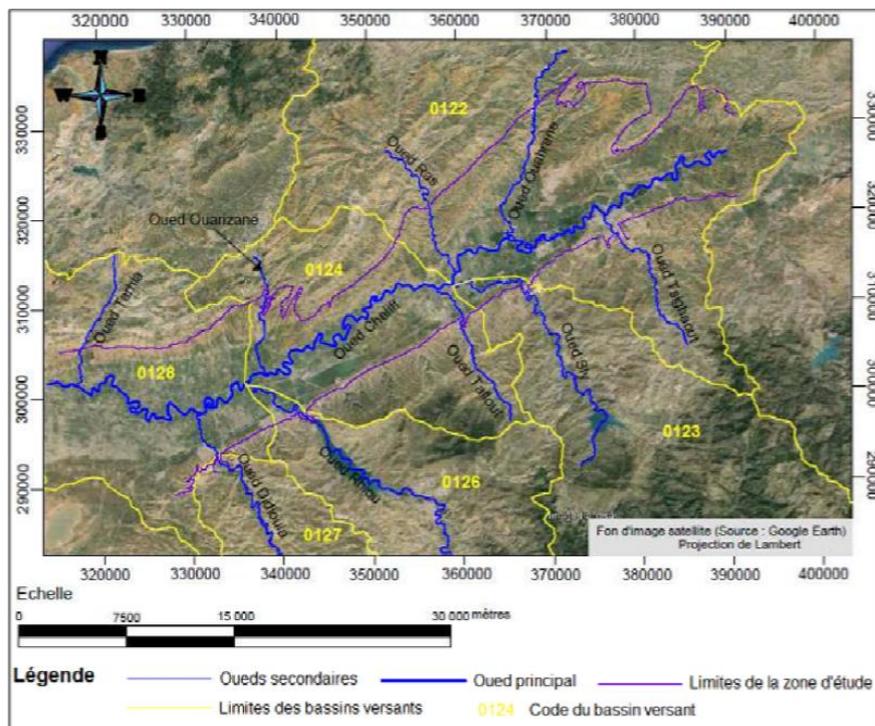


Figure 3 : Sous bassins versant et unité hydrogéologique de la plaine alluviale du bas Cheliff

1.7 Hydrographie

Le réseau hydrographique apparaît soit en gestation soit en voie de disparition et un certain nombre de région ne représentent qu'un écoulement intermittent, sinon une absence totale de drainage.

Le Cheliff, cours d'eau le plus important d'Algérie, commande toute l'hydrographie du bassin du Cheliff. Après avoir traversé le bassin du moyen Cheliff, il draine la gouttière qui sépare les massifs du Dahra et de l'Ouarsenis en s'abaissant régulièrement de 250 m. Au niveau de cette dernière, le réseau hydrographique est représenté par :

- L'Oued Ouahran et Ras, qui prennent naissance au niveau des piedmonts du Dahra sur la rive droite d'oued Cheliff.
- L'Oued Fodda (213 km), Oued Sly (130 km), Oued Tsighaout (24 km), Oued Rhiou, Oued Tafelout (20 km), Touchait et Oued Djidiouia qui prennent naissance au niveau des premiers reliefs de l'Ouarsenis sur la rive gauche de l'oued Cheliff.

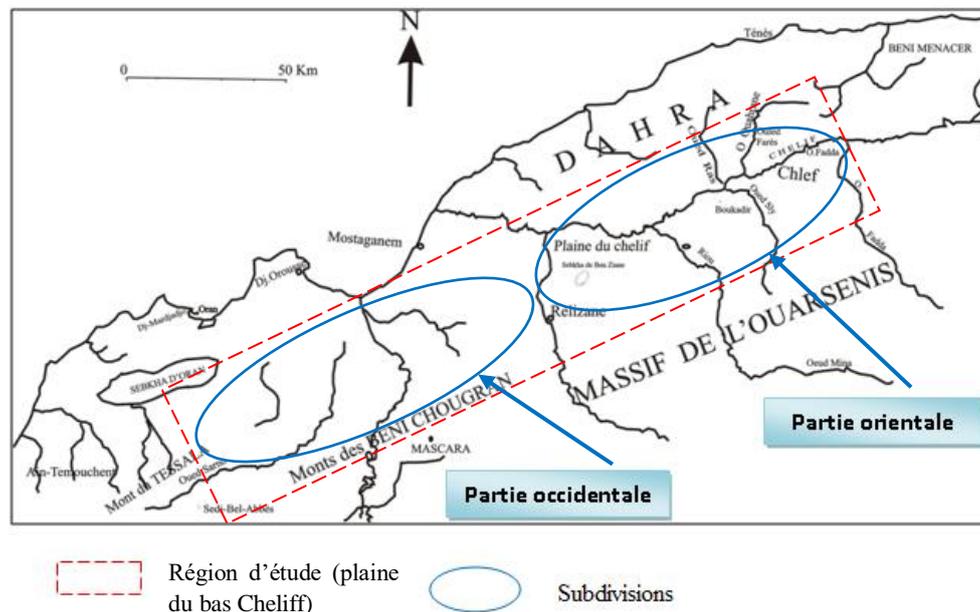


Figure 4 : aperçu général du réseau hydrographique dans la plaine du bas Cheliff du bas Cheliff (d'après Thomas, 1985).

La plaine du bas Chélif représente à son centre un rétrécissement de section (2 à 3 Km) qui se manifeste au niveau de la localité de Boukadir. Ce rétrécissement qui dépend de l'émergence des reliefs d'El Kherba, donne un aspect de couloir étroit traversé par l'oued Cheliff. La plaine du bas Chélif correspond à :

- Une étroite bande dans sa partie orientale, qui s'étend depuis la ville de Chlef jusqu'à la ville de Merdja Sidi Abed (de l'ordre de 7 à 9 Km de largeur).
- Une plaine plus ouverte et large dans sa partie occidentale (qui peut atteindre une trentaine de kilomètre). Cet évasement de section est marqué depuis la ville d'Oued Rhiou jusqu'à la ville d'El Hmadna.

1.8 Aperçu climatologique

5.1.2 Le contexte climatique

Le climat dans la plaine du bas Cheliff est très rude et très contrasté par des étés chauds et des températures basses en hiver.

5.1.3 Température

Les températures moyennes mensuelles de la zone d'étude enregistrées durant la période 1990-1991 à 2013-2014 au niveau de la station de Hmadna située au centre de la plaine étudiée,

5.1.4 Pluviométrie

5.1.4.1 Les précipitations mensuelles

L'analyse des données pluviométriques (tableau N°3) montre que la variation de la pluviométrie mensuelle est caractérisée par une nette dégradation d'Est en Ouest.

Les précipitations montrent une diminution de la hauteur des pluies dans la vallée du Chélif d'Est en Ouest. La région d'étude a connu durant la dernière décennie des cycles de sécheresse, dont la plus marquée est celle qui s'étale de 1988 à 1994 (INSID, 1998).

5.1.4.2 Les précipitations annuelles

Les précipitations moyennes annuelles déterminées pour la période 1980/2003 (tableau N°4) montrent une hauteur de précipitation de 238mm à Oued- Sly, 396mm à Benairia, 393mm au Domaine Si-taib et 304mm à la station de Chleff de l'ANRH.

Ainsi, il apparaît nettement que la distribution des pluies est très marquée spatialement, au nord de la zone d'étude, les précipitations interannuelles sont importantes (461,4mm à Benaria, 515,7mm à Sidi Akkacha) et diminuent progressivement vers le centre de la plaine (299m au domaine Si Tayeb).

La lame d'eau précipitée a été calculée par plusieurs méthodes comme le montre le tableau N°5. « Saim 2013 ».

5.1.5 Le vent

La vallée du Bas Cheliff est une région à atmosphère peu agitée, le vent dominant est le vent d'Ouest. Sa vitesse moyenne varie de 13 à 33 Km/h à la station de Hmadna. Au niveau de la station de Chleff, la période s'étalant du mois de juin jusqu'à septembre est marquée par les vents du sud (sirocco) avec un maximum en août et une moyenne annuelle de 20 à 30 jours.

La carte des vents de la vallée du Chélif à 10m du sol est représentée en figure N°7 qui montre une gamme de variation de la vitesse moyenne annuelle allant de 1 à 6 m/s.

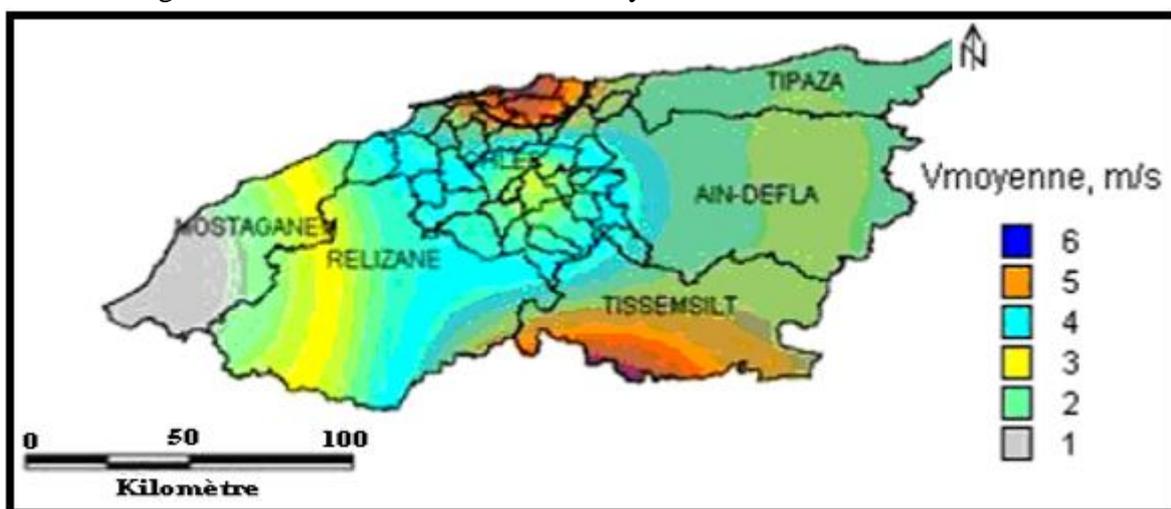


Figure 5: Atlas de la vitesse moyenne du vent de la vallée de Cheliff à 10 m du sol
(Source : Boukli et al, 2007)

5.1.6 L'humidité

C'est le rapport entre la quantité de vapeur d'eau contenue dans un certain volume d'air et la quantité que peut contenir ce même volume à l'état de saturation, l'humidité relative de l'aire est généralement plus élevée le marin pour tous les mois ; elle est de l'ordre de 60 à 85% en automne et l'hiver et entre 35 à 60% en printemps et l'été. Le mois le plus humide est le mois de décembre et le mois le plus sec est le mois de juillet.

5.1.7 L'évapotranspiration

Sur le plan temporel, il existe une nette coïncidence, typiquement méditerranéenne, entre le maximum thermique et le minimum pluviométrique, ce qui se traduit par une sécheresse marquée où l'évapotranspiration atteint sa valeur plafond. Les données d'évapotranspiration sont relevées de la carte éditée par les services de l'ANRH (2002) « in Mhaiguene.M ».

La carte d'évapotranspiration (figure N°8), montre que l'évapotranspiration se position en parfaite opposition à celle de la pluviométrie. Le total potentiel évapotranspiré annuel serait de 1200 à 1600 mm. En saison froide, l'ETP décroît progressivement jusqu'au moment où elle atteint des valeurs inférieures à celles des précipitations. « César E. Acácia D R2015 ».

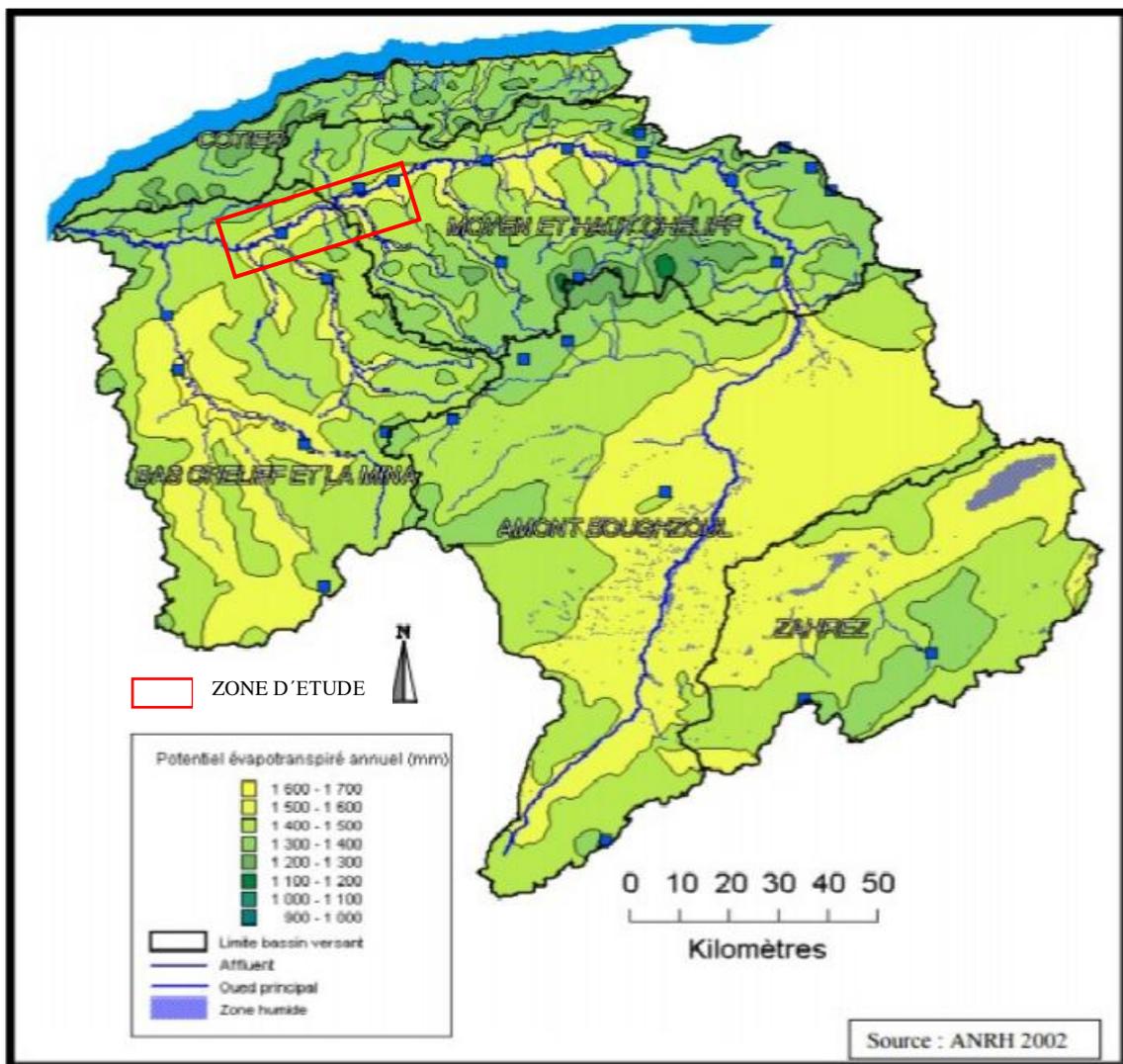


Figure 6 : Variation du potentiel évapotranspiré annuel dans la région hydrographique Chelif-Zahrez « Mhaiguene.M,2005 »

5.1.8 Le ruissellement

Le ruissellement apparaît dès que l'intensité d'une pluie devient supérieure à la vitesse d'infiltration du sol. Il est aussi en fonction de divers facteurs : la perméabilité, la pente et la capacité d'absorption des formations affleurantes. Ou en hauteur (mm) par rapport à une superficie. Les hauteurs d'eau ruisselées. Ce paramètre est exprimé en hauteur (lame d'eau ruisselée en (mm) = volume ruisselé (m³) / surface réceptrice du bassin en m²). Il est calculé par la formule de Tixeront Berkaloff : $R = P^3 / 3(ETP)^2$ mm. (Saim 2013).

Localement, la lame d'eau ruisselée varie entre 8.6 et 17 mm, mais elle reste approximative pour les raisons suivantes:

- les limites d'application des formules de calcul qui doivent prendre en compte les paramètres régnant dans la région d'étude.
- le degré de l'incertitude relatif aux méthodes empiriques utilisées.
- la sous estimation ou surestimation des paramètres qui contribuent à l'apparition du ruissellement.

5.1.9 L'infiltration

L'infiltration est définie comme le processus du mouvement de l'eau dans le sol. C'est sans aucun doute le paramètre le plus difficile à calculer à cause des multiples approximations dans sa quantification. Le processus d'infiltration est dû à l'effet combiné d'une composante de diffusion quand le sol est sous-saturé et d'une composante de transmission à saturation du sol.

L'estimation de la lame d'eau infiltrée peut a été établie à l'aide de la formule du bilan hydrologique : $P=E+R+I$

Avec :

- P : précipitation moyenne annuelle (mm).
- E : évapotranspiration réelle moyenne annuelle (mm).
- R : ruissellement moyen annuel (mm).
- I : infiltration moyenne annuelle (mm).

Tels que :

- 1) La lame d'eau précipitée en moyenne sur les bassins versants est égale à 364.33 mm.
- 2) La valeur de la lame d'eau évapotranspirée réellement (ETR) calculée par la méthode du bilan hydrique de « Thornthwaite » est estimée en moyenne à 263.13 mm.
- 3) La lame d'eau ruisselée à l'échelle des bassins est déduit par la formule de « Tixeront Berkalof » : est de 17.38 mm.
- 4) La lame d'eau infiltrée en moyenne sur les trois sous bassins est déduite directement à partir de l'équation du bilan hydrologique, tel que : $P = E+R+I$ (mm).

Les équations du bilan hydrologique représenté dans le tableau ci-dessus sont relativement équilibrées. Toutefois, nous constatons un déficit qui serait dû :

- Aux imprécisions liées à la lecture des paramètres climatiques et pluviométriques.

-
- À la négligence des précipitations solides telles que la neige et des apports latéraux qui peuvent influencer les écoulements.
 - À la sous estimation de l'évaporation.

6 LA QUALITÉ DES EAUX

La composition chimique des eaux souterraines dépend principalement de la lithologie des couches traversées et du temps de séjour des eaux dans le sous-sol. Les concentrations des différents éléments naturels varient en fonction de l'interaction eau/roche, la profondeur du réservoir, la température et l'échange entre les nappes aquifères et les eaux de surface.

Pour connaître les grands traits des caractéristiques physico-chimiques des eaux, nous disposons des résultats d'un bulletin sur la qualité des eaux des nappes du bassin hydrographique «Cheliff-Zahrez » effectuées en 2001 -2002

Ce dernier, nous permet de déterminer les faciès chimiques dominant dans la région.

L'hydrogéochimie des eaux souterraines du complexe aquifère du Plio-quaternaire permet par traitement des données d'analyses physico-chimique de déterminer les caractéristiques lithologiques et les conditions aux limites des nappes d'eau souterraines formants ce système aquifère et de simuler les différents mécanismes et processus intervenant dans son fonctionnement.

La synthèse des études hydro-chimiques réalisées dans la région «SAIM, Cherchali, 2015» permet de conclure ce qui suit :

- Les valeurs des différents paramètres physico-chimiques étudiés (conductivité, minéralisation, concentration en éléments chimiques) augmentent des bordures vers le centre de la plaine.
- D'après les diagrammes réalisés « Piper et Shoeller –Berkaloff » (figure N°9, figure N°10), trois faciès chimiques caractérisent les eaux de la plaine alluviale : un faciès bicarbonaté calcique, un faciès chloruré sodique et potassique et un faciès chloruré calcique et magnésien.

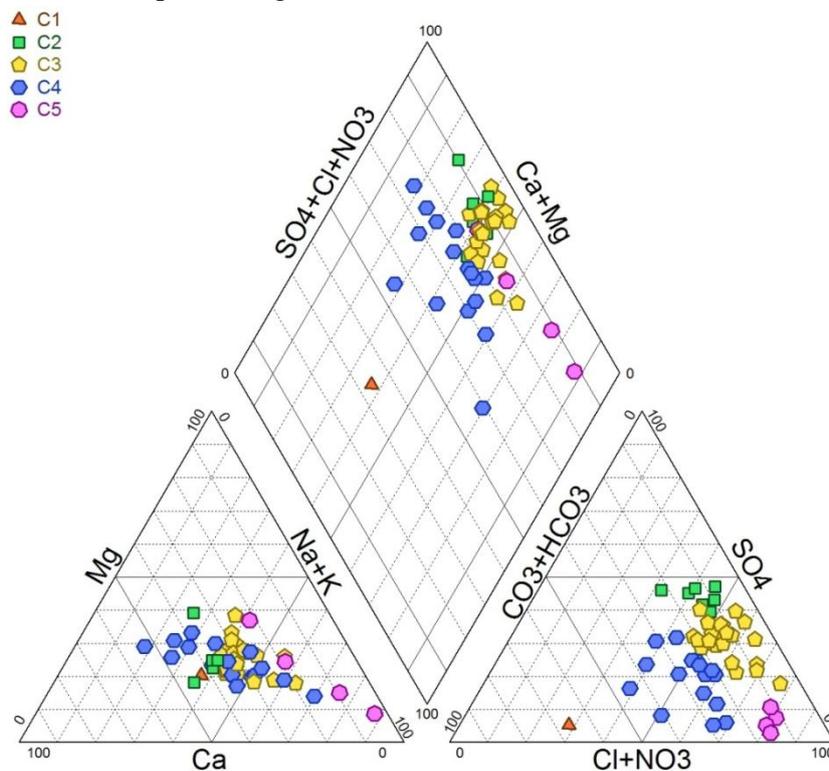


Figure 7: Diagramme de Piper de la classification des eaux (Cherchali, 2015)

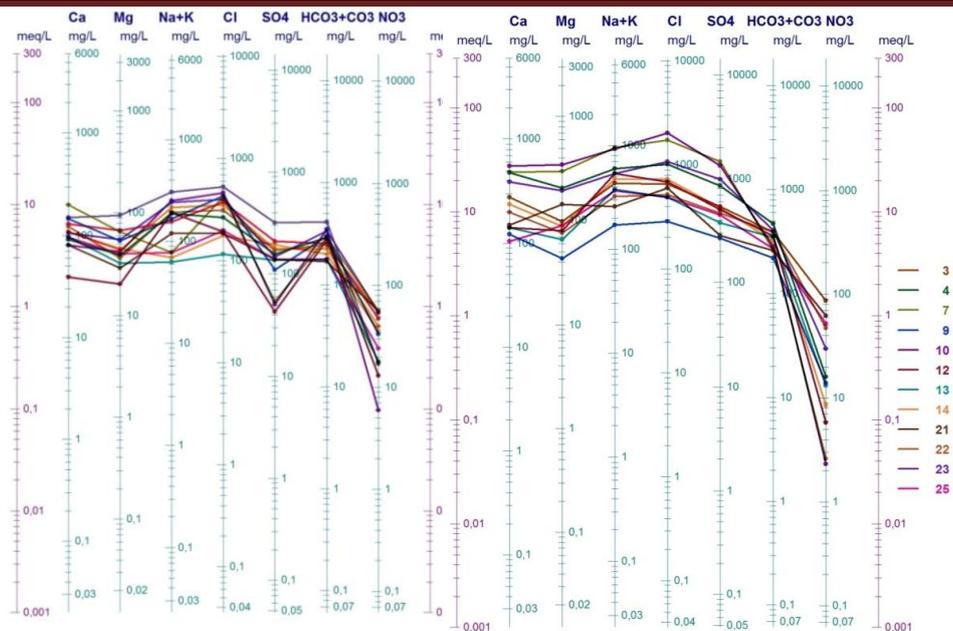


Figure 8: Diagramme de Schoeller-Berkaloff (Cherchali, 2015)

- Les éléments chimiques (Cl^- , Na^+ , SO_4^{2-}) ont une origine évaporitique. Le Ca^{2+} provient surtout de la dissolution des formations gypseuses (figure N°11), plus solubles, que les carbonates, à l'exception des eaux prélevées sur la bordure Sud de la plaine en aval des affleurements des calcaires à lithothamnium.

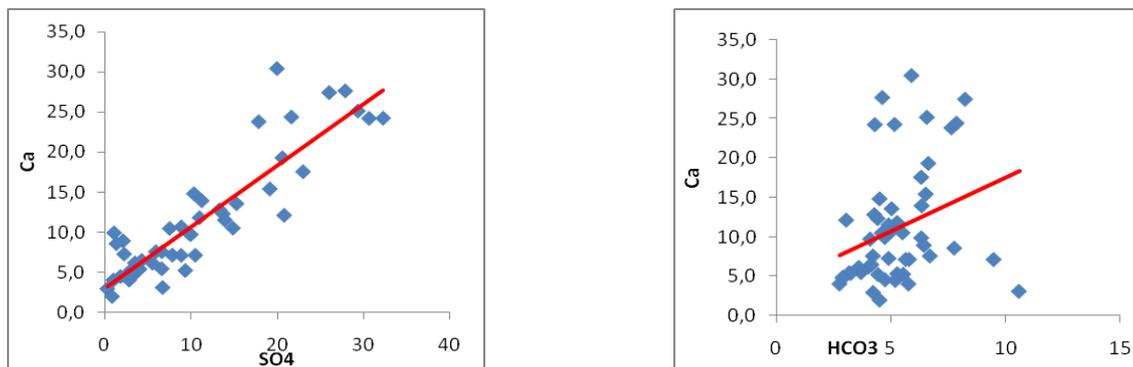


Figure 9 : Détermination de l'origine de Ca^{2+} (Cherchali, 2015)

Les teneurs en éléments chimiques augmentent des bordures vers le centre de la plaine, dont les teneurs maximales se localisent aux alentours du seuil de Boukadir et de part et d'autres des lits majeurs des Oueds. Cela peut être expliqué par :

- Un long contact des eaux souterraines avec les formations au niveau du rétrécissement de la section de l'écoulement de la région de Boukadir qui favorisent une augmentation de la minéralisation.
- La faille de Boukadir favorise la remontée des eaux riches en éléments chimiques issues de la dissolution des formations gypseuses du Messiniennes mise en contact avec des formations plio-quaternaires.
- Les affleurements des terrasses alluviales du Quaternaire récent représentés par des formations limoneuses issues des vases asséchées probablement riches en évaporites.
- Au nord de la plaine, les forages captent les formations salifères du Messinien (gypse et argiles gypseuses).

- Une alimentation de la nappe du complexe plio-quaternaire par celle des calcaires à Lithothamnium dont les eaux sont particulièrement moins minéralisées, cela est observé sur la bordure sud de la plaine jalonnée par l’affleurement des calcaires à Lithothamniées du Miocène dont les couches plongent sous le remplissage quaternaire de la plaine.

Par ailleurs, l’élément nitrates apparaît souvent dans certains endroits de la nappe avec des teneurs qui dépassent largement les normes de potabilité (50mg /l) et atteignent même des valeurs extrêmes.

7 SYNTHÈSE GÉOLOGIQUE DE LA PLAINE

1.9 Cadre géologique générale

L’Algérie fait partie de l’ensemble Nord-Ouest africain. Si l’on examine un schéma structural de cette zone, deux domaines principaux sont mis en évidence (Figure N°12):

- Un domaine méridional, le Sahara, où affleurent les socles précambriens du Hoggar et des Eglab, et leur couverture, la plate-forme saharienne.
- Un domaine septentrional, la zone atlasique, comportant :
 - Un Atlas saharien au Sud, forme une longue suite de reliefs orientés NE-SO s’étendant de la frontière marocaine à celle de la Tunisie.
 - Au Nord, l’Atlas tellien (ou le Tell), constitué de reliefs escarpés et de plaines littorales.
 - Entre les deux Atlas s’étendent les hautes plaines qui se terminent à l’est par la chaîne du Hodna et se continuent à l’Ouest par la Meseta oranaise.

Notre secteur d’étude correspondant à la plaine du Cheliff appartient au domaine de l’Algérie septentrional dans l’Atlas Tellien.

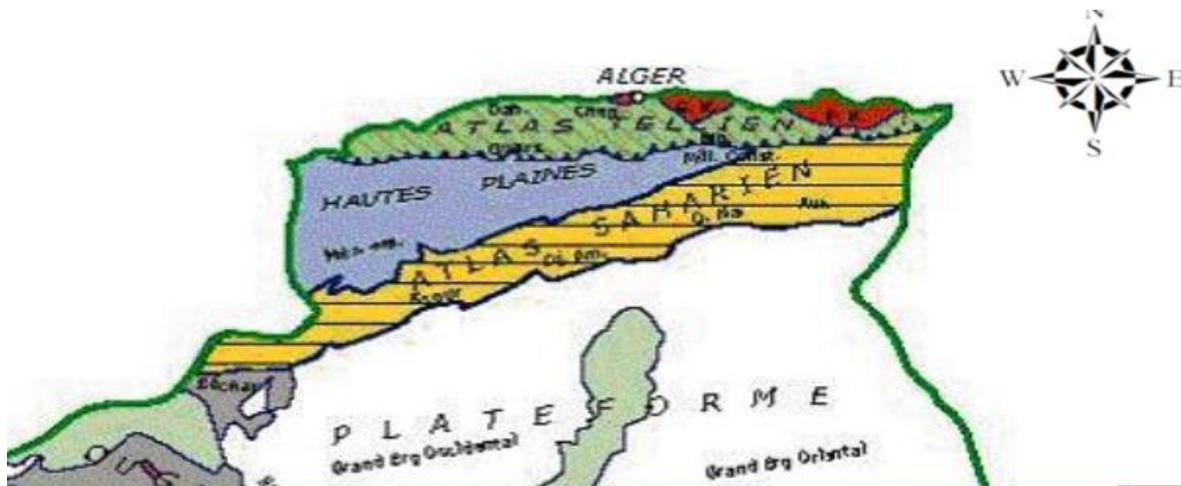


Figure 10 : Carte schématique montrant les grands domaines géologiques de l’Algérie.

Du point de vue structural, ce bassin forme un sillon complexe plus ou moins continu s’allongeant suivant une direction générale WSW-ENE, entre les massifs secondaires plissés qui peuvent être assimilés en première approximation à des aires anticlinales majeures. Les ensembles lithologiques rencontrés dans la plaine sont (Figure 12 et 13) :

- ▶ Les terrains néogènes et quaternaires dans la zone centrale du bassin ;
- ▶ Le substratum, essentiellement secondaire sur les bordures du bassin représenté par :

▶ Les monts de l'Ouarsenis au Sud, du Dahra au Nord et par les massifs épimétamorphiques à schistosités du Doui, Rouina et Temoulga à l'Est (F.ACHOUR, 1997) (figure N°14).

▶ Les terrains allochtones (figure N°13) mis en place lors des différentes phases tectoniques alpines (Eocène moyen, Miocène inférieur).

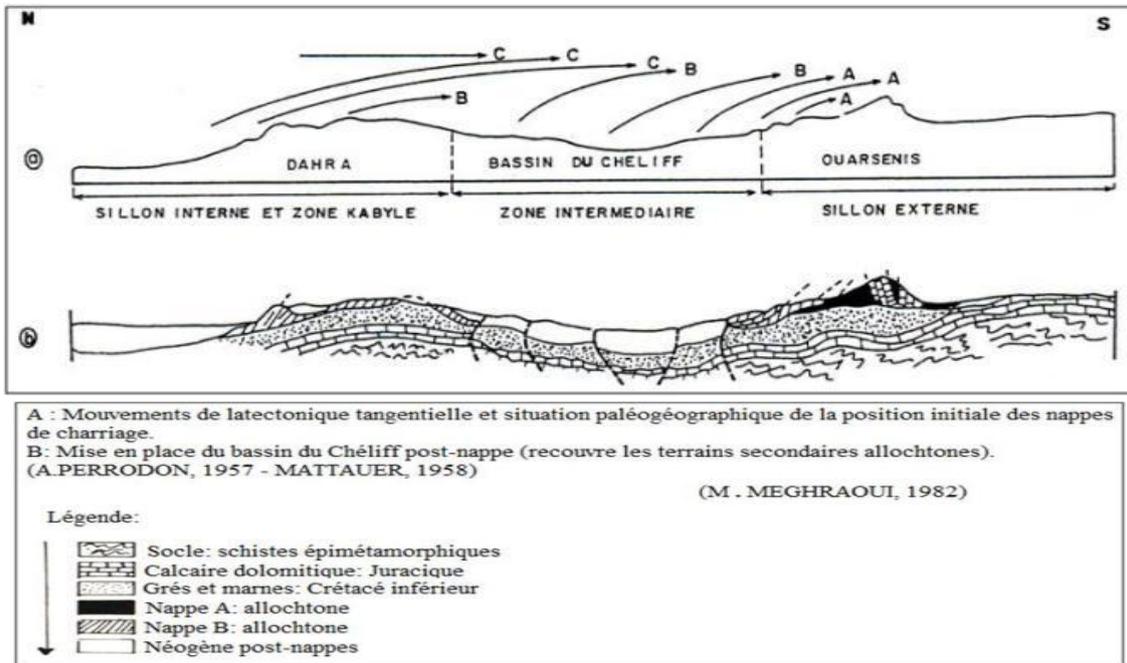


Figure 11: Structure du Tell « centre ouest » (F.ACHOUR, 1997).

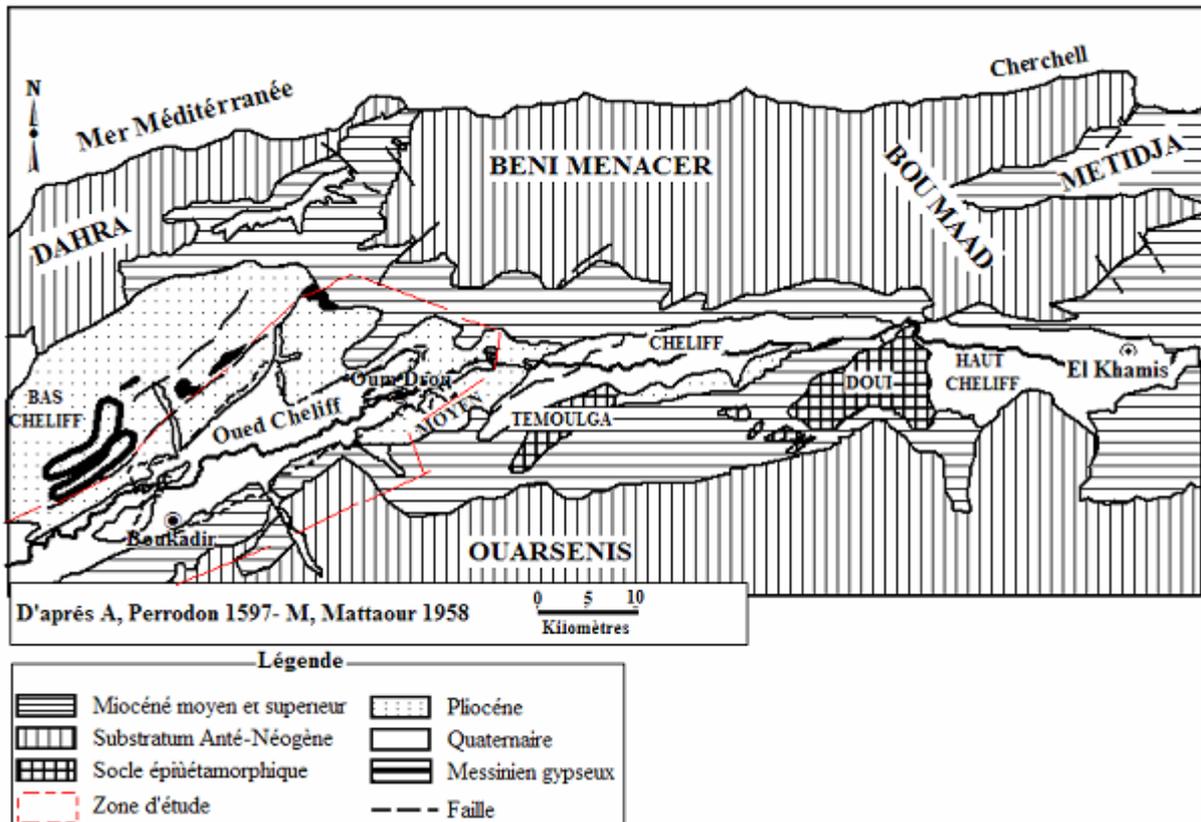


Figure 12 : cadre géologique du bassin du Cheliff (Perrodon 1967 - Mattauer 1958).

1.10 Lithostratigraphie

Du point de vue litho-stratigraphique la zone d'étude comprend 2 ensembles lithologiques :

- les formations néogènes et quaternaires.
- les formations anti-néogènes.

7.1.1 Les formations anti-néogènes

Le substratum des dépôts sédimentaires anti-néogènes (post nappes) est constitué de terrains autochtones d'âge Primaire, son substratum affleure en ilots dans le bassin du bas Cheliff, tandis que les nappes présentent sur ses bordures, et des terrains allochtones constitués d'un empilement de nappes d'âge crétacé inférieure-oligocène.

7.1.2 Les formations néogènes et quaternaires

7.1.2.1 Les terrains néogènes post nappes

Les terrains néogènes correspondent à une épaisse accumulation de dépôts Mio-plio-quaternaires issus du démantèlement des reliefs environnants et reposent en discordance sur les formations anciennes.

7.1.2.1.1 Le Miocène

Le Miocène inférieur (Burdigalien)

Il affleure largement sur la bordure nord du bassin et sur la bordure sud également sur plus de 100 km, le long du massif de l'Ouarsenis dans la vallée de l'oued Sly. Cette série miocène qui repose en discordance sur les formations éocènes et crétacées débute par des conglomérats et des poudingues qui passent vers le haut à des grès argileux noirâtres de 100 m d'épaisseur. Ces grès deviennent plus argileux en montant dans la série et passent à une série monotone d'argiles et de marnes bleues à noirâtres qui présentent 700 m d'épaisseur au niveau les bordures du bassin.

Le Miocène supérieur (Vindobonien)

Il est représenté par trois termes principaux :

- Les marnes bleues avec leur niveau généralement détritique.
- Les Tripolis et marnes à Tripolis.
- Les gypses et les marnes gypseuses.

a) Les formations de base

La série débute par des conglomérats de 1 à 2m suivie par des calcaires gréseux en bancs métriques puis par une alternance gréso-marneuse et des marnes sombres à glauconies.

Une épaisse série de marnes sombres d'environ 300 m succède aux termes de base. Elle renferme vers le haut des intercalations gréseuses à gréso-calcaires de 50m d'épaisseur. Une formation de marnes bleues termine ce premier ensemble d'épaisseur variable.

b) Les formations médianes

Aux marnes bleues font suite des marnes blanches bien litées alternant avec des bancs à Tripolis, l'épaisseur de cet ensemble est de 175m. Ces marnes à Tripolis occupent des surfaces d'affleurement importantes au nord de la plaine dans le Dahra mais disparaissent à l'Est au-delà du seuil d'Oum-Drouh.

c) Les formations terminales

Le miocène se termine par une formation gypsifère qui débute par des bancs massifs de gypse surmontés de marnes gypseuses à intercalations marno-calcaires et gréseuses. L'épaisseur visible de cette formation est de 350m dont 125m pour les gypses massifs. Les marnes gypseuses et les gypses massifs affleurent principalement au nord du synclinal d'Ouled-Farès. Cette formation est très importante car responsable à l'origine de la salure de certaines eaux de ruissellement et par conséquent de la salure des aquifères.

7.1.2.1.2 Le Pliocène

Le Pliocène représente un cycle sédimentaire complet débutant par une transgression sur les séries gypseuses de la fin du Miocène pour se terminer par la régression astienne.

Le pliocène inférieur (Pliocène marin)

a)-Le Plaisancien

Représenté par une série de marnes bleues. Elles sont souvent plus claires, grisâtres et même blanchâtres, car elles sont plus carbonatées et parfois sableuses. Elles sont également plus fossilifères, spécialement à leur partie supérieure. La série marneuse débute, le plus souvent, par des niveaux détritiques de grès ou de sables parfois conglomératiques.

Le Plaisancien passe progressivement dans sa partie supérieure à des marnes sableuses et à des sables argileux formant tous les termes de passage aux grès astiens. L'épaisseur de cet ensemble varie de 0 à plus de 700 m des bordures aux zones axiales du bassin.

b)-L'Astien

Représenté par une série marine finement sableuse ou gréseuse, de couleur jaune fauve, les grès sont souvent pulvérulents à ciment calcaire et peuvent localement passer à des calcaires gréseux. Il présente fréquemment des stratifications entrecroisées et des figures de courants avec des grains formés essentiellement de quartz. L'épaisseur moyenne de cet ensemble est d'une centaine de mètre et s'amincit régulièrement sur les bordures du bassin présentant localement des lentilles de marnes.

c)-Le Pliocène supérieur continental

Le Pliocène continental est formé de sables roux et grès à Hélix souvent d'origine dunaire. Ces derniers succèdent avec une certaine continuité de sédimentation aux grès marins astiens, débutant après quelques alternances de niveaux marins et continentaux, par des dépôts fluviatiles et lacustres renfermant des lentilles irrégulières de sables grossiers et de graviers. Il affleure largement sur toute la bordure Sud-Est (SE) du Dahra. Au Sud du Chélif, et sur la bordure de L'Ouarsenis, le Pliocène disparaît complètement. A ce niveau le Quaternaire vient recouvrir directement les calcaires gréseux du Miocène.

7.1.2.1.3 Le villafranchien

Le Villafranchien est une formation synorogénique qui s'est accumulée pendant l'une des plus importantes phases de plissement de ces bassins. Il en résulte une série de discordances locales. Les différentes de facies permettent de distinguer deux ensembles :

Villafranchien 1 : Lacustre et continental, il débute par des niveaux de base formés de calcaires, de limons gréseux qui passent à des sables roux, des sables argileux et des argiles grises à blanches de sommet.

Villafranchien 2 : Représenté par un complexe hétérogène rouge formé d'argiles, de limons, d'argiles sableuses, de grès et de conglomérats grossiers, de poudingues et de sables grossiers à concrétions calcaires et de lentilles de poudingues. Cette formation s'étend sur toute la rive droite de l'oued Chélif et réapparaît au Sud de la plaine en formant les reliefs d'El Kherba situés au Nord-Ouest (NW) de la localité de Boukadir.

7.1.2.2 Les terrains quaternaires

Les terrains quaternaires sont plus détritiques avec des variations latérales de facies plus fréquentes par apport aux terrains néogènes qu'ils recouvrent.

Les dépôts du quaternaire ancien affleurent dans les Medjadja avec une épaisseur qui varie entre 100 et 200m et se subdivise en quatre ensembles différents, le bas en haut :

- Un ensemble conglomératique épais.
- Un autre ensemble conglomératique, dont la limite entre les bancs est soulignée par des niveaux à ciment calcaires.
- Un ensemble sablo-conglomératique.
- Des conglomérats à ciment rouge représentant des cônes de déjection.

Le Quaternaire récent :

Il correspond à des alluvions dont le caractère essentiel est la prédominance des limons qui correspond à d'anciennes vases asséchées qui recouvre le centre de la plaine.

- Les limons bruns à rougeâtres : succèdent en discordance aux conglomérats du quaternaire ancien.
- Les limons gris : dépôt très fins qui forment les terrasses alluviales ou ils atteignent 5 à 10m d'épaisseur.
- Les alluvions actuelles : forment surtout le lit majeur de l'oued Cheliff et de ses affluents, ils sont formés de galets et de cailloux bien arrondis.

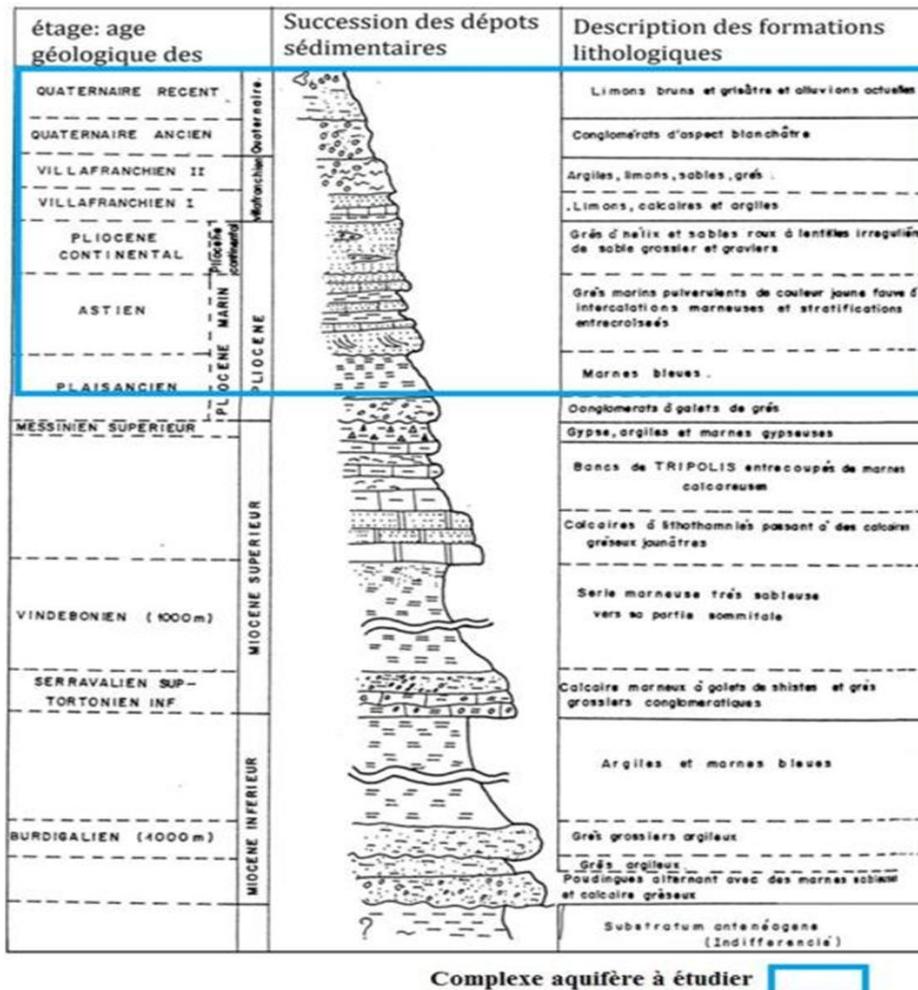


Figure 15 : stratigraphie synthétique de la région d'étude. $e = 1/10.000$ (F. ACHOUR, 1997).

1.11 Structure du bassin

7.1.3 Tectonique souple

La zone qui fait l'objet de cette étude se trouve dans la vallée du Chélif qui correspond à un bassin d'effondrement ; c'est un large synclinal complexe et subsides dont l'axe principal longe la bordure Nord de la plaine au Nord d'El Kherba (F. ACHOUR, 1997).

Au Miocène supérieur, une phase transgressive provoque le dépôt d'une épaisse série de marnes qui se continuent jusqu'au Miocène terminal. Cet événement a pour effet de combler les bassins préexistants, et en même temps que le comblement se faisait, des mouvements tectoniques compressifs apparaissent et se matérialisent par la formation des structures plissées suivant la direction E-W à ESE-WNW.

Pendant le Pliocène, un événement compressif se produit, les déformations qui l'accompagnent s'expriment nettement constituant des structures plissées qui tendent à réduire le bassin à un couloir étroit allongé E-W. une importante phase se manifeste à la fin de cette période et met en place des plis de direction E.N.E-W.S.W.

Au Pliocène supérieur, un épisode compressif déforme les niveaux continentaux du Pliocène supérieur suivant des plis de direction E-W.

Au Quaternaire, des plis se mettent en place de direction N.E-S. W à E.N.E-W.S.W.

Cette direction correspond à une phase compressive de direction N.N.W-S.S.E.

7.1.4 Tectonique cassante

Deux failles assez importantes sont à signaler dans notre zone d'étude :

7.1.4.1 Le pli-faille de Boukadir

Cette structure anticlinale a une direction N.50° E et située à 40 Km du pli-faille de Chleff. Elle est transverse à la direction générale du bassin du bas Chélif qui a une direction N.70° E - N.80° E. Cette faille inverse (faille compressive) sépare la vallée du Chélif de la vallée de Relizane et semble se subdiviser en trois segments et montre l'activité récente qui affecte les dépôts du Quaternaire (figure N°16).

7.1.4.2 La faille de Relizane

La limite Sud du bassin (qui représente la limite Sud des dépôts plio-quaternaires) est bien marquée par un contact tectonique linéaire entre les dépôts du Quaternaire et les calcaires à lithothamnium du Miocène. Ce contact tectonique est la faille de Relizane qui a une direction N.70° E et parcourt une distance d'environ 150 Km en passant par la ville de Chleff et Relizane (figure N°16).

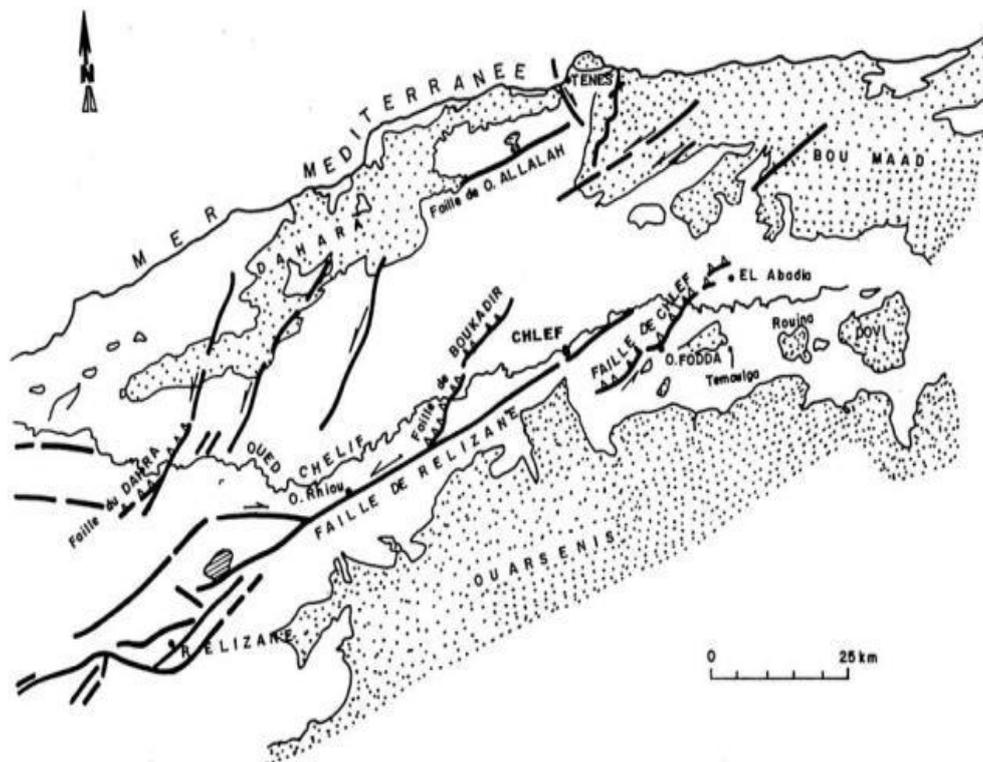


Figure 16 : Situation des failles principales dans le bassin du bas Chélif, d'après M.MEGHRAOUI et al, (1986).

8 INTERET HYDROGÉOLOGIQUE

1.12 Distinction des formations aquifères

A l'issue de cette étude géologique il convient de distinguer dans la région de la plaine du bas Cheliff quatre aquifères potentiels distincts :

8.1.1 Aquifère des calcaires à lithothamnium du Miocène

Les calcaires du Miocène affleurent le long de la limite sud de la vallée entre Hmadena et Chlef ville avec un pendage peu accusé NNO. Les descriptions lithologiques ont montré l'existence de zones de fracture productives entre 37 et 60 m de profondeur.

La structure des calcaires a été mise en évidence par les forages et par la campagne de géophysique réalisée en 1966 et 1972 (figure N°17).

La partie captive de la nappe des calcaires est encadrée par les marnes du Miocène supérieur et ceux du Pliocène.

La structure d'ensemble (inclinaison vers le Nord) suggère que l'écoulement général des eaux souterraines s'effectue selon cette orientation. Ainsi comme l'indique la figure suivante, l'écoulement de la nappe s'effectue du sud- Est vers le Nord –Ouest.

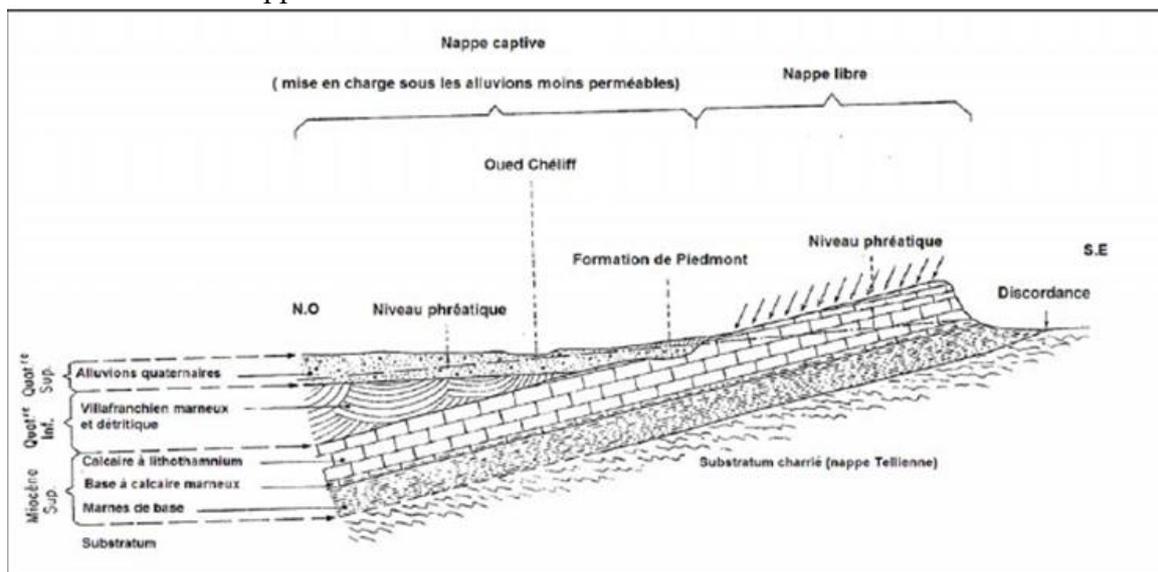


Figure 17 : Schéma structural du calcaire à lithothamnium de l'oued Sly à oued Taflout sismique d'oued Sly, 1966).

8.1.2 Aquifère du Pliocène marin

Composée d'une suite d'argile et de marnes, avec des couches minces de grès, le Pliocène marin affleure au nord de la vallée du Cheliff, mais il n'a pas été identifié dans la vallée.

Des forages peu profonds traversent les couches de grès du Pliocène marin sur la partie nord de la vallée (Ouarizane n°2 à 55m). Les grès sont généralement à granulométrie fine à moyenne, et peuvent être classés comme étant à profil argileux ou calcareux à tendances gréseuses pour les deux.

L'aquifère se situe à une profondeur minimum de 100 mètres au centre de la plaine de Mouafkia où elle atteint son épaisseur maximum (200 à 320 mètres). Elle s'amincit vers les bordures et disparaît complètement au sud des montagnes rouges.

8.1.3 Aquifère des grès à Hélix du Pliocène supérieure continental

Cet aquifère est représenté par des sables roux et grès à mollusque d'eau douce avec des passages conglomératiques d'origine alluvionnaire et affleure sur les bordures de la rive droite de la vallée du Cheliff et au Nord de la ville de Chleff dans la montagne rouge.

L'épaisseur de l'aquifère varie de 25m dans la partie orientale de la plaine à 75m vers le centre de celle-ci avec une valeur moyenne de perméabilité de 9.10^{-5} m/s (F. Achour).

8.1.4 Aquifère du Quaternaire-Pliocène continentale

Constitué de sédiments détritiques d'âge Sub-Pliocène à Quaternaire, cet aquifère forme le remblai de la vallée. Ces sédiments incluent des argiles et des marnes épaisses avec des lits de sables, de graviers et de conglomérats. Les descriptions lithologiques des forages indiquent que plus de 20% des matériaux traversés sont décrits comme étant des sables, des graviers ou des grès (Achour, 1985).

L'examen des coupes lithologiques montre également (Achour, 1985):

-Qu'au-dessous de la zone des sols, on trouve une importante épaisseur de matériaux argileux (souvent décrits comme argile plastique ou compacte, argile limoneuse ou sableuse). Les épaisseurs moyennes et maximums enregistrées sont de 23m et 50m. Ce profil argileux épais se trouve dans une grande partie de la zone centrale de la vallée.

-Une couche mince de sable fin de 1 à 3m d'épaisseur se trouve parfois à l'intérieur de la partie supérieure de ces sédiments argileux généralement entre 5 et 15m de profondeur. Elle est invariablement rapportée comme contenant des eaux salées, la répartition de cette couche est irrégulière et semble être horizontalement discontinue.

L'intervalle allant de la surface du sol à 50m de profondeur contient peu de matériaux perméables (seule 12% de l'épaisseur peut être productive). En revanche, l'intervalle allant de 50 à 100m contient en moyenne 60% de sables et de graviers.

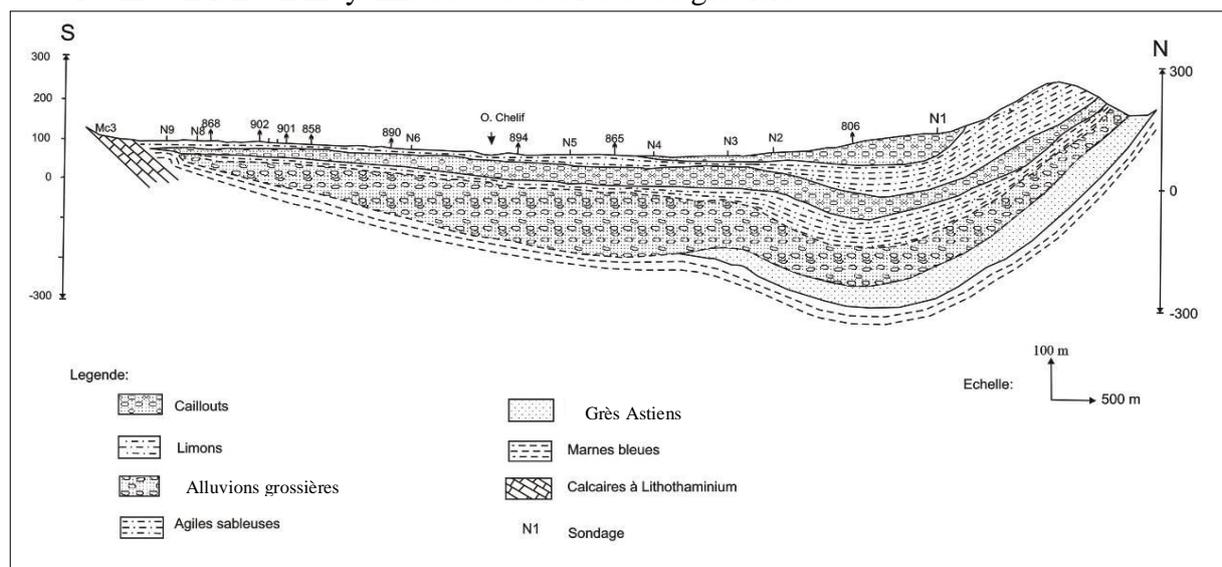


Figure 18 : Coupe hydrogéologique schématique de la plaine de Cheliff (d'après Scrambach, 1966)

1.13 Piézométrie et relation entre les aquifères

A partir des études piézométriques antérieures de la plaine, on peut constater que les écoulements souterrains de la nappe alluviale du bas Cheliff s'effectuent des bordures vers l'axe central de la vallée puis prennent une direction E-W à SE-NW parallèlement à l'axe principal de l'oued Cheliff. Ces écoulements sont conditionnés par la structure géologique du bassin et par les variations de faciès. En plus d'une alimentation directe par les eaux de pluie, il existe une alimentation indirecte de la nappe par la bordure Sud (à partir des calcaires à Lithothamnium) qui est plus importante que celle provenant de la bordure Nord et Nord Est à partir des aquifère des grès du Pliocène (figure N°19).

Les informations piézométriques et celle obtenues à partir des forages indiquent que :

La comparaison entre les niveaux piézométriques de la nappe phréatique et ceux de l'aquifère profond (confiné par des argiles d'une épaisseur supérieure à 20m) confirment une augmentation de la charge piézométrique en fonction de la profondeur indiquant un écoulement vertical (ou une drainance vers le haut) dans le système (F Achour, 2005).

L'observation des cartes piézométrique réalisées par les études antérieures permet de constater qu'il y a deux zones d'alimentation de la plaine étudiée (conformément à la disposition des isopièzes) :

- Au Nord de la plaine, il y a une alimentation provenant du flanc Sud du synclinal des Oued Djilali.
- Au Sud de la plaine, une importante alimentation en eaux souterraines par les calcaires à lithothamnium de la bordure Nord de l'Ouarsenis.

8.1.5 Apport de la Géophysique

Pour tenter de préciser la structure de ces différents ensembles (épaisseurs, extension et relations entre eux), nous avons exploités les résultats l'étude géophysique effectuée dans la région. Cette étude a été effectuée dans la plaine du Chélif par la Compagnie Générale de Géophysique (C.G.G) en 1972 et a comporté 237 sondages électriques en longueur de lignes variables.

Le rapport de la géophysique contient plusieurs résultats illustrés par des cartes et des coupes géo électriques. Pour les besoins de cette étude, nous présenterons dans ce qui suit les résultats suivants :

8.1.5.1 Les coupes géo électriques

Des coupes géo-électriques ont été établies suivant des profils Nord-Sud dans la région d'étude (figure N°20 et N°21). Leur observation permet de constater ce qui suit :

- Dans les terrains de remplissage, les éléments résistants (plus grossiers) sont plus importants par rapport aux limons qui ne dépassent pas une dizaine des mètres.
- Une structure générale de la plaine se présentant en double synclinale. Le synclinal du Nord est plus accentué que celui du Sud, engendrant le passage, dans certaines zones, à une série monoclinale à faible pendage orienté vers le Nord.
- Les calcaires à Lithothamnium du Miocène supérieur plongent vers le Nord avec un faible pendage suivant une direction W-E (limite Sud du bas du Chélif).
- Les alluvions grossières villafranchiennes et les grès astiens présentent un maximum d'épaisseur dans le synclinal du Nord (atteignant localement 200 à 300 m).
- L'étude géophysique par ses outils et ses représentations a mis en évidence les niveaux résistants susceptibles d'être aquifères suivants :
 - Alluvions grossiers du Quaternaire (20 à 100 m).
 - Niveaux sableux et cailloutis du Villafranchien (100 à 200 m).
 - Grés marins de l'Astien (50 à 100 m).
 - Calcaires à lithothamnium du Miocène supérieur (55 à 260 m).

8.1.5.1.1 Les coupes G et H :

Ces coupes (figure N°20) montrent que les éléments résistants (plus grossiers) prennent de l'importance par rapport aux limons qui ne dépassent pas une dizaine des mètres. Le niveau résistant profond, dont une partie est représenté par les grés astiens (son extension sud n'est pas déterminée) s'avance près de la bordure sud-est, des calcaires à lithothamnium.

Dans la zone de l'oued Sly, l'épaisseur des calcaires ou plus exactement du faciès calcaire de la série miocène est généralement de l'ordre de 100 à 150 m pour une résistivité de 60 à 80 ohm.m. Au Nord, on observe l'envahissement marneux de la série ; les résistivités s'ensemble diminuer ainsi que l'épaisseur des calcaires. Du point de vue tectonique et à part quelques approfondissements assez réguliers, il semble qu'il n'y ait pas d'accident notable affectant la série miocène sur la superficie étudiée. Par contre, il n'est pas impossible qu'il existe des accidents perpendiculaires à la vallée du Cheliff.

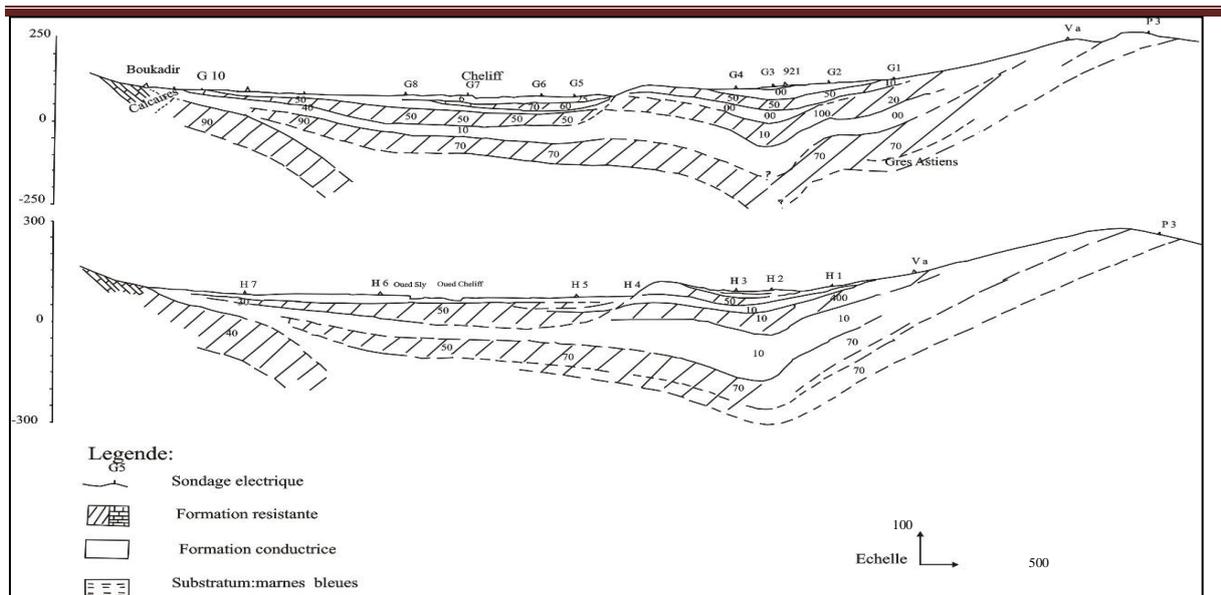


Figure 20 : les coupes géo-électriques G et H (CGG, 1972).

8.1.5.1.2 LES COUPES L ET O

Sur les coupes L et O (figure N°21), les formations résistantes du Villafranchien sont à leur maximum de résistance total. Dans le synclinal nord, elles peuvent atteindre 300 mètres d'épaisseur avec des résistivités de l'ordre de 80 à 100ohm.m.

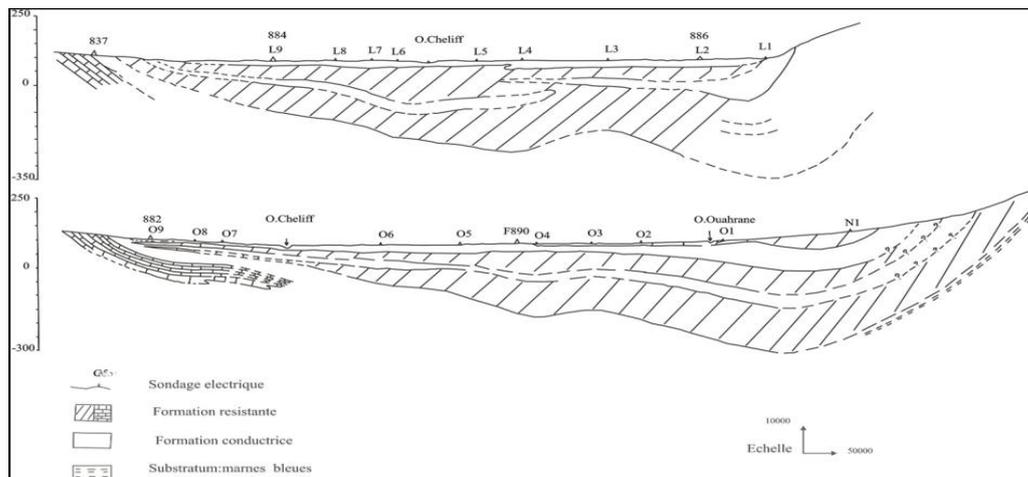


Figure 21 : les coupes géo-électriques L et O (CGG, 1972).

Pour le bas Cheliff Occidental, les calcaires n'apparaissent qu'à l'est de Djidiouia et ne peuvent être suivi que sur les 2 ou 3 S.E au sud de chaque profil. Leur épaisseur qui n'a pu être évalué qu'au niveau des profils ay, Iy et My, décrois vers l'aval et passe de 250 à 100m. Les formations du Quaternaires et du Pliocène continental, les affluents de Valanginien sont représentés au centre, et à l'est le long de sa bordure nord. On distingue aussi des formations de remplissage alluvial au-dessus de substratum. En aval de l'oued Djidiouia, le remplissage alluviale au sud des profils (Ny,Oy,Sy) correspond aux formations recoupées par le forage Guerouaou.

8.1.5.2 La carte en isopaches de la série Plio-Quaternaire

La carte ci-dessous (Figure N°22) montre que les épaisseurs de la série Plio-Quaternaire croissent globalement du sud vers le Nord (de 10 à 450m). Dans la région de Chleff, l'épaisseur de la série Plio-Quaternaire est inférieure à 100 m ; ceci est dû au fait que les calcaires à Lithothamnium affleurent au sud avec un faible pendage. La structure en synclinorium du bassin avec un maximum d'épaisseur de 500 m est mise en relief dans la région en allant du Sud vers le Nord et au Nord-Est de Boukadir.

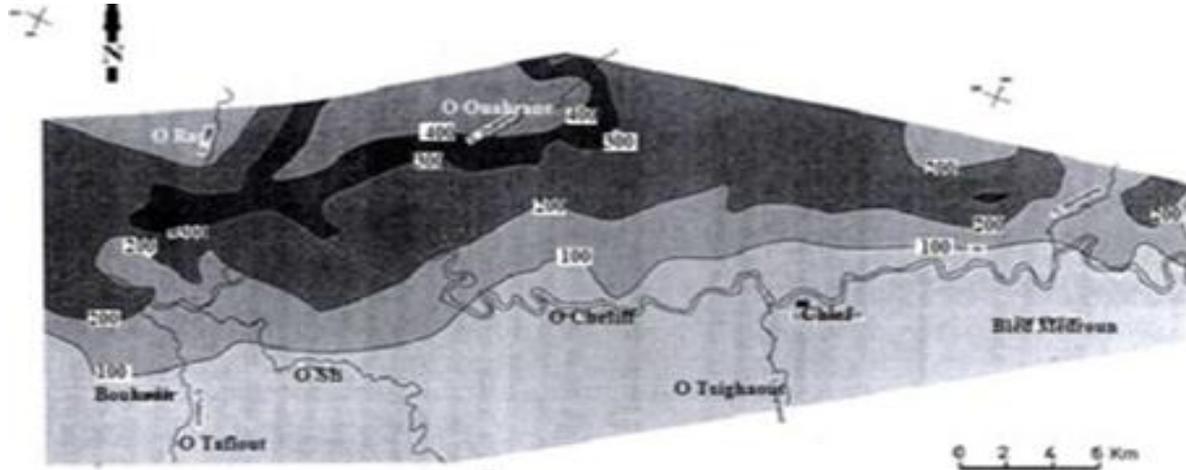


Figure 22 : Carte en isopaches des formations Plio-Quaternaires (CGG, 1969).

8.1.6 Apport des coupes des forages

Les coupes lithologiques établies par Schramback (figure N°24) sur la base des logs de forages et puits permettent de montrer l'importance du remplissage quaternaire et pliocène de la plaine alluviale du bas Cheliff et notamment les variations des faciès lithologiques d'une région à l'autre.

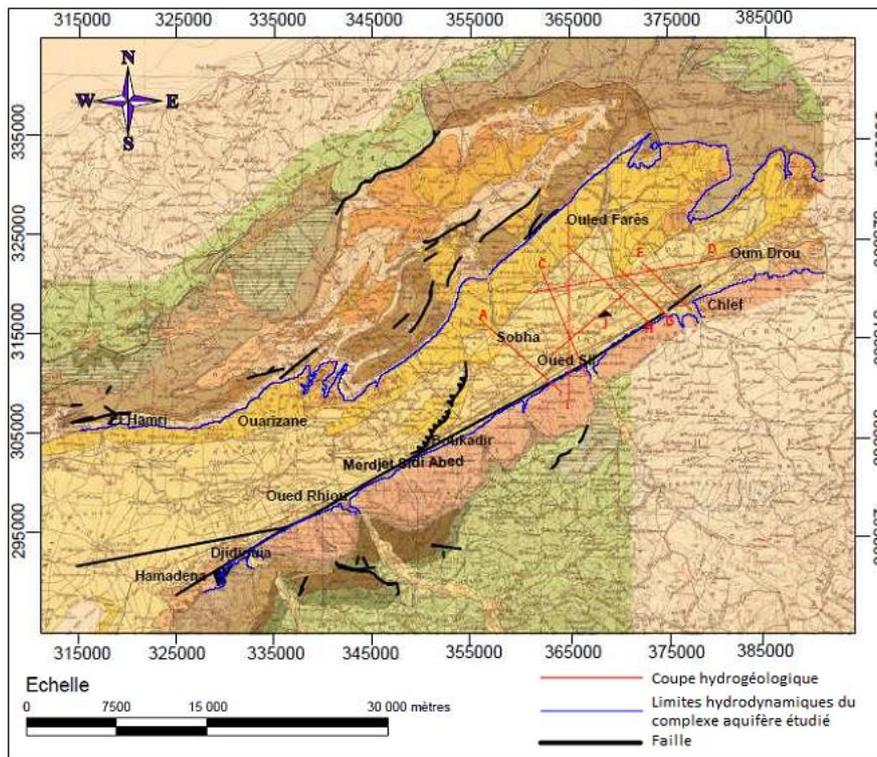
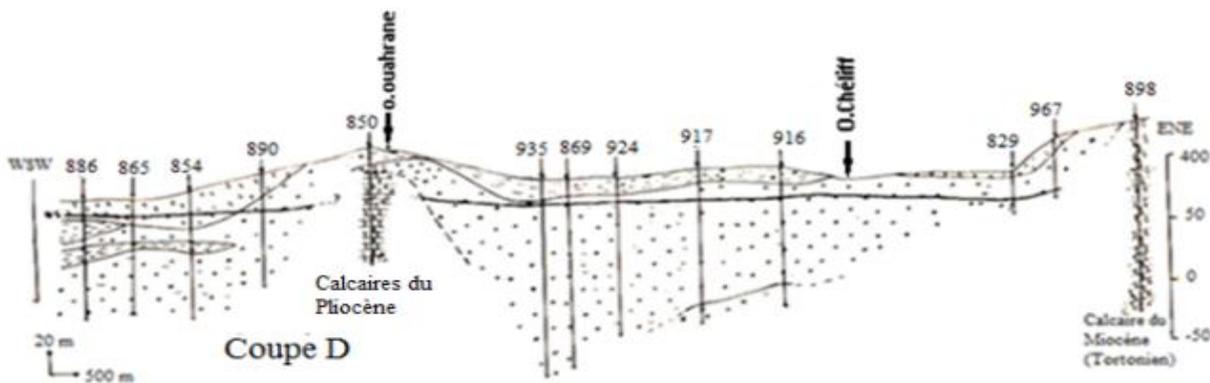
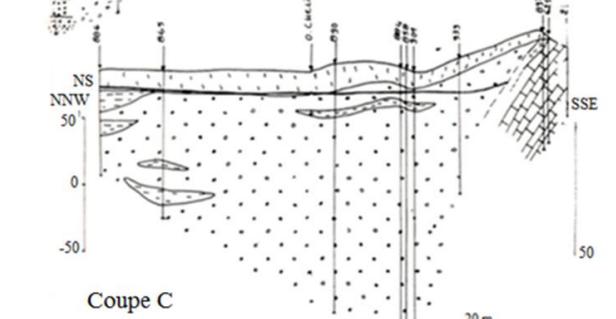
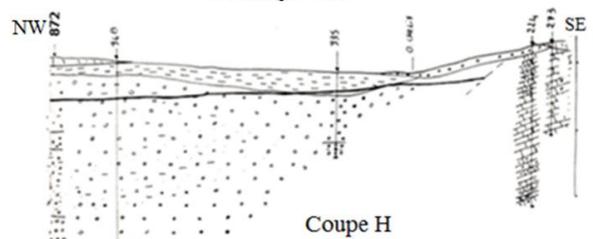
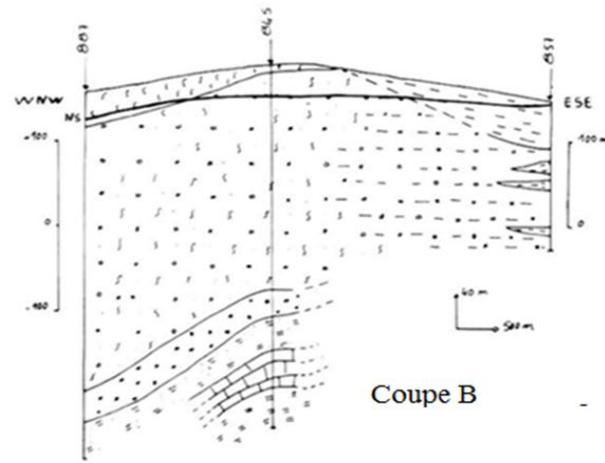
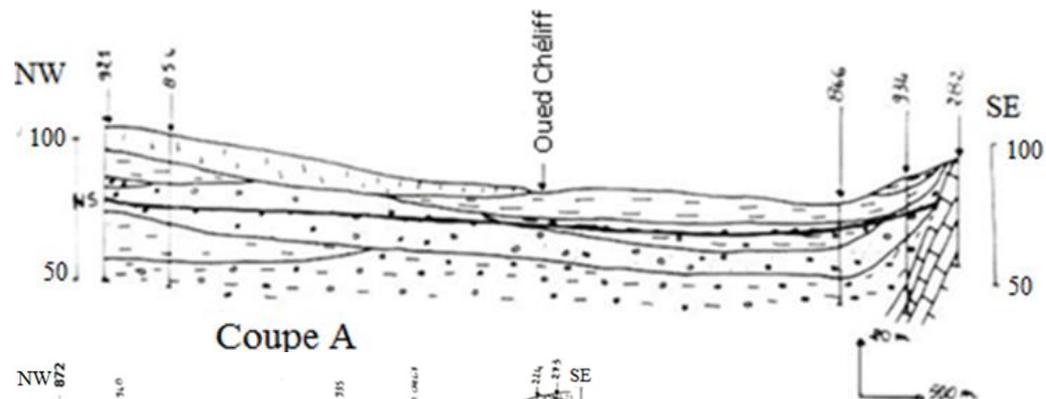


Figure 23 : Carte de positionnement des coupes hydrogéologiques



- | | | | |
|--|--|--|----------------------------|
| | | | Niveau statique; Mars 1989 |
| | | | |
| | | | Début du forage |
| | | | Fin du forage |

- | | | | |
|--|--|--|----------------------------|
| | | | Niveau statique; Mars 1989 |
| | | | |
| | | | Début du forage |
| | | | Fin du forage |

- | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
- Niveau statique, Mars 1989
- Début du forage
- Fin du forage

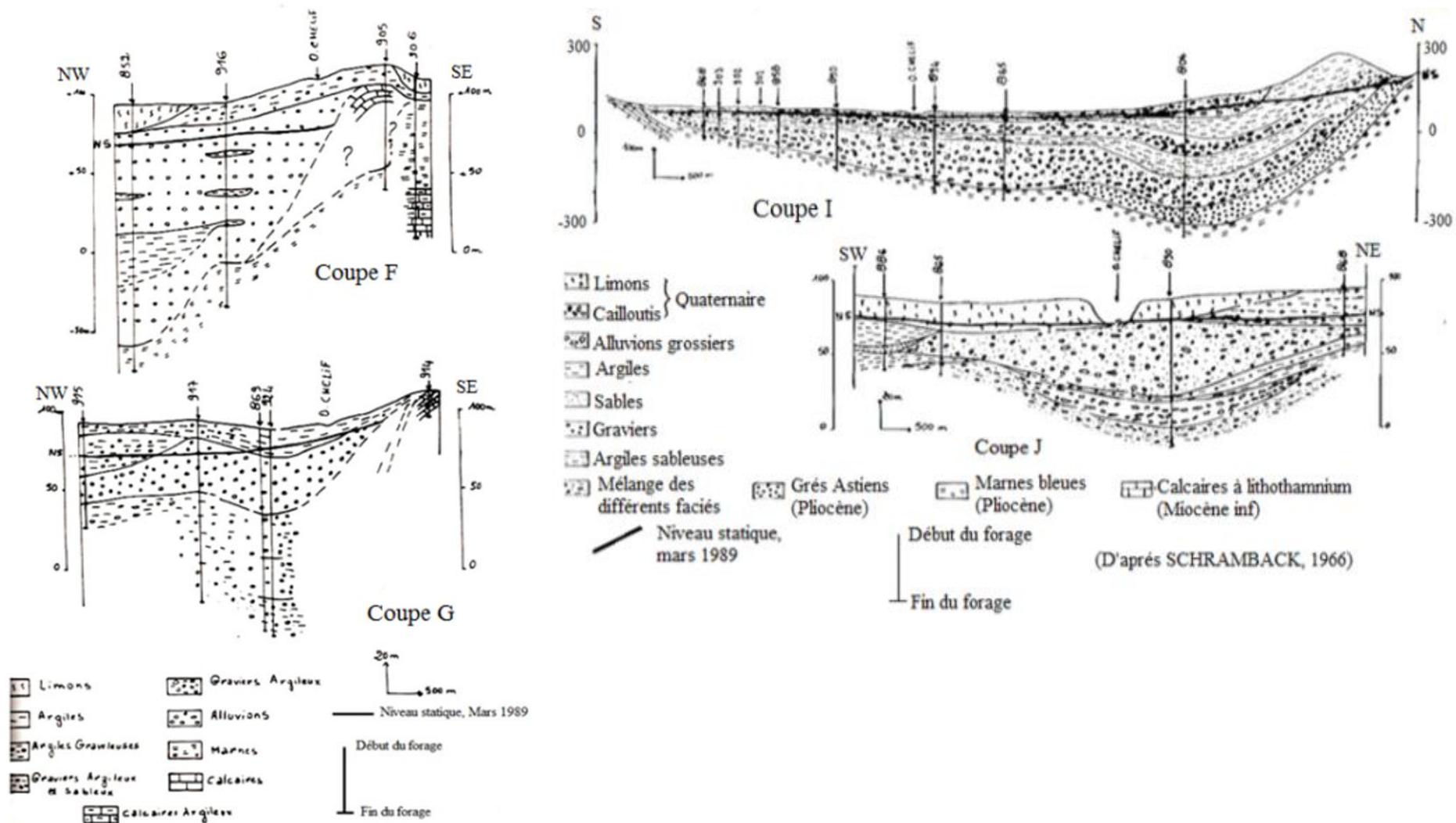


Figure 24 : Coupes hydrogéologiques schématiques (Schramback, 1966)

9 CONCLUSION

La zone d'étude est une plaine circonscrite entre deux massifs : le Dahra et l'Ouarsenis ; elle est caractérisée par son climat semi-aride avec des températures moyennes très basses en hiver et très élevées en été, ainsi qu'une humidité relative basse ou modérée tout au long de l'année. La qualité des eaux souterraines dépend principalement de la lithologie des couches traversées et du temps de séjour des eaux dans le sous-sol. Les concentrations des différents éléments naturels varient en fonction de l'interaction eau/roche.

La plaine du bas Cheliff abrite deux principaux systèmes aquifères, l'aquifère du Miocène représenté par des calcaires à Lithothamnium (Miocène supérieure) et des calcaires gréseux (Miocène moyen et inférieur) et l'aquifère du Plio-Quaternaire représenté par des lentilles détritiques grossières (Quaternaire), des grés marins (Astien) et des grés à Hélix (Pliocène continentale).

Les écoulements souterrains de la nappe alluviale s'effectuent des bordures (essentiellement sud) vers l'axe central de la vallée puis prennent une direction E-W à SE-NW parallèlement à l'axe principale de l'oued Cheliff. Il existe une forte alimentation par la bordure Sud (à partir des calcaires à lithothamnium) et une faible alimentation par la bordure Nord et Nord Est (à partir des grés du Pliocène) mise à part l'évidente alimentation par les eaux de pluies.

1 PROBLEMATIQUE ET DÉMARCHE ADOPTÉE

1.1 Introduction

La connaissance du champ de transmissivité est importante que ce soit pour les études hydrogéologiques que pour l'exploitation et la gestion des nappes d'eau souterraines. En effet, ce paramètre hydrodynamique est indispensable dans les études de simulation où il fournit des valeurs de paramètres d'entrée pour la modélisation hydrogéologique par exemple, il permet de cibler les zones de recharge et de décharge, de déterminer les directions principales d'écoulement et les zones potentiellement vulnérables, ainsi que les zones potentielles favorables à l'implantation de forages d'exploitation.

Dans le souci de qualifier la productivité d'un aquifère et sa capacité à laisser circuler l'eau dans toute son épaisseur, le paramètre de transmissivité estimé par les hydrogéologues, pour un aquifère donné, constitue une connaissance essentielle à l'hydrogéologie d'un aquifère. La mesure de la transmissivité est faite à partir de l'interprétation des résultats des essais de pompage de longue durée. Cependant, il y a souvent peu d'essais de pompage de longue durée disponibles en raison des surcoûts prohibitifs que nécessite l'opération d'essai. La densité de données est donc souvent faible et les interpolations pour l'estimation du champ de ce paramètre à l'échelle d'une région sont alors peu réalistes, d'où l'intérêt de recourir à des estimations indirectes, avec des moyens plus économiques que les essais de pompage.

En effet, le besoin de recourir à des estimations indirectes des propriétés hydrodynamiques des réservoirs, moins coûteuses que les essais hydraulique in situ, à l'aide notamment des données du débit spécifique, est assez largement partagé dans la littérature (TROISI et al, 2000).

Le débit spécifique est l'un des paramètres hydrauliques, dont la mesure est facile sur un ouvrage. De ce fait, ces valeurs sont généralement plus abondantes dans les archives hydrogéologiques que les valeurs de transmissivité. C'est pourquoi, des méthodes simples et moins chères sont souvent préférées pour déterminer ce paramètre.

L'objectif principal de ce travail est de réaliser d'une cartographie du champ de transmissivité de la région du bas Cheliff. Les valeurs de ce paramètre seront calculées au moyen d'une méthode itérative permettant de résoudre l'équation de THEIS-JACOB à partir des données des essais de pompage. Le second objectif consiste à rechercher une relation entre ces valeurs de transmissivité obtenues et les débits spécifiques qui contrôlent cette valeur, à savoir la nature géologique du réservoir, sa structure et son épaisseur interceptée par le puits, afin d'étoffer la base de donnée hydrodynamique qui sera utilisée dans la cartographie spatiale.

Pour ce faire, nous avons adopté la démarche suivante :

- La collecte des données des essais de pompage et des points d'eau réalisés avec les mesures du niveau dynamique et les débits d'exploitation,
- La saisie et la validation des données.
- L'interprétation qui comprend les étapes suivantes :
 - ✓ Établissement des graphes de descente et de remontée des données des essais .
 - ✓ Détermination des paramètres hydrodynamiques par la méthode logarithmique de Theis-Jacob

1.2 Acquisitions des données

Les données sur les essais de pompage et l'inventaire des points d'eau comprenant notamment les coordonnées géographiques de leur situation, la profondeur de l'ouvrage, le débit d'exploitation, le niveau statique et le niveau dynamique ainsi que la lithologie de l'aquifère capté.

Pour ce faire, et étant donnée que le territoire de la zone d'étude s'étend sur deux wilaya (Chleff et Relizane), plusieurs sorties au niveau des directions des ressources en eau des deux Wilaya, de l'agence des bassins versants Cheliff-Zahrez et de l'ANRH ont été effectués.

1.2.1 Les données brutes des essais de pompages

Les données des essais de pompage se présentaient dans la plupart des cas comme des fiches de données de carnet de chantier. Nous avons alors repris ces données pour les saisir dans une base de données Excel. Ces données comprennent la date de début de l'essai, le niveau statique, les rabattements mesurés et le débit instantané de pompage.

Les forages ayant subi un essai de pompage cohérent ont été retenus pour les besoins de cette étude, soit 39 forages. Le tableau suivant (Tableau N°7) donne leur nom permettant de les identifier, alors que la carte représentée par la figure N°26 illustre leur répartition dans la plaine étudiée.

Cette carte montre, toutefois, que la répartition des points d'eau n'est pas homogène sur l'ensemble de la zone d'étude. Ces forages captent essentiellement les eaux des réservoirs du Quaternaire et du Pliocène et des calcaires à lithothamnium sur la bordure méridionale de la plaine, où ces calcaire affleurent et plongent sous les alluvions de la plaine.

La majorité des forages sont situés dans la partie NE de la plaine (sur l'axe routier Cheliff - Boukadir), qui s'étend sur presque 1200 Km² de superficie. Cela démontre la mauvaise répartition des forages pour les quels nous disposons de valeur de transmissivité calculées sur la base de l'interprétation des essais de pompage.

1.2.2 Les coupes lithologiques des forages

Les coupes lithologiques sont disponibles pour quelques forages au niveau des directions des ressources en eau et de l'ANRH. Elles sont nécessaires pour notre travail, dans la mesure où elles permettent de connaître la nature lithologique de la formation captée par le forage et de connaître l'épaisseur utile ou l'épaisseur crépinée.

S.H.C.P. EL-SIDDIKOUYI

SONDAGE F. D'EXPLOITATION / C. BOU-KADIR

Carte : 1/50 000 BOU-KADIR (EX. CHARON) N° 105

Date des travaux : Juin - juillet 1990 Long : x 360,60

Echelle de la coupe : 1/1000 Lot : y 306,75 z 110 ENV

N° Fichier Forages : 1020

N° Inventaire : E-05

Profondeurs et cotes	Tubages et Cimentation	Plans d'eau	Echant.	Coupe	DESCRIPTION GEOLOGIQUE	Etage
0	Tube Guide				0 Argile rougeâtre calcaireux	M I O C E N E
5					5 Calcaire argileuse.	
10	Forage				13 Calcaire blanche tendre.	
20	Tube plein				24 Calcaire jaunâtre	
30	12" TNR5				30 perte total	
40	Graiviers					
50	crepine a persienne					
60	12" TNR5					
70	T.P. 12"					
80	T.C. 12"					
90	T.P. 12"					
100	crepine persienne					
110	Forage 9"					
120	12 1/4"					
130						
140						
150	T.P. 8" TNR5					

pas du cuttings

Figure 25 : Exemple de coupe lithologique et d'équipement tubulaire du forage.

1.2.3 Les coordonnées de localisation des forages

Les coordonnées de localisation des forages ont été relevées soit sur la fiche d'inventaire (voir figure ci-dessus) soit sur les coupes lithologiques. Ces coordonnées souvent entachés d'erreurs ont été vérifiées par projection des points d'eau sur un fond de carte topographique. Cette projection effectuée a permis alors de choisir les forages en fonction de leur situation et d'en retenir que ceux qui sont situés dans la plaine étudiée (Plaine du bas Cheliff).

1.2.4 Données de forages avec leur débit spécifique

Pour la région de bas Cheliff, plus de 213 références de forage, utilisés pour l'AEP ou l'irrigation, sont enregistrées dans la base de données de la DRE (voir annexe 1). Afin de réaliser cette étude, les informations importantes pour chaque forage comprennent le débit, le rabattement, la stratigraphie, et le temps de pompage. La sélection des données a abouti à l'élimination des données de 113 forages, dont les données ne remplissaient pas les critères pour l'étude notamment ceux qui sont situés hors zone d'étude et ceux dont les données sont incomplètes (manque de coordonnées géographiques ou de valeur des débits de pompage).

A l'issue de ce traitement nous avons retenu 100 forages pour cette étude (voir l'annexe 1)

La carte illustrée sur la figure N°27 montre la répartition de ces points d'eau dans la région d'étude. La répartition spatiale des valeurs de Q_s est variée d'une région à une autre, la plupart des points sont situés entre Oum Drou et Boukadir, l'analyse thématique montre que les valeurs des Q_s varient de 0,2 à $80 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, alors que la majorité des valeurs sont comprises entre 0,2 et $3 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. Par contre, dans la partie SW de la région, les valeurs de débit spécifique varient entre 10 et $80 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

Ce travail nous a donc permis d'étendre la série des données de transmissivités calculées par interprétation des essais de pompage de 37 forages à 100 valeurs en incluant celles qui ont été estimés sur la base de la corrélation entre la transmissivité et le débit spécifique, soit donc :

- 39 valeurs de transmissivité mesurés par essai de pompage.
- 100 valeurs de transmissivité estimées par la relation T/Q_s .

2 INTERPRÉTATION DES ESSAIS DE POMPAGE DE LONGUE DURÉE

2.1 La descente

Les données de l'essai de longue durée sont établies sur une feuille d'un tableau dynamique qui permet la transformation des données sous forme du tableau qui comporte le temps cumulé en seconde, les rabattements et les niveaux dynamiques induits par les pompages. Ce tableau N°8 est lié à une fenêtre graphique qui génère la courbe de l'essai figure N°28 (rabattement en fonction du temps) : $\Delta=f(t)$.

Tableau 8 : Model de saisi des données de l'essai de pompage.

TEMPS EN (S)	NIVEAU DYNAMIQUE (M)	RABATTEMENT (M)
0
60
120
180
240



Figure 28: La courbe de descente $\Delta=f(\log t)$.

2.2 La remontée

Les données de la remontée sont établies sur une feuille d'un tableau dynamique qui permet la transformation des données sous forme du tableau ci-après il qui comporte le temps résiduel cumulé en seconde et les niveaux dynamiques.

Ce tableau N°9 est lié à une fenêtre graphique qui génère la courbe de l'essai figure N°29 (rabattement en fonction du temps) : $\Delta=f(\log T/t')$.

Tableau 9 : Données de l'essai long duré (remonté).

T	t'	T=t'+t	T/t	ND (m)	Rab (m)

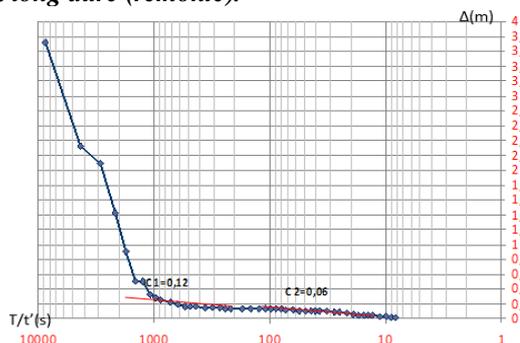


Figure 29 : La courbe de remontée type : $\Delta=(\log T /t')$

2.3 Méthodes usuelles d'estimation de la transmissivité ou de la conductivité hydraulique (Méthode de THEIS-JACOB)

Cette section décrit quelques méthodes d'interprétation d'essais de pompage les plus couramment utilisées pour l'évaluation des propriétés hydrauliques.

Les valeurs de transmissivité ont été déterminées à partir de l'interprétation des résultats d'essai de pompages en régime transitoire, selon la méthode semi-logarithmique de Jacob. L'essai de pompage, d'une durée au moins égale à 24 heures, ont été retenus, pour que l'essai met en jeu un volume d'aquifère suffisamment grand. Les forages captent l'aquifère sur toute leur hauteur sans distinguer les lentilles perméables des autres formations quasi-imperméables (marnes et argiles). Dans ces conditions, la valeur de la transmissivité déduite d'un essai par pompage représente une valeur moyenne caractérisant la tranche saturée d'aquifère en ce point.

Les équations utilisées pour le traitement analytique des essais de pompage sont des relations donnant le rabattement en fonction du débit et des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère.

Plusieurs méthodes ont été utilisées pour la détermination de T et de S. L'équation d'approximation logarithmique de THEIS-JACOB est utilisée dans le cas d'un régime d'écoulement transitoire.

Cette méthode découle de l'équation de THEIS, qui se réduit à la formule d'approximation logarithmique de Jacob, quand le temps de pompage croît et devient assez grand (inférieur ou égal à 0,01).

L'équation de JACOB s'écrit :

$$\Delta = 0.83 \frac{Q}{T} \log \frac{2.25Tt}{r^2 \times S}$$

Δ = rabattement en m.

Q = débit constant de pompage dans le puits en m³/s.

t = temps de pompage en s.

x = distance du puits d'observation à l'axe du puits de pompage.

T = transmissivité en m²/s.

Cette formule simplifiée donne une solution d'autant plus proche de ta courbe de dépression réelle à l'instant t que x est plus petit.

On porte sur un diagramme semi-logarithmique les temps de pompage et en ordonnées les rabattements correspondants. La droite passant par les points obtenus a pour équation :

$$\Delta = \frac{0.183Q}{T} \left(\log \frac{2.25T}{r^2 S} + \log t \right)$$

C'est une fonction de la forme $y = a + b x$

Dans ce cas précis $y = a (\log b + \log x)$

La constante "a" est déterminée par le coefficient angulaire de la droite, d'où

$$a = \frac{0.183Q}{T} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{dy}{dx} = \frac{\delta(\Delta)}{\delta(\log t)}$$

Les valeurs $\delta(\Delta)$ et $\delta(\log t)$ sont données par l'accroissement du rabattement dans un cycle logarithmique; dans ce cas. On a donc :

$$\delta(\Delta) = c = \frac{0.183Q}{T} \quad \text{D'où} \quad T = \frac{0.183Q}{c}$$

Si cette droite coupe l'axe des temps (cas des mesures effectuées dans un piézomètre) en un point t_0 pour un rabattement nul. Le deuxième terme de l'équation s'écrit :

$$\log \frac{2.25Tt_0}{x^2 \times S} = 0 \quad \text{D'où} \quad \frac{2.25Tt_0}{x^2 \times S} = 1$$

On détermine ainsi T et S de la façon suivante :

$$T = \frac{0.183Q}{c}$$

$$S = \frac{2.25Tt_0}{x^2}$$

2.4 Application

Nous avons interprété par cette méthode les données d'essais de pompage des trente sept (39) forages représentés sur le tableau N°7 et la figure N°26 Cette méthode nous a permis de déterminer la transmissivité au niveau des régions suivantes :

2.4.1 Région d'Oued Foudda-Chlef

Dans cette région neuf forages ont fait l'objet d'essais de pompage de longue durée. Le tableau N°10 donne le nom et les transmissivités calculées de chaque forage. Les niveaux dynamiques ont été mesurés dans les forages eux-mêmes en pompage. Les résultats de cette interprétation ont permis le calcul de la transmissivité regroupée dans le tableau suivant et les courbes de l'essai sont jointes en annexe.

2.4.2 Région de Madjadja-Chattia

Dans cette région dix forages ont fait l'objet d'essais de pompage de longue durée. Le tableau donne le nom et les transmissivités calculées de chaque forage.

Les niveaux dynamiques ont été mesurés dans les forages eux même en pompage. Les résultats de cette interprétation ont permis le calcul de la transmissivité regroupée dans le tableau suivant et les courbes de l'essai sont jointes en annexe.

Interprétation

Globalement l'ensemble des forages testés montrent, en cours de descente un effet de capacité mis à part le forage de Madjadja et de Brançia. Les courbes observées au début du pompage, se produit sous l'effet de capacité de l'ouvrage provoquant un écoulement turbulent qui traduit une perte de charge quadratique. Les rabattements montrent ensuite un accroissement progressif et le palier de stabilisation n'est pas toujours atteint.

Certains essais montrent une courbe brisée avec plusieurs pentes (figure N°30). Quand les pertes augmentent cela traduit une baisse de la transmissivité au fur et à mesure que le rayon d'action s'élargit. Inversement quand la pente de la courbe diminue, la transmissivité augmente.

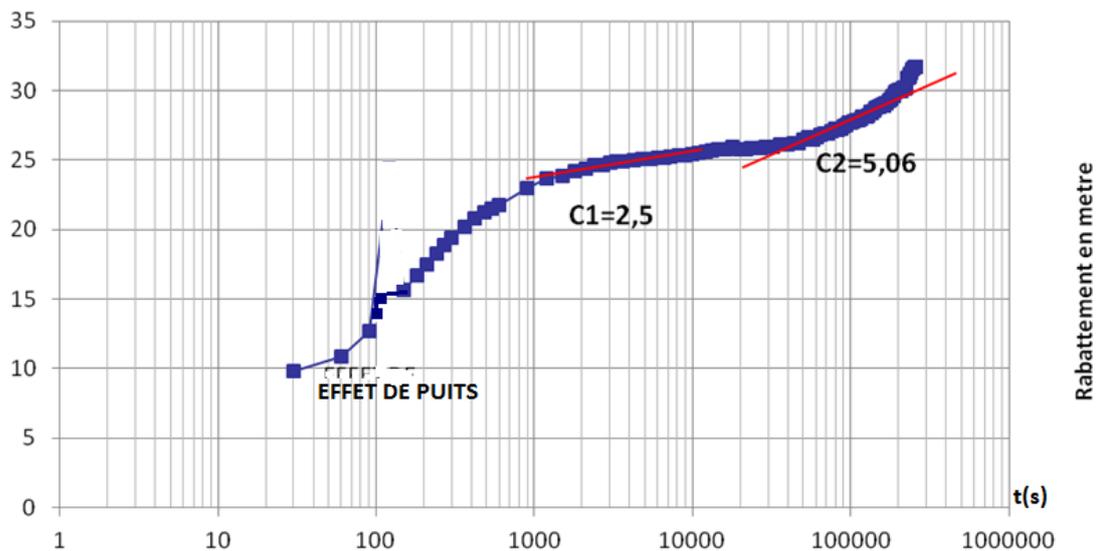


Figure 30 : Exemple de cas présentant une rupture de la pente (courbe de descente du forage Gouasmia).

Ce modèle d'écoulement confirme l'hétérogénéité de l'aquifère. Cette hétérogénéité est aussi valable horizontalement que verticalement comme l'a montré l'étude géologique et confirmé par les résultats de la prospection géophysique.

Les résultats de cette interprétation ont permis le calcul de la transmissivité, dont les résultats ont été regroupés dans le tableau N°11 :

Les transmissivités obtenues concerne notamment les niveaux aquifères situés dans le quaternaire mis à part les deux forages de Chettia qui captent une partie du Miocène. Les valeurs varient dans de larges intervalles de 10^{-2} à $10^{-4} m^2/s$.

2.4.3 Région de Ouled Farés et Bouzghaia-Oued Sly

Dans cette région onze forages ont fait l'objet d'essais de pompage de courte et longue durée. Le tableau N°12 donne le nom et les transmissivités calculées de chaque forage.

Les forages testés montrent, en cours de descentes, un effet de capacité surtout le forage de Chorfa (F914). Les courbes observées au début du pompage (voir annexe), se produit sous l'effet de la capacité de l'ouvrage provoquant un écoulement turbulent qui traduit une perte de charge quadratique. Les rabattements montrent ensuite un accroissement progressif et le palier de stabilisation n'a été atteint que pour le forage Metlili. Cela pourrait être dû au fait que les essais ne sont pas assez long.

Les résultats de cette interprétation ont permis le calcul de la transmissivité regroupée dans le tableau suivant :

2.4.4 Région de Boukadir-Sobha-Hamadenas et Hamadena Ouest

Dans cette région onze forages ont fait l'objet d'essais de pompage de longue durée. Le tableau N°13 donne le nom et les transmissivités calculées de chaque forage.

Les niveaux dynamiques ont été mesurés dans les forages eux-mêmes en pompage. Les résultats de cette interprétation ont permis le calcul de la transmissivité regroupée dans le tableau suivant et les courbes de l'essai sont jointes en annexe.

Comme tous les cas traités précédemment, à l'exception du forage Sobha, les forages testés montrent en cours de descente, un effet de capacité. Les courbes observées, au début du pompage, se produisent sous l'effet de capacité de l'ouvrage provoquant un écoulement turbulent qui traduit une perte de charge quadratique.

Les rabattements montrent ensuite un accroissement abrupt et progressif et le palier de stabilisation n'est pas atteint dans tous les cas comme le montre le cas de la courbe (figure N°31) ci-dessous.

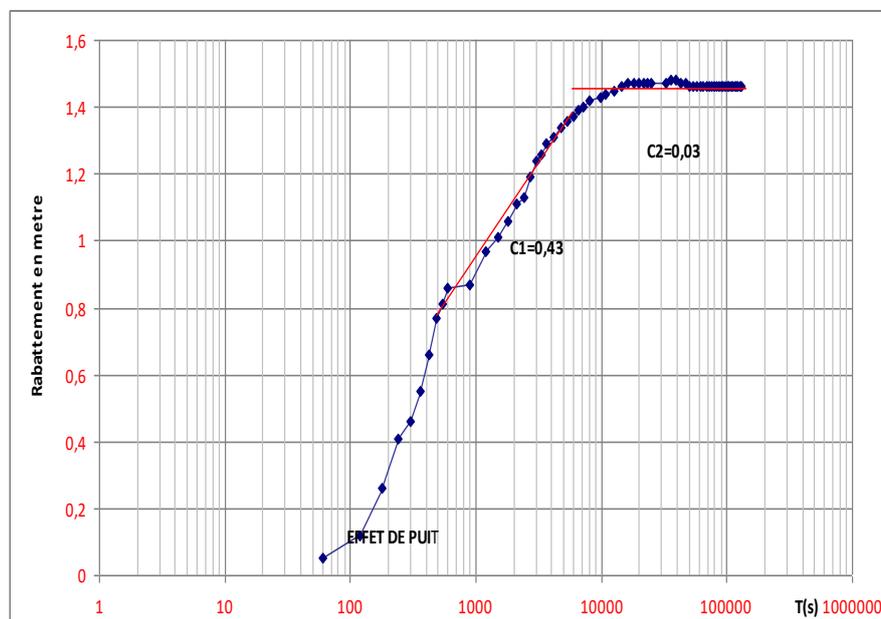


Figure 31: Exemple de cas présentant une rupture de la pente (courbe de descente du forage Ouarizane2).

Ce comportement hydrodynamique est dû :

- Soit au fait que le débit de pompage est supérieur au débit critique ou bien parce que le temps de pompage n'étant pas suffisamment long.
- Soit au fait que le cône de dépression a atteint une limite étanche ou de mauvaise perméabilité, conformément aux hétérogénéités observées au niveau des aquifères. Ces dernières sont d'ailleurs confirmées par les résultats des études géologiques et géophysiques.

2.4.5 Région de Relizane

Dans cette région cinq forages ont fait l'objet d'essais de pompage de longue durée. Le tableau N°14 donne le nom et les transmissivités calculées de chaque forage.

Les niveaux dynamiques ont été mesurés dans les forages eux même en pompage. Les résultats de cette interprétation ont permis le calcul de la transmissivité regroupée dans le tableau suivant et les courbes de l'essai sont jointes en annexe.

Comme tous les cas traités précédemment Les forages testés montrent en cours de descente figure N°32, un effet de puits, les courbes observées au début du pompage, se produit sous l'effet de capacité de l'ouvrage provoquant un écoulement turbulent qui traduit une perte de charge quadratique. Les rabattements montrent ensuite un accroissement progressif, les rabattements montrent ensuite un accroissement progressif et un palier de stabilisation.

CONCLUSION GÉNÉRALE

La région de la plaine alluviale du bas Cheliff située au Nord-Ouest de l'Algérie circonscrite dans la partie aval du bassin du Cheliff avec une pluviométrie faible, Les températures moyennes les plus élevées sont enregistrées durant les mois de juillet et août de 30°C par conséquent, Les basses températures se manifestent aux mois de janvier avec 10,5°C.

La zone d'étude correspond à un bassin d'effondrement, les formations géologiques rencontrées sont des formations anti-néogènes et les formations néogènes, quaternaires. Le plissement à grand rayon de courbure des formations miocènes est dû à une phase de distension qui aurait débuté à la fin du miocène inférieur. Au nord on retrouve généralement le villafranchien du Pliocène continental et l'Astien qui affleurent largement sur les plateaux de Medjadja et du Dahra. Au sud les faciès dominants sont les calcaires à lithothamnium du miocène supérieur. D'autres formations moins étendues à l'affleurement, notamment les formations gypsifères, affleurent principalement au nord du synclinal d'Ouled Farès. Le remplissage quaternaire est assuré par des épandages alluviaux caillouteux, grossière essentiellement conglomératiques, limoneux ou sableux.

L'examen des caractéristiques lithostratigraphiques et structurales des formations, nous ont permis de distinguer les formations susceptibles d'être aquifères qui sont représentées par :

- Les calcaires à lithothamnium du miocène.
- Le pliocène marin (ASTIEN).
- Les grès à Hélix du Pliocène supérieure continentale.
- Le Quaternaire-Pliocène continentale.

Les formations qui jouent le rôle de substratum imperméable correspondent aux marnes bleues du miocène supérieure et du pliocène qui affleurent sur les bordures nord et sud de la plaine.

Pour l'étude hydrodynamique, qui a constitué l'objectif de la seconde partie de ce mémoire, la méthodologie a comporté le calcul des paramètres hydrodynamiques à partir des données des essais de pompage. Les données utilisées proviennent principalement de la Direction des ressources en eau (Cheliff et à Relizane) et Agence des bassins hydrographiques (Cheliff-Zahrez).

L'interprétation des essais de pompage se fait par la méthode de remontée de Thiès elle a permis de traiter 50 essais de pompage et de déterminer 31 valeurs de transmissivité (T), 163 de débit spécifique.

Une relation empirique significative entre la transmissivité et le débit spécifique a été établie par la corrélation. Elle permet d'estimer la transmissivité par l'expression pour les aquifères de la zone d'étude.

La réalisation de la cartographie se fait par l'établissement d'une carte de transmissivité établie présente la répartition spatiale des forages, les données sont superposées sur les cartes avec les valeurs de la transmissivité mesurée aux essais de pompage et la valeur de la transmissivité estimée.

Ces résultats sont importants car, ils seront utiles dans les études de modélisation de ces aquifères et faciliteront la politique de gestion des eaux souterraines.

TABLE DES MATIERES	I
LISTE DES FIGURES.....	II
LISTE DES TABLEAUX	III
INTRODUCTION GENERALE.....	1

TABLE DES MATIERES

PREMIER PARTIE

1	INTRODUCTION GENERALE.....	1
2	Introduction	9
3	Généralités et situation.....	9
1.1	Situation géographique	9
4	Aperçu Géomorphologique de la région d'étude	10
1.2	Les massifs limitrophes.....	10
1.3	Les collines.....	10
1.4	Les plaines alluviales	10
1.5	Les dépressions.....	10
5	Hydroclimatologie	11
1.6	Aperçu Hydrologique.....	11
5.1.1	Les bassins versants.....	11
1.7	Hydrographie.....	12
1.8	Aperçu climatologique.....	13
5.1.2	Le contexte climatique.....	13
5.1.3	Température	13
5.1.4	Pluviométrie	14
5.1.5	Le vent	14
5.1.6	L'humidité.....	15
5.1.7	L'évapotranspiration.....	15
5.1.8	Le ruissellement.....	16
5.1.9	L'infiltration	16
6	la qualité des eaux.....	18
7	SYNTHESE GéologiQUE DE LA PLAINE.....	20
1.9	Cadre géologique générale.....	20
1.10	Lithostratigraphie	22
7.1.1	Les formations anti-néogènes.....	22

7.1.2	Les formations néogènes et quaternaires	22
1.11	Structure du bassin.....	25
7.1.3	Tectonique souple.....	25
7.1.4	Tectonique cassante	26
8	INTERET Hydrogéologique	27
1.12	Distinction des formations aquifères.....	27
8.1.1	Aquifère des calcaires à lithothamnium du Miocène	27
8.1.2	Aquifère du Pliocène marin	27
8.1.3	Aquifère des grés à Hélix du Pliocène supérieure continental.....	28
8.1.4	Aquifère du Quaternaire-Pliocène continentale	28
1.13	Piézométrie et relation entre les aquifères	29
8.1.5	Apport de la Géophysique.....	30
8.1.6	Apport des coupes des forages	32
9	Conclusion	31

DEUXIEME PARTIE

1	Problematique et démarche adoptée	32
1.1	Introduction	32
1.2	Acquisitions des données	33
1.2.1	Les données brutes des essais de pompages	33
1.2.2	Les coupes lithologiques des forages	34
1.2.3	Les coordonnées de localisation des forages	35
1.2.4	Données de forages avec leur débit spécifique	35
2	Interprétation des essais de pompage de longue durée	52
2.1	La descente.....	52
2.2	La remontée.....	52
2.3	Méthodes usuelles d'estimation de la transmissivité ou de la conductivité hydraulique (Méthode de THEIS-JACOB)	52
2.4	Application	54
2.4.1	Région d'Oued Foudda-Chlef	54
2.4.2	Région de Madjadja-Chattia.....	54
2.4.3	Région de Ouled Farés et Bouzghaia-Oued Sly.....	55
2.4.4	Région de Boukadir-Sobha-Hamadenas et Hamadena Ouest	56
2.4.5	Région de Relizane	57

3.1.4	Avantage et inconvénient.....	
3.2	Application a la région d'étude	
3.2.1	Recherche des corrélations statistiques entre T et Q/Δ	
3.2.3	Interpolation	
4	Conclusion.....	
5	conclusion générale.....	

LISTE DES FIGURES

PREMIER PARTIE

Figure 1	: Situation géographique de la zone d'étude.	9
Figure 2	: Grands ensembles morphologiques de la plaine du bas Cheliff.....	11
Figure 3	: Sous bassins versant et unité hydrogéologique de la plaine alluviale du bas Cheliff.....	11
Figure 4	: aperçu général du réseau hydrographique dans la plaine du bas Cheliff du bas Cheliff (d'après Thomas, 1985).	12
Figure 5	: Histogramme de la température moyenne mensuelle mesurée à la station (1990-1991 à 2013-2014) INRAA de Hmadna.....	
Figure 6	: variation des précipitations moyennes mensuelles (1980/2003).	
Figure 7	: Atlas de la vitesse moyenne du vent de la vallée de Cheliff à 10 m du sol (Source : Boukli et al, 2007)	14
Figure 8	: Variation du potentiel évapotranspiré annuel dans la région hydrographique Cheliff-Zahrez « Mhaigne.M,2005»	15
Figure 9	: Diagramme de Piper de la classification des eaux (Cherchali, 2015)	18
Figure 10	: Diagramme de Schoeller-Berkaloff (Cherchali, 2015).....	19
Figure 11	: Détermination de l'origine de Ca ²⁺ (Cherchali, 2015)	19
Figure 12	: Carte schématique montrant les grands domaines géologiques de l'Algérie.	20
Figure 13	: Structure du Tell « centre ouest » (F.ACHOUR, 1997).	21
Figure 14	: cadre géologique du bassin du Chellif (Perrodon 1967 - Mattauer 1958).	21
Figure 15	: stratigraphique synthétique de la région d'étude. e = 1/10.000 (F. ACHOUR, 1997).	25
Figure 16	: Situation des failles principales dans le bassin du bas Chélif, d'après M.MEGHRAOUI et al, (1986).....	26
Figure 17	: Schéma structural du calcaire à lithothamnium de l'oued Sly à oued Taflout sismique d'oued Sly, 1966).....	27
Figure 18	: Coupe hydrogéologique schématique de la plaine de Cheliff (d'après Scrambach, 1966)	28
Figure 19	: Carte piézométrique de la plaine du bas cheliff (entre Oum Drou er Hamedena) –extrait de la carte des ressources de l'Algérie du Nord au 1/200000, INERGOPROJECT-2008-	

Figure 20 : les coupes géo-électriques G et H (CGG, 1972).	31
Figure 21 : les coupes géo-électriques L et O (CGG, 1972).....	31
Figure 22 : Carte en isopaches des formations Plio-Quaternaires (CGG, 1969).	32
Figure 23 : Carte de positionnement des coupes hydrogéologiques	32
Figure 24 : Coupes hydrogéologiques schématiques (Schramback, 1966)	30

DEUXIEME PARTIE

Figure 25 : Exemple de coupe lithologique et d'équipement tubulaire du forage.	34
Figure 26 : carte de répartition des forages testés par essais de pompages dans la plaine alluviale du bas Cheliff	
Figure 27: Carte de répartition des débits spécifiques dans la plaine alluviale du bas Cheliff	
Figure 28: La courbe de descente $\Delta=f(\log t)$	52
Figure 29 : La courbe de remonté type : $\Delta=(\log T / t')$	52
Figure 30 : Exemple de cas présentant une rupture de la pente (courbe de descente du forage Gouasmia).	55
Figure 31: Exemple de cas présentant une rupture de la pente (courbe de descente du forage Ouarizane2).	56
Figure 32: courbe descente de forage Ammi Moussa Relizane.	
Figure 34: Régression puissance entre la Transmissivité et le débit spécifique.	
Figure 35: variogramme A de la transmissivité	
Figure 36 : variogramme B de la transmissivité (résiduelle)	
Figure 37: Carte du champ de transmissivité de la plaine alluviale du bas Cheliff.....	63

LISTE DES TABLEAUX

PREMIER PARTIE

Tableau 1 : Caractéristiques morpho-métriques des bassins versant hydrographiques du bas Cheliff (Hamidi, Mokhtari S 2018).....	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 2 : Températures moyennes mensuelles (1990-1991 à 2013-2014) mesurées à la station INRAA de Hmadna (Relizane).	
Tableau 3 : Les coordonnées et les précipitations moyennes annuelles, période 1980/2003 aux différentes stations.	
Tableau 4 : Caractéristiques des stations pluviométriques et précipitations moyennes interannuelles(ANRH).....	
Tableau 5 : Valeurs de la lame d'eau précipitée obtenues par les différentes méthodes.....	
Tableau 6 : Valorisation des termes du bilan hydrologique au niveau de la zone d'étude . SAIM 2013.....	Erreur ! Signet non défini.

DEUXIEME PARTIE

Tableau 7: liste des points d'eau testés par essai de pompage dans la zone d'étude.	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 8 : Model de saisi des données de l'essai de pompage.....	52
Tableau 9 : Données de l'essai long duré (remonté).	52
Tableau 10 : Résultats de l'interprétation des essais de pompage dans la Région d'Oued Foudda-Chlef.....	
Tableau 11 : Résultats de l'interprétation des essais de pompage dans la Région de Madjadja-Chattia.	
Tableau 12 : Résultats de l'interprétation des essais de pompage dans la Région d'Ouled-Farés-Bouzghaia-Oued sly.....	
Tableau 13: Résultats de l'interprétation des essais de pompage dans la Région de Boukadir-Sobha-Hamadana.	
Tableau 14 : Résultats de l'interprétation des essais de pompage dans la Région Relizan	
Tableau 15: Récapitulatif des relations empiriques obtenues par chaque auteur.	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 16 : Tableau de la corrélation entre la transmissivité calculée à partir les essais de pompages et le débit spécifique.	
Tableau 17: les paramètres du variogramme A.....	57

Tableau 18: les paramètres du variogramme B