

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE D'ORAN 2
FACULTE DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE
L'UNIVERS
DEPARTEMENT DE GEOLOGIE

Option : HYDROGEOLOGIE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme Master

Thème:

*Etude de la remontée de la nappe
alluvionnaire d' Oued Seggeur
région d'El-Ménia
(Sahara central, Algérie)*

Réalisé par MR :

➤ Chikh Boubekeur Abderrahmane.

Devant le jury :

- Présidente : Mlle Ablaoui Halima (Université Oran 2).
- Rapporteur : Mr Mansour Hamidi (Université Oran 2).
- Examineur : Mr Borsali Toufik (Université Oran 2).

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

CHAPITRE I : CADRE GEOGRAPHIQUE

1-Situation géographique.....	2
2- Contexte socio-économique.....	2
2.1-La démographique	2
2.2-Agriculture.....	4
3-La géomorphologie	4
3.1-la géomorphologie régionale.....	4
3.2-La géomorphologie locale.....	4
3.3 La topographie.....	4
4-Le réseau hydrographique.....	4
4.1-La vallée de l'oasis.....	4
4.2-Le lac (Sebkha El Mellah).....	5

CHAPITRE II : CADRE GEOLOGIQUE

Introduction.....	6
1-La géologie régionale	6
2-La géologie locale.....	7
3-La description lithostratigraphique	8
3.1-L'albien.....	12
3.2-Le vraconien.....	12
3.3-Le cénomanien.....	12
3.3.1-Cénomaniens inférieurs	12
3.3.2-Cénomaniens supérieurs	13
3.4-le turonien.....	13
3.5-Le sénonien	13
3.6-le quaternaire	13
Conclusion.....	13

CHAPITRE III:HYDROCLIMATOLOGIE

Introduction.....	14
1-Paramètres climatiques de la région.....	14
1.1-La température	14
1.2 La pluviométrie.....	15
1.3-L'humidité	18
1.4-Les vents.....	19
1.5-L'insolation	20
2- Caractérisation du climat.....	21
2.1- Diagramme ombrothermique.....	21
2.2- Indice d'aridité (indice de Martonne.....)	22
Conclusion.....	23

CHAPITRE IV : HYDROGEOLOGIE

Introduction.....	24
1- hydrogéologie régional.....	24
1 .1-Système aquifère du Sahara septentrional.....	25
1 .1.1-Le Complexe Terminal.....	27
1 .1.2-Le Continental Intercalaire.....	30
2 -hydrogéologie local.....	32
2 .1- nappe alluvionnaire	32
2 .2-nappe artésienne (l'aquifère des continentale intercalaire).....	32
2.3-Etablissement de la carte piézométrique.....	33
2 .4- Interprétation des cartes piézométriques	35
3- Etude hydrodynamique	38
3.1-Types et objectifs des essais de pompages	38
3.1.1-Les essais de puits par paliers de pompage.....	38
3.1.2-Le pompage d'essai de longue durée à débit constant (essai de nappe).....	38
3.2- Méthode d'étude	39
3.3-Choix de méthode d'interprétation de l'essai de pompage.....	39
3.4- déroulement de l'essai de pompage.....	40
3.5-Détermination de paramètres hydrodynamiques.....	40
3.5.1-Transmissivité.....	41
3.5.2-Coefficient d'emmagasinement.....	41
3.6-Interprétation graphique (courbe de descente).....	41
Conclusion.....	42

CHAPITRE V : HYDROCHIMIE

Introduction	43
1 Etude des paramètres physico-chimiques des eaux.....	43
1.1-Paramètres physiques	43
a) Le potentiel d'hydrogène pH.....	43
b) La conductivité électrique.....	44
Nappe superficielle.....	44
Nappe Albienne.....	45
c) Dureté totale ou degré hydrométrique (ΔHT).....	46
1.2-Les rapports caractéristiques.....	47
2-Détermination des principaux faciès hydrochimiques.....	50
2.1-Représentation graphique des faciès hydrochimiques.....	50
2.1.1- Classification du STABLER.....	50
3-Etude de l'évolution chimique des eaux.....	52
Nappe superficielle.....	52
Nappe Albienne.....	52
4-Age et origine des eaux.....	53
Conclusion	54

CHAPITRE VI : PROBLEME DE LA REMONTEE

Introduction	56
1- Assainissement des eaux usées.....	56
1.1 Fosses septiques	56
1.2 Réseaux d'assainissement.....	56
1.3 Station du lagunage.....	58
1.4 Rejet.....	58
2- Réseaux d'alimentation en eaux potable.....	59
2.1 Forages.....	59
2.2 Stockage.....	61
2.3 Réseaux d'alimentation en eaux potable.....	62
3- Agriculture.....	63
3.1 Irrigation traditionnelle.....	63
3.2 L'irrigation localisée.....	64
3.3 Irrigation par aspersion.....	64
4- Drainages.....	65
4.1 Réseaux de drainages.....	65
5 - Discussions et Analyses.....	66
Conclusion.....	68
Conclusion générale.....	69

Liste des figures

N° de Figure	Titre	Pag e
Figure 01	Situation géographique de <i>Ville d' El-Ménia (El Goléa)</i>	03
Figure 02	Carte topographique de la région d'El-Goléa (source ANRH Ghardaïa).	05
Figure 03	Coupe géologique vertical suivant la direction EL GOLEA, DJAFOU, OUARGLA	07
Figure 04	Carte géologique d'El-Goléa	08
Figure 05a	Coupe lithologique du forage (Badriane)	09
Figure 05b	Coupe lithologique du forage (Tin-bouzid)	09
Figure 05c	Coupe lithologique du forage (Bel-Bachir)	10
Figure 05d	Coupe lithologique du forage (Taghit).	10
Figure 06	Carte de position des sondages	11
Figure 07a,b	Corrélations entre les points du sondage.	11 12
Figure 08	Températures moyenne mensuelles (2008-2012)	15
Figure 09	Précipitations moyenne mensuelles (2008-2012)	16
Figure 10	Précipitations annuelles (2008-2012)	17
Figure 11	Carte en isohyètes moyennes annuelles du Sahara algérien	17
Figure 12	L'humidité relative moyenne mensuelle du l'air (2008-2012)	18
Figure 13	La vitesse moyenne mensuelle du vent (2008-2012)	19
Figure 14	Moyenne mensuelle de l'insolation (2008-2012)	20
Figure 15	Diagramme ombrothermique établi avec la moyenne des précipitations et des températures de la station d'El-Ménia (2008-2012).	22
Figure 16	Unités hydrogéologiques du bassin saharien	24
Figure 17	Situation générale des aquifères du Sahara septentrional (Source ANRH)	25
Figure 18	Coupe hydrogéologique du système aquifère; le continental intercalaire et le complexe terminal. (UNESCO, 1972)	26
Figure 19	Carte hydrogéologique du Sahara Nord-occidental	28
Figure 20	Carte piézométrique de référence du Complexe Terminal (OSS, 2003)	29
Figure 21	Carte piézométrique du Continental Intercalaire (OSS, 2003)	31
Figure 22	Carte d'inventaire des points d'eaux pour la nappe alluvionnaire.	34
Figure 23	Carte piézométrique de la nappe alluvionnaire établie en mai 2013	35

Figure 24	Courbe de descente du forage TAGHIT	42
Figure 25	Carte d'iso conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$ de la nappe alluvionnaire	44
Figure 26	Carte d'iso conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$ de la nappe du C.I	45
Figure 27	Estimation de la température moyenne du globe	53
Figure 28	Age des eaux du Continental intercalaire d'après la teneur en C14 (OSS, 2003)	54
Figure 29	Débordement des eaux usées après bouchage du réseau d'assainissement	57
Figure 30	Localisation de la station de lagunage avec le rejet	58
Figure 31	La zone de rejet (Sebkha-El-Maleh) El-Menia	59
Figure 32	Pollution de la nappe du C.I par sondage a l'intérieur d' un puits exploitant la nappe phréatique	60
Figure 33	Éruption d'un forage réalisé par battage battage avec une mauvaise cimentation .	61
Figure 34a	Château de 500m ³ zone industrielle.	62
Figure 34b	Château de 500m ³ tin- bouzid	62
Figure 35	Irrigation traditionnelle (El-Menia)	64
Figure 36	Irrigation localisée (El-Menia)	64
Figure 37	Irrigation par aspersion entre palmiers	65
Figure 38	Drain principale (collecteur principale)	66
Figure 39	Drain secondaire qui se diverse dans le drain principale	66

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
tableau 01	température moyenne mensuelle (2008-2012)	14
tableau 02	Précipitation moyenne mensuelles annuelle (2008-2012)	15
tableau 03	Précipitation moyenne annuelle (2008-2012)	16
tableau 04	L'humidité relative moyenne mensuelle du l'air (2008-2012)	18
tableau 05	La vitesse moyenne mensuelle du vent (2008-2012)	19
tableau 06	moyenne mensuelle de l'insolation (2008-2012)	20
tableau 07	moyenne des précipitations et des températures (2008-2012)	21
tableau 08	Classement de climat en fonction de l'indice d'aridité de DEMARTONNE	23
tableau 09	Quelques valeurs de gradient hydraulique pour la nappe alluvionnaire	36
tableau 10	Résultats de l'interprétation de la courbe de descente	42
tableau 11	les valeurs de la dureté totale (ΔHT)	46
tableau 12	les paramètres physiques de la nappe alluvionnaire	46
tableau 13	les paramètres physique de la nappe du continental intercalaire	47
tableau 14	résultats des rapports caractéristiques de la nappe alluvionnaire	49
tableau 15	résultats des rapports caractéristiques de la nappe du continentale intercalaire	49
tableau 16	Résultat de la classification du STABLER pour la nappe alluvionnaire	50
tableau 17	résultats de classification de STABLER pour la nappe du continentale intercalaire	51
tableau 18	Caractéristiques des réseaux d'assainissement	57
tableau 19	Forages d'AEP de la région de Méria	60
tableau 20	Ouvrage de stockage de la commune de Méria	61
tableau 21	Ouvrage de stockage de la commune de Hassi-Gara	62
tableau 22	Les réseaux actuels d'AEP de la daïra de Méria	63

Liste d'abréviation

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques.

AEP : Alimentation en Eau Potable.

A.C : Amiante de ciment

CI : Continental Intercalaire.

CT: Complexe Terminal.

DHW : Direction de l'Hydraulique de la Wilaya

DPAT : Direction de Planification et Aménagement de Territoire.

DSA : Direction des Services Agricoles.

Da : Déficit Agricole (mm).

ERESS : Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional.

FAO: Food and Agriculture Organization.

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

I : Indice d'aridité.

ND: Niveau Dynamique.

NP : Niveau Piézométrique.

NS : Niveau Statique.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

OSS : Observation de Sahara et du Sahel.

P : Précipitations (mm).

PEHD : Polyéthylène de Haute densité

Q : Débit d'écoulement (l/s).

R : Ruissellement (mm).

SASS Système Aquifère du Sahara Septentrional.

UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

Dédicaces

A la mémoire du mon grand père Talab Belkhir, je
dédie ce travail.

A mes parents kada et KHEIRA

Trouveront ici toutes ma reconnaissance

A ma femme Hida de m'avoir soutenir toute la période
de mon travail

A mes enfants : Imene , Ismail , Anfal et aya.

A ma grande sœur : Djemaa

De ces encouragements sans cesses

A mes amis particulièrement Mr: Bellaragueb Chabane

Je dédie ce modeste travail

Abderrahmene

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier Allah, le clément et le miséricordieux de m'avoir donné la force et la patience de mener à bien ce modeste travail.

Je voudrais exprimer mes vifs remerciements à mon encadreur le professeur Mansour Hamidi d'avoir accepté et encadrer mon travail de mémoire, sa disponibilité, et ses conseils judicieux.

Mes sincères remerciements s'adressent aux membres du jury qui ont accepté de lire et juger ce travail.

J'adresse aussi mes sincères remerciements à l'ensemble des enseignants de la filière Hydrogéologie, université Oran 2 qui ont contribuées à notre formation.

Ma grande reconnaissance aux différents services techniques, notamment ceux qui m'ont facilité l'accès aux données et à la documentation, en particulier :

- l'antenne de l'A.N.R.H d'Ouargla*
- la Direction de l'Hydraulique d'El-Ménia.*
- la Direction des Services Agricoles d'El-Ménla.*
- Station météorologique d'El-Ménia.*
- le directeur d'Algérienne des eaux (ADE).*
- le directeur de musée communal d'El-Ménla.*
- le directeur de centre de la recherche scientifique dans les zones arides d'El-Ménia.*

Mes remerciements, à toute personne qui a participé de près ou de loin, à la réussite et l'achèvement de ce modeste travail..

Merci à tous.

RESUME

L'étude menée dans le cadre de ce mémoire, représente une contribution à l'étude du phénomène de la remontée des eaux dans la nappe alluvionnaire d'Oued Seggeur, Cette contribution s'appuie sur quatre principaux outils :

- L'établissement d'un bilan hydrologique pour étudier les apports et les pertes des eaux de la nappe alluvionnaire.
- L'étude piézométrique de la nappe alluvionnaire a pour but de voir la fluctuation.
- Les caractéristiques physico-chimiques de la nappe alluvionnaire.
- L'étude du comportement et du devenir des eaux du continental intercalaire utilisé par l'activité humaine.

L'oasis d'El-Ménia est situé au nord centre du Sahara Algérien a 470 km de l'Atlas saharien sur le lit de Oued Seggeur avec une altitude moyenne de 396 km et un climat hyper aride (précipitation rare et irrégulière avec insolation, évaporation très élevé et une amplitude thermique élevée). Les eaux qui alimentent la nappe alluvionnaire ce sont des eaux d'origine profonde du continentale intercalaire utilisée pour l'irrigation des jardins de l'oasis d'une manière traditionnelle, pour l'utilisations domestiques ensuite récupéré et collecté comme eaux d'assainissements (fosses septiques et réseaux vétuste dégradés), eaux provenant des réseaux d'AEP défectueux qui présentent des fuites énormes et les réseaux de drainage en mauvais états de bon fonctionnement.

Ces dernières années la ville a bénéficié d'énormes projets dont la grande partie en infrastructure du VRD (voieries et réseaux divers) cette dernière a engendré un rabattement remarquable du niveau statique de la nappe alluvionnaire.

ملخص

الدراسة المنجزة في اطار هذه المذكرة تمثل اضافة جديدة لدراسة ظاهرة صعود المياه الجوفية

السطحية لواد سقر هاته الاضافة تركز على اربعة محاور رئيسية :

- انجاز حساب هيدرولوجي للمنطقة من اجل معرفة ودراسة كمية المياه التي تغذي الجوف المائي السطحي وكذا المياه المستخرجة.

-دراسة مستوي سطح المياه داخل الجوف المائي السطحي من اجل معرفة اهتزازاته وتغير مستواه.

-الخصائص الفيزيائية و الكيميائية لمياه الجوف المائي السطحي لواد سقر.



RESUME

- دراسة ومتابعة الكميات الهائلة من المياه المستخرجة من الجوف المائي القاري العميق المستعملة من طرف ساكنة الوادي.

تقع واحة المنيعية في شمال وسط الصحراء الجزائرية تبعد ب 470 كلم عن الاطلس الصحراوي على مجري وادي سقر ب ارتفاع 396م على مستوى البحر تتميز بمناخ صحراوي جاف جدا (امطار منعدمة وغير منتظمة مع تبخر هائل للمياه بفعل درجات الحرارة المرتفعة . المياه التي تغذي الجوف المائي السطحي لوادي سقر هي مياه باطنية عميقة للجوف المائي الالبيان على شكل مياه مستعملة للسقي الفلاحي بكثافة وبطرق تقليدية ومياه الصرف الصحي (الحفر الفردية وشبكات متهرية) كذلك مصدرها شبكات المياه الصالحة للشرب القديمة التي تعرف تسريبات هائلة وكذا شبكات صرف المياه الزائدة التي لا تقوم بوظيفتها نتيجة الانسداد و انعدام صيانتها.

في السنوات الاخيرة منطقة المنيعية استفادت من مشاريع ضخمة الجزء الاكبر منها خصص للبنية التحتية (الطرق و الشبكات المختلفة) هاذ الامر ساهم بشكل كبير في تحسين عمل الشبكات و نجاعتها مما انعكس ايجابا علي تراجع ملحوظ وانخفاض كبير لمستوى مياه الجوف المائي لوادي سقر.

ABSTRACT

The study conducted in the context of this thesis, represents a contribution to the study of the phenomenon of upwelling in the alluvial nappe of oued seggeur. This contribution is based on four main tools:

- The establishment of a hydrological balance to study the contributions and losses of the waters of the alluvial layer.
- The piezometric study of the alluvial aquifer in order to even fluctuate.
- The physicochemical characteristics of the alluvial water table.
- The study the behavior and the fate of the waters of the intercalary continental used by human activity.

The oasis of El-Menia is located in the north center of the Algerian Sahara at 470 km from the Saharan Atlas on the valley riverbed with an average altitude of 396 km and a hyper-arid climate (rare and irregular precipitation with sunstroke, very high evaporation and high thermal amplitude). The waters that feed the alluvial water are deep water from the inter-continental mainland in the form of traditional intensive irrigation water, sewage (septic tanks and degraded networks), and water coming from networks Defective drinking water supply

With huge leaks and poorly functioning drainage systems. In recent years the city has benefited from huge project, much of it in infrastructure of the (road and various networks) it has resulted in a remarkable drawdown of the static level of the alluvial layer.



Introduction générale

L'Algérie est constituée d'environ 87% de Sahara (FAO, 2005), représentée parmi le plus grand mais également le plus sévère désert du globe. Cette occupation territoriale aride exige une forme très particulière de la vie qui la peuple. A cet effet, il est caractérisé par des ressources hydriques se composant surtout par des eaux en captivité et des précipitations rares et irrégulières;

Devant le développement agricole et industriel d'une part, et la croissance démographique d'autre part les besoins en eau au Sahara Algérien ont augmenté d'une manière étonnante. Ceci a conduit les gestionnaires des ressources en eau à prospecter et réaliser plus de forages, puits et d'ouvrages hydrauliques. Ce développement rapide a entraîné des problèmes énormes ces dernières années, relatifs principalement à la remontée et à l'évacuation des eaux de la nappe alluvionnaire, due aux eaux d'assainissements et du l'irrigation intensive traditionnelle.

Une bonne infrastructure en réseaux divers fiables serait le remède à cette situation critique.

Il est certain que l'augmentation de la demande en eau pour les activités humaines accentuera les contraintes sur cette ressource. En outre, les facteurs naturels, telle que la sécheresse ou les contraintes géologiques, ont un effet sur l'approvisionnement en eau potable et sa distribution. Il est donc essentiel de quantifier et d'analyser la quantité et la qualité des réserves en eaux et de trouver le moyen de gérer cette ressource pour en assurer la durabilité et d'éviter les nuisances des eaux utilisées.

Dans ce contexte, la présente étude s'ajoute à de plus anciens travaux de recherche, et ce pour donner un aperçu scientifique sur l'état actuel de ressource en eau souterraine dans la région d'El-Ménia, du point de vue qualitatif et quantitatif. La qualité et la quantité des eaux de la nappe alluvionnaire dans cette région a subi des variations à cause de rejets urbains non contrôlés, ainsi que pour la nappe Albienne par son exploitation abusive et mal façon de réalisation de forages Ces éléments modifient le chimisme de l'eau et la rendent impropre aux usages souhaités.

Les explications des phénomènes et le comportement des systèmes aquifères notamment la nappe alluvionnaire seront présentés dans ce travail en essayant de montrer si le phénomène de la remontée de la nappe alluvionnaire d'Oued Seggeur est s'accroît-il ou s'abaissent-ils ?

I - Situation géographique

L'oasis d'El-Ménia constitue le point central de l'Algérie, elle comporte l'ensemble des communes d'El-Meniaa et Hassi El Gara qui forment un oasis splendide née sur le lit d'Oued Seggeur. Situé à une latitude de 30°35'Nord et une longitude de 02°52'Est, la région atteint une altitude moyenne de 396m. L'ensemble est bordé par l'immense partie du grand erg occidental du côté Ouest, et vers l'Est on trouve la falaise de hamada qui forme le plateau de Tademaït.

La région d'étude est distant du littoral (Alger) de 900 km et de 470 km du pied de l'atlas Saharien .Elle constitue un lieu de transit important vers le grand sud Algérien et le Niger .Elle est circonscrite par :

- In Salah au Sud (400 km).
- Ghardaïa au Nord-Est (270 km).
- Timimoune au Sud-Ouest (360 km).
- Ouargla à l'Est (410 km).

Constitue actuellement un lieu de rencontre des voies venants du côté Ouest du Saoura (Adrar, Timimoune), du plein Sud (Tamanrasset, In Salah et Niger), et la route nationale projetée de l'Est (Hassi-Messaoud, Ouargla).

Sa position géographique et géostratégique attire les populations voisines, comme elle permet d'établir un équilibre spatial et fonctionnel pour l'ensemble de la wilaya, lui offrant un statut d'une zone militaire importante (Fig01).

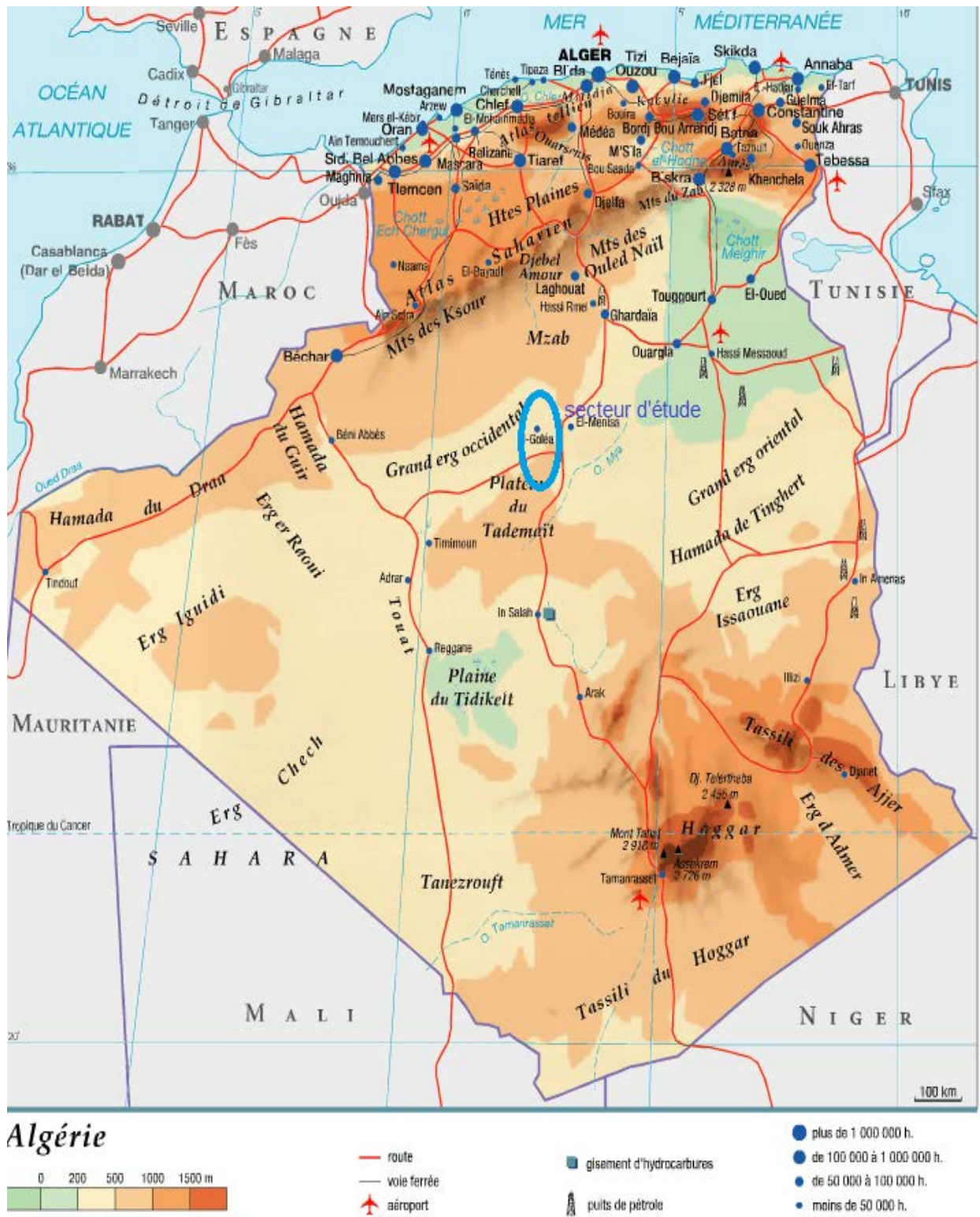
1-Contexte socio-économique

1.1 Démographique

La démographie d'un territoire met en jeu son développement car ce sont les hommes qui façonnent le cadre de la vie, les réseaux de mobilité et l'économie locale comme l'organisation sociale.

La population des communes est estimée d'après le recensement de l'année 2008 à 39662 habitants pour la commune d'El- Meniaa et à 18 023 habitants pour la commune de Hassi El-Gara soit un total de 57685 habitants dans la l'ensemble de la daïra d'EL- Ménia.

La région est caractérisée par une densité populaire moyenne de l'ordre de 1.18hab/km². Avec un taux de croissance de l'ordre de 2,33%, (D.P.A.T, 2008).



(internet)

Fig.01: Situation géographique de Ville d' El-Ménia (El Goléa)

1.2- Agriculture

La daïra d'El-Meniaa, c'est une ville oasis à vocation agricole, dispose d'un périmètre agricole important qui lui permis de garder son cachet traditionnel de région rurale à vocation essentiellement agricole. La superficie agricole totale s'étend sur 542971 hectares.

3- Géomorphologie

3.1- Géomorphologie régionale

La région d'El-Ménia est située sur un niveau alluvial ancien creusé dans un plateau caillouteux dont les assises géologiques appartiennent au cénomanien.

3.2- La géomorphologie locale

El-Ménia se trouve dans un couloir enserré entre les dernières dunes de grand erg occidental. La vallée de l'oasis est un lit alluvionnaire, composé des terrains agricoles très fertiles.

Les cultures se déploient dans la vallée d'un Oued, d'après (G.CAPOT-REY, 1958) cet Oued représente le prolongement d'Oued Seggeur réapparaissant après la traversée de l'erg. L'oasis se situe dans une zone déprimée sur des terrains alluvionnaires sableux, un peu argileux à l'approche des buttes qui se localisent dans la partie Est, on note la présence d'un glacis simple ou double par endroit très disséqué et qui forme une surface prête pour le ruissellement.

3.3- La topographie

La topographie de la région est relativement plane et correspond à un plan incliné vers le Sud Est.

On observe une variation négligeable de la pente dans la partie Est et Sud-Ouest ce qui donne deux différents zones au niveau du site :

- La première correspond au talus et aux reliefs matérialisés par les remblais.
- La deuxième zone représentée par le reste du site qui correspond à un plan incliné vers le Sud-Ouest (Fig.02).

4 - Le réseau hydrographique

4.1 - La vallée de l'oasis

El-Ménia se situe à l'amont d'une gouttière grossièrement de direction NNE-SSW où les eaux venues de l'impluvium atlasique qui se matérialise par l'Oued Seggeur qui s'écoule à des

centaines de kilomètres vers le Sud- Est et se partage au bordures du grand erg occidentale et se termine par un affluent sur le grand sebkha d'El- Ménia (sebkhat-el-mellah) et du coté de l'erg occidental s'écoulent en direction vers Gourara (Timimmoun).

4.2 - Lac (Sebkhat El Mellah)

C'est une dépression endoréique (sebkha) d'une superficie de 18.947 hectares constituée de sols salés, Elle se compose de deux plans d'eau, un bassin supérieur, à salinité modéré, très riche du point de vue de la diversité biologique et s'assimilant à un étang, et un sebkha, ou lac salé, dénudé dont les berges constituant un lieu des cristallisations de sel. (N. Habiba 1996) (Fig.02).

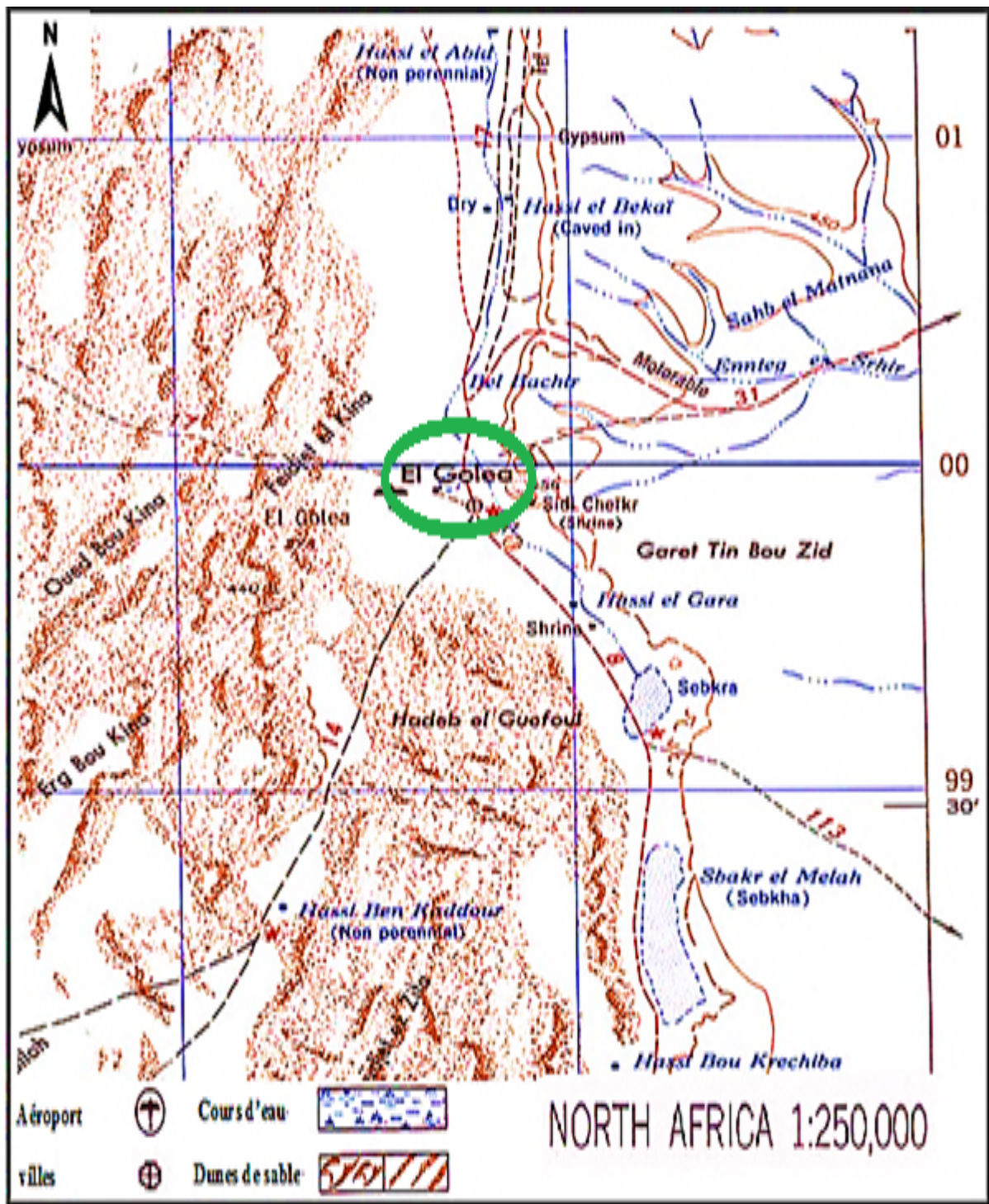


Figure 02: Carte topographique de la région d'El-Goléa (ANRH, 2007).

Introduction :

Le cadre géologique de l'Algérie septentrionale revêt, en effet une importance capitale et d'une extrême complexité

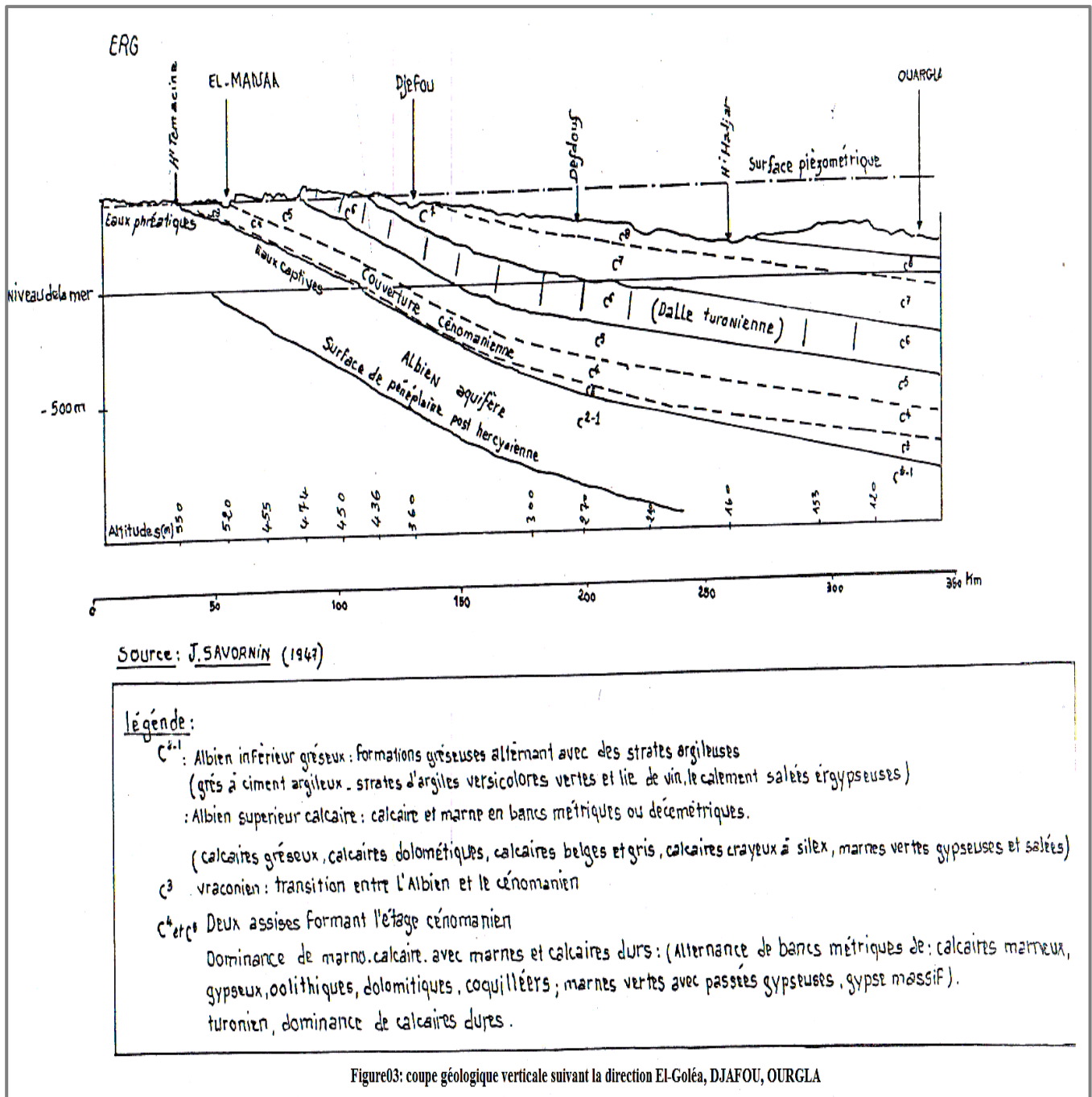
Nous pouvons distinguer en Algérie quatre grands ensembles structuraux qui sont du Nord au Sud :

- l'Atlas tellien, constitué par les reliefs et les plaines littorales.
- les hauts plateaux et les hautes plaines.
- l'Atlas saharien qui forme une longue suite de reliefs orientés NE-SW.
- la plate-forme saharienne.

Notre région fait partie de la plate-forme saharienne.

1- géologie régionale

Une coupe géologique verticale (fig.03) suivant la direction El-Goléa (El-Ménia), Djafou, Ouargla montre une disposition monoclinale à faible pendage des principales unités stratigraphiques de la dorsale saharienne avec un affleurement au niveau d'El-Ménia, constitué par le crétacé supérieur et le vraconien. (P. DECAMPS, 1971).

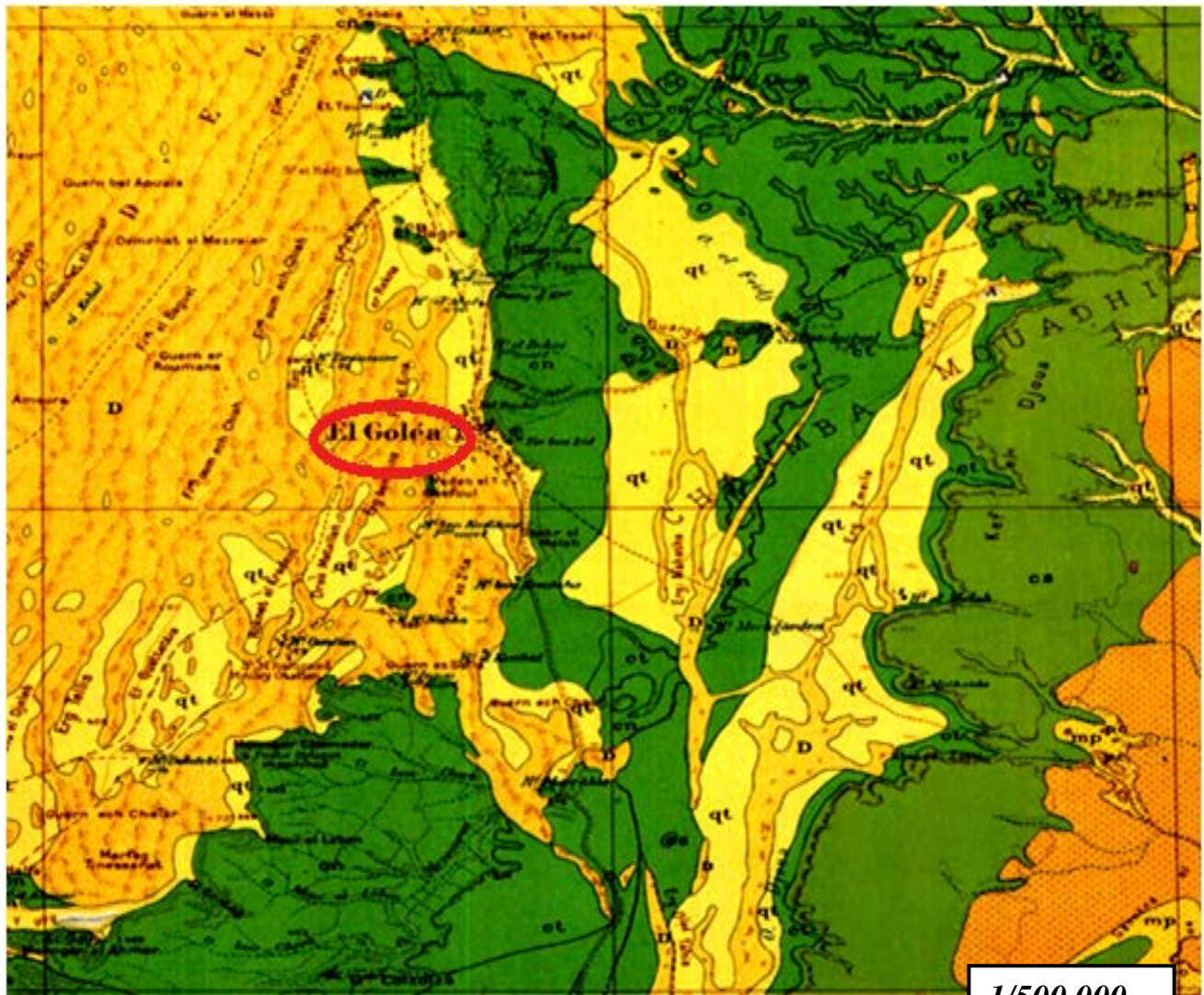


2- Géologie locale :

On rencontre à El-Ménia deux structures naturelles caractéristiques du milieu désertique :

- La falaise et les "cours" plateaux d'âge cénonanien inférieur constituées par des calcaires et des marnes grises avec intercalation d'argile bigarrée.
- La plaine ou la dépression allongée formée d'albien et de quaternaire qui recouvre les marnes, les grés et les sables rouges vraconiens.

Le dépôt du quaternaire continentale présente des épaisseurs zonalement très variables (Fig.04)



D	dunes récentes
qt	Quaternaire continental : alluvionnes, Regs, terrasses
pc	Pliocène continental poudingues, calcaires lacustres
mp	Pontien : localement équivalent de miocène continental (mc)
cs	Crétacé supérieur marine
csc	Crétacé supérieur continental
csm	Crétacé supérieur marine non subdivisé
cm	Crétacé moyen (marine ou lagunaire)
	divisé en ct : Turonien cn : cénomaniens
e	Crétacé marine non subdivisé

(ANRH, Ghardaia, 2007)

Figure 04:Extrait du Carte géologique d'El-Ménia

2.1- Description litho-stratigraphique

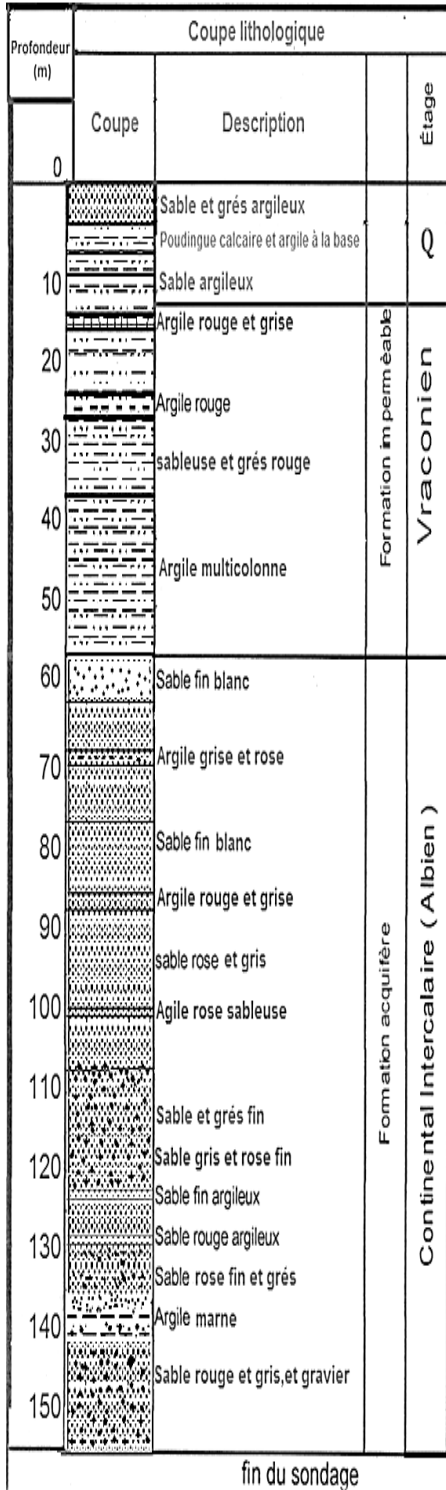
D'après les différents sondages de reconnaissance faites par (N.Gousskov, 1947), (figures logs stratigraphiques:5a,5b,5c,5d).

Sondage BADRIAN Long. : 487890

Sondage : TIN Bouzid Longitude : 486280

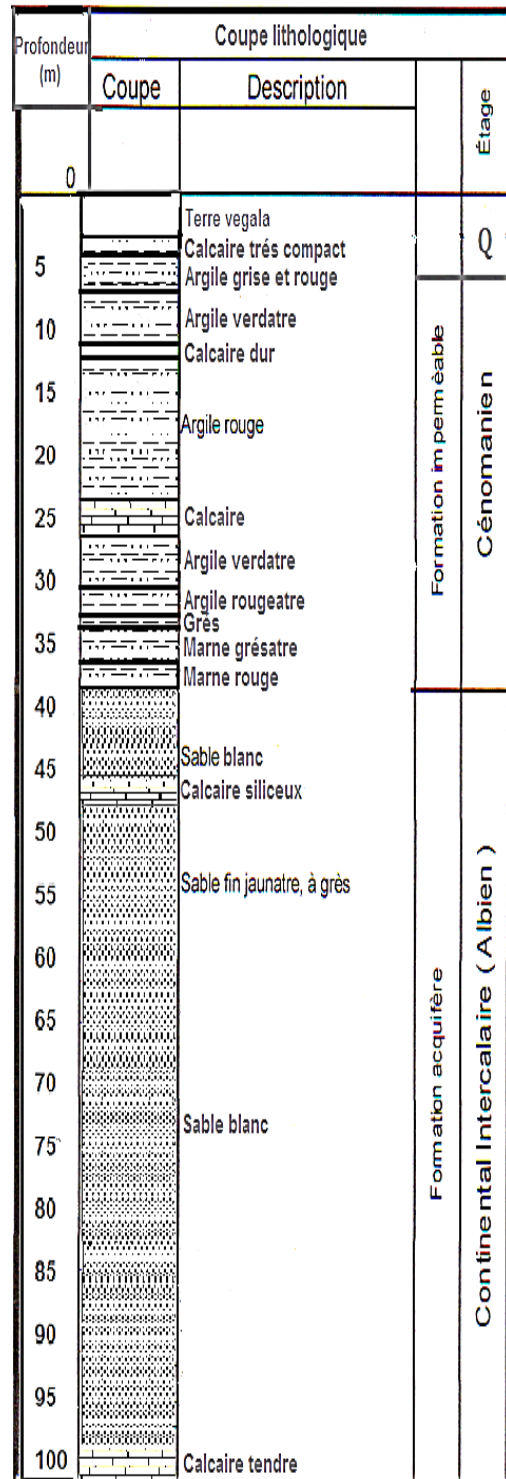
Z/sol : 396.080m
Echelle de la coupe : 1/1000 Latitude : 3378580

Z/sol: 393.77 m
Echelle de la coupe : 1/500 Latitude : 3379790



(ANRH, Ghardaia, 2007)

Figure 05a: Coupe lithologique du forage (Badriane).



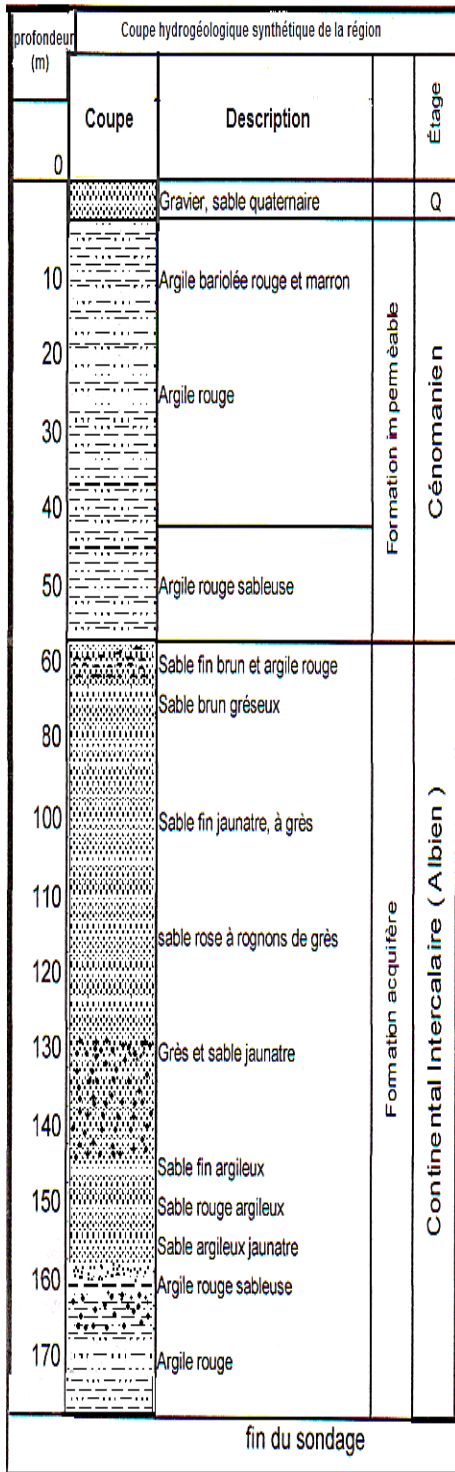
(ANRH, Ghardaia, 2007)

Figure 05b: Coupe lithologique du forage (Tin-bouzid).

Sondage : BEL-Bachir Long. : 3387370.73

Z/Sol : 396 m

Echelle de la coupe : 1/1000 Latit. : 488636,9



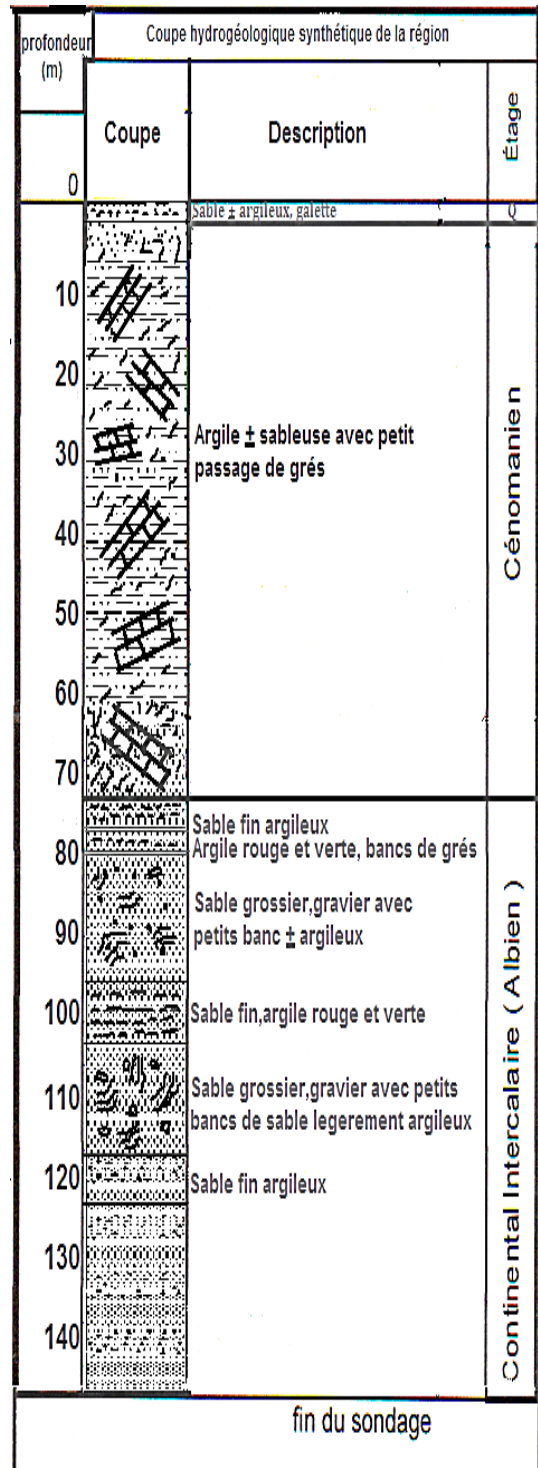
(ANRH, Ghardaia, 2007)

Figure 05c : Coupe lithologique du forage (Bel-Bachir).

Sondage : TAGHIT Longitude : 486880

Z/sol: 398.100 m

Echelle : 1/1000 Latitude : 3380710



(ANRH, Ghardaia, 2007)

Figure 05d : Coupe lithologique du forage (Taghit).

Ces sondages sont implantés sur une carte de positionnement par le logiciel (SURFER 10) à partir des coordonnées de chaque sondage (Fig.06).

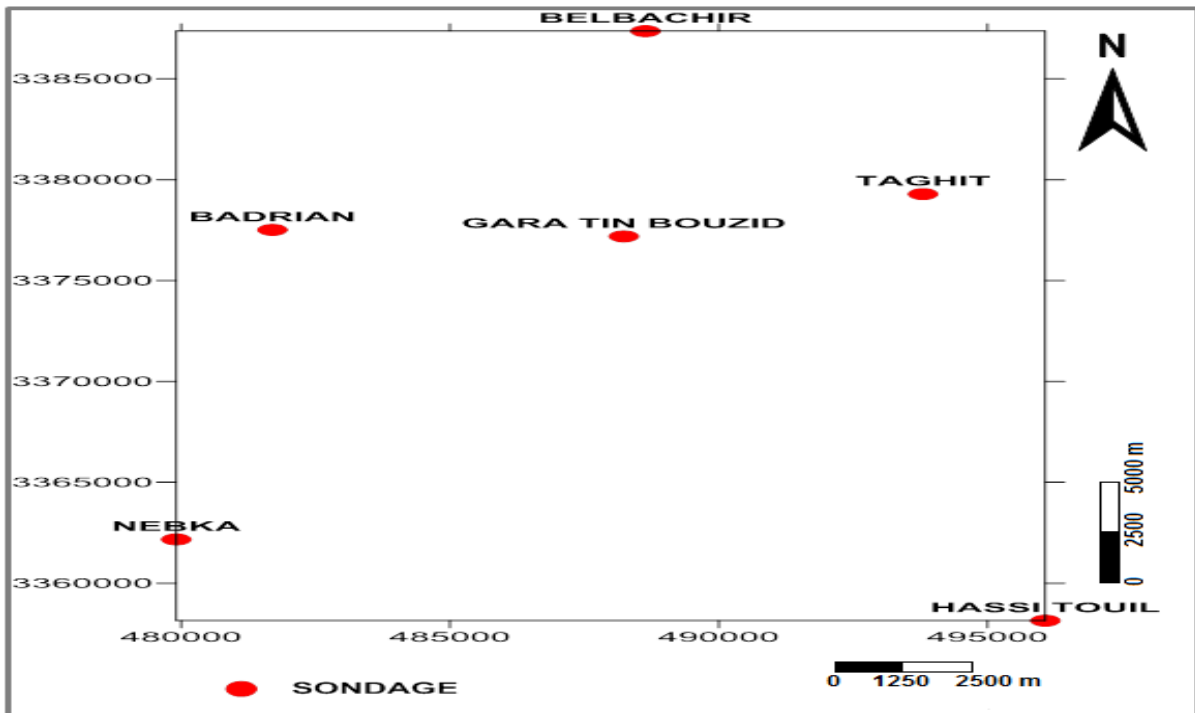


Figure 06: Carte de position des sondages

Une corrélation entre différents sondages nous a permis de bien suivre la lithologie en espace et comprendre l'évolution des faciès et les phénomènes d'érosion ainsi l'épaisseur des couches géologiques, le Vraconien est altéré est absent au niveau du sondage de Taghit et Tin bouzid (Fig. 07a et 07b).

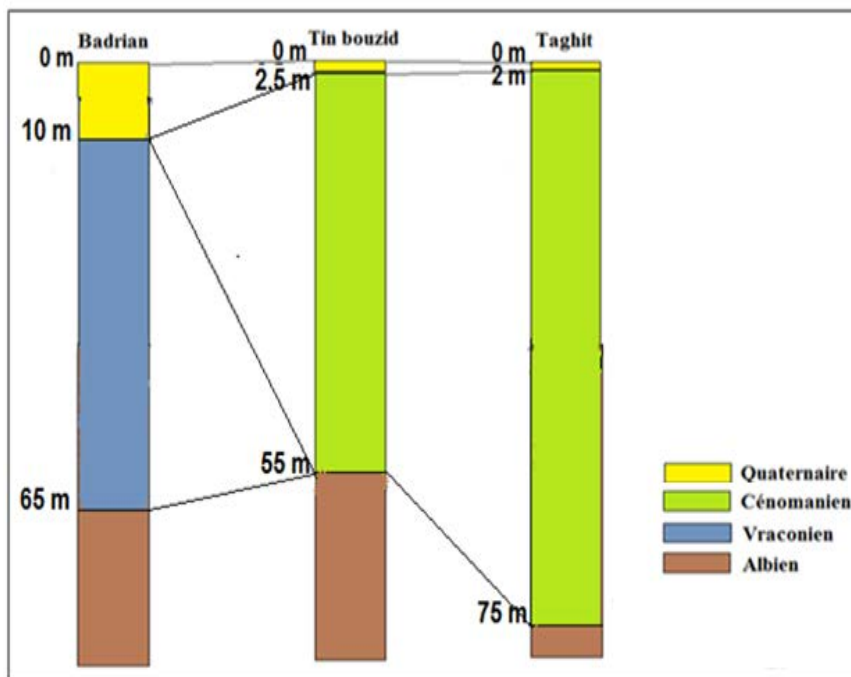


Figure 07 a : Corrélations entre les points du sondages.

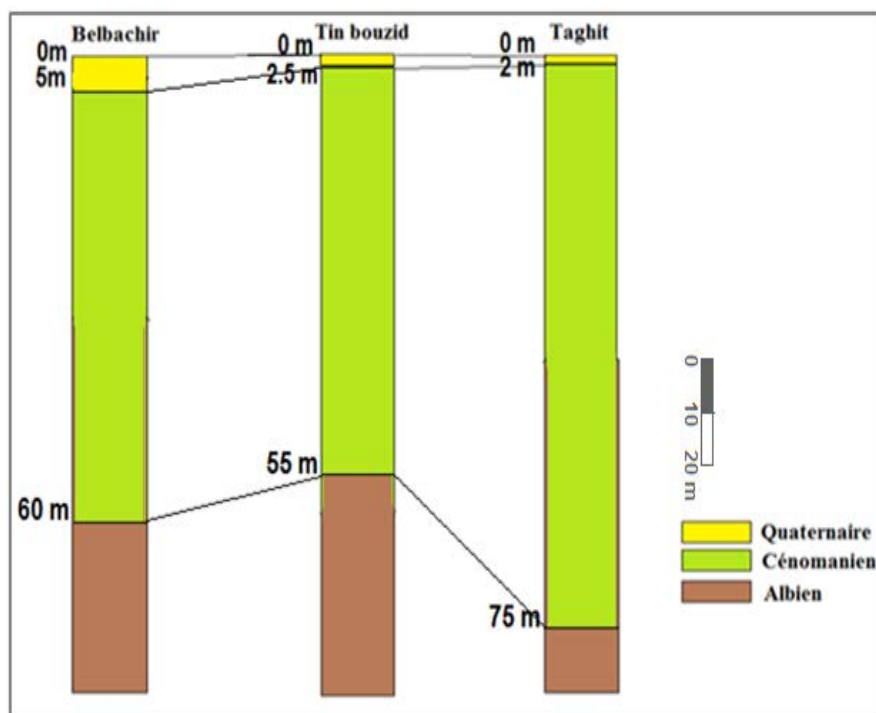


Figure 07 b: Corrélations entre les points du sondages.

La description de la lithologie des différents faciès des sondages a permis de connaître la géologie locale de notre secteur d'étude.

Les principales formations géologiques rencontrées à El-Ménia sont les suivantes :

2.1.1- Albien

C'est un ensemble de sable, de grès, et d'argile rouge de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Cette formation présente une grande importance puisqu'il renferme la nappe aquifère au même nom ou la nappe de continentale intercalaire.

2.1.2- Vraconien

C'est une formation argilo- sableuse de 50 mètres d'épaisseur environ. Il ressemble beaucoup à l'albien, mais qui diffère par sa grande teneur en argile d'où son imperméabilité relative.

En pratique le vraconien constitue le toit imperméable de l'albien quand il n'est pas érodé. Il forme le sous-sol d'El-Ménia.

2.1.3- Cénomanién

C'est un ensemble de 150 à 170 mètres d'épaisseur de marne et de calcaire, constitue le toit de la moyenne partie de l'Albien en absence de Vraconien et forme la falaise qui domine El-Ménia à l'Est. Le cénomanién est divisé en :

2.1.3-a- Cénomanién inférieur

Cette série est constituée des marnes et argiles gris verdâtres à la base. Ce niveau fait suite à des intercalations calcaires (calcaires en plaquettes) des gypses puis une nouvelle série marno-

Argileuse et se termine par un banc de grès quartzeux très compacte. L'épaisseur de cénomanien inférieur est de 70m.

2.1.3-b- Céomanien supérieur

Une assise de calcaire d'une dizaine de mètre d'épaisseur et renferme de nombreux gites fossilifères aux environs immédiate de l'Oasis.

2.1.4- Turonien

Il se présente sous forme d'une épaisse barre de calcaire de 50 à 60 mètres. Il forme une partie des sommets de dorsale M'Zab et le plateau de Tademaït. Parfois ces calcaires turoniens sont légèrement fissurés et renferme une nappe aquifère.

2.1.5- Sénonien

C'est une alternance de marnes, de calcaires et de gypses, il affleure dans le m'Zab et sur Tademaït. Parfois les barres de calcaires renferment des petites nappes aquifères.

2.1.6- Quaternaire

Il est représenté par trois types de dépôt :

- Une croute calcaire désertique qui se rencontre surtout sur les trois plateaux calcaires à El-Ménia .
- Des alluvions des oueds composés presque exclusivement de sable avec des niveaux argileux intercalés et développés surtout dans la vallée de Oued Seggueur .
- les dunes de l'erg occidental recouvrent totalement vers l'Ouest, sur de très grandes distances le substratum crétacé.
- Le quaternaire renferme à El-Ménia une nappe alluvionnaire importante.

Conclusion

Le trait essentiel qui caractérise la région d'étude du point de vue géologique est la présence :

- Des formations à perméabilité élevée constituées de sable du quaternaire et des sables blancs, grès de l'Albien.
- Des formations marneuses, calcaires, gypses et des argiles sableuses pouvant contenir des niveaux fissurés perméables et des niveaux imperméables.

Introduction

Le caractère fondamental du climat saharien est la sécheresse de l'air, mais les microclimats jouent un rôle considérable au désert. Le relief, la présence d'une végétation abondante peuvent modifier localement les conditions climatiques. Au sein d'une palmeraie on peut relever un degré hygrométrique élevé, le degré hygrométrique modifie les effets de la température. Il faut tenir compte également du comportement des nappes aquifères et la variation du niveau piézométrique dépendent étroitement des paramètres climatiques comme la température, précipitations et l'évaporation.

1- Paramètres climatiques de la région

1.1-Température

La température est un élément fondamental du climat. Elle est liée à la radiation solaire. Sa variation influe sur la transformation des eaux en vapeur, que ce soit à la surface ou dans le sous-sol. De ce fait, elle influe sur le degré d'évapotranspiration et par conséquent elle agit sur le taux de salinité des eaux. Toutefois, la température a un rôle important dans la variation des composantes du bilan hydrologique.

Les observations faites sur la période 2008-2012 sont représentées sur le tableau suivant :

Tableau n°01 : température moyenne mensuelle (2008-2012)

Mois	jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
m°C	8,9	9,2	16,1	18,6	24,8	30,2	33	27,7	29,2	20,4	13,8	9,8	/
M°C	11,8	13,2	17,5	23	27,2	35,2	35,5	36,8	32	25,5	17,8	15,4	/
T°C	10,35	11,2	16,8	20,8	26	32,7	34,25	32,25	30,6	22,95	15,8	12,6	20.45

Station météorologique d'El-Ménia (2008-2012)

T: température moyenne mensuelle.

m : température minimale de chaque mois.

M : température maximale de chaque mois.

Les variations de température moyenne mensuelle (fig.08) qui montrent une grande amplitude thermique entre l'hiver et l'été ; les mois de juin, juillet et août sont les mois les plus chauds avec des moyennes mensuelles de l'ordre de 32 à 34 °C et le mois le plus froid est janvier avec une moyenne de 10.35°C.

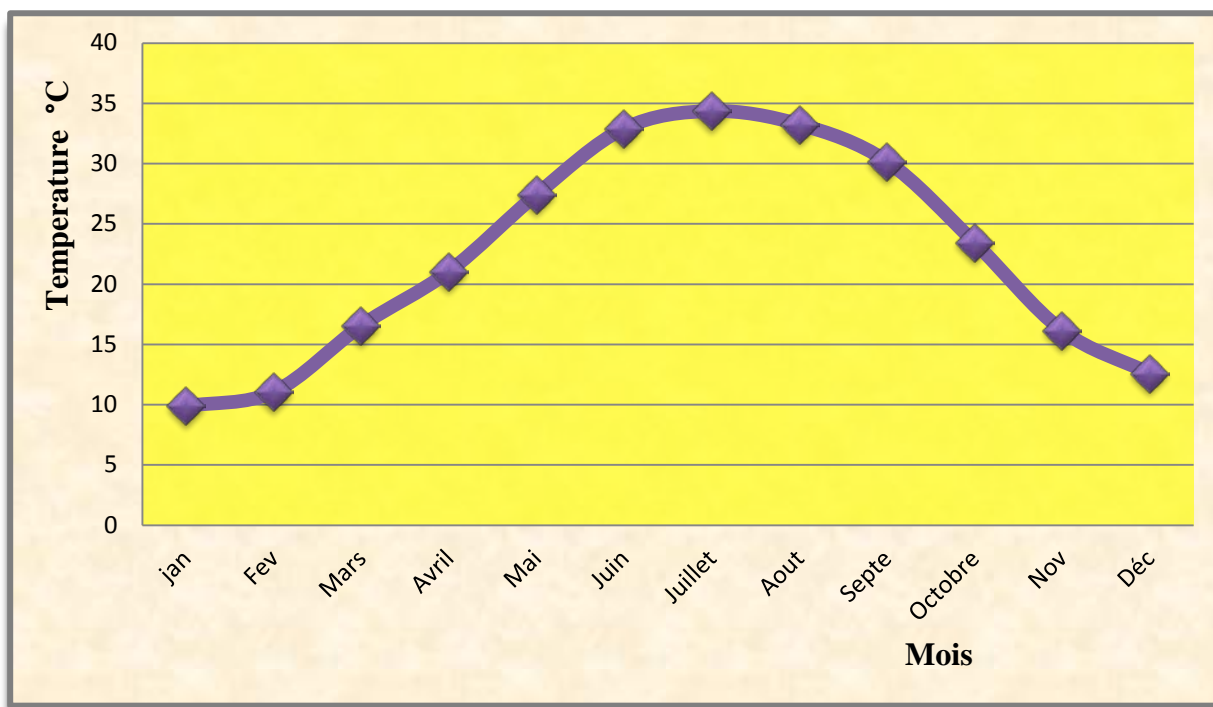


Figure 08: Température moyenne mensuelle (2008-2012).

1.2 - Pluviométrie

L'analyse de la pluviométrie de la zone d'étude constitue un paramètre important et efficace pour étudier l'impact du changement climatique sur le fonctionnement de la nappe alluvionnaire (recharge et remplissage par les eaux de crues et d'infiltration directe).

1.2.1 Variations moyennes mensuelles des précipitations :

La courbe des variations des moyennes mensuelles des précipitations, montre que Les précipitations sont très faibles et irrégulières. Elles varient entre 0 mm et 24.4 mm, le mois de janvier est le plus pluvieux, avec 24.4 mm, alors que les mois de juin, juillet et aout sont les plus sec, où la précipitation est nulle (Fig.09).

Les pluies sont en générale torrentielles et durent peu de temps sauf dans des cas exceptionnels.

Tableau n°02 : Précipitation moyenne mensuelle (2008-2012)

Mois	jan	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	année
P (mm)	24,4	1,4	3,4	1,2	1,18	0	0	0	0,2	10,4	1,2	0,2	43.38

Station météorologique d'El-Ménia (2008-2012)

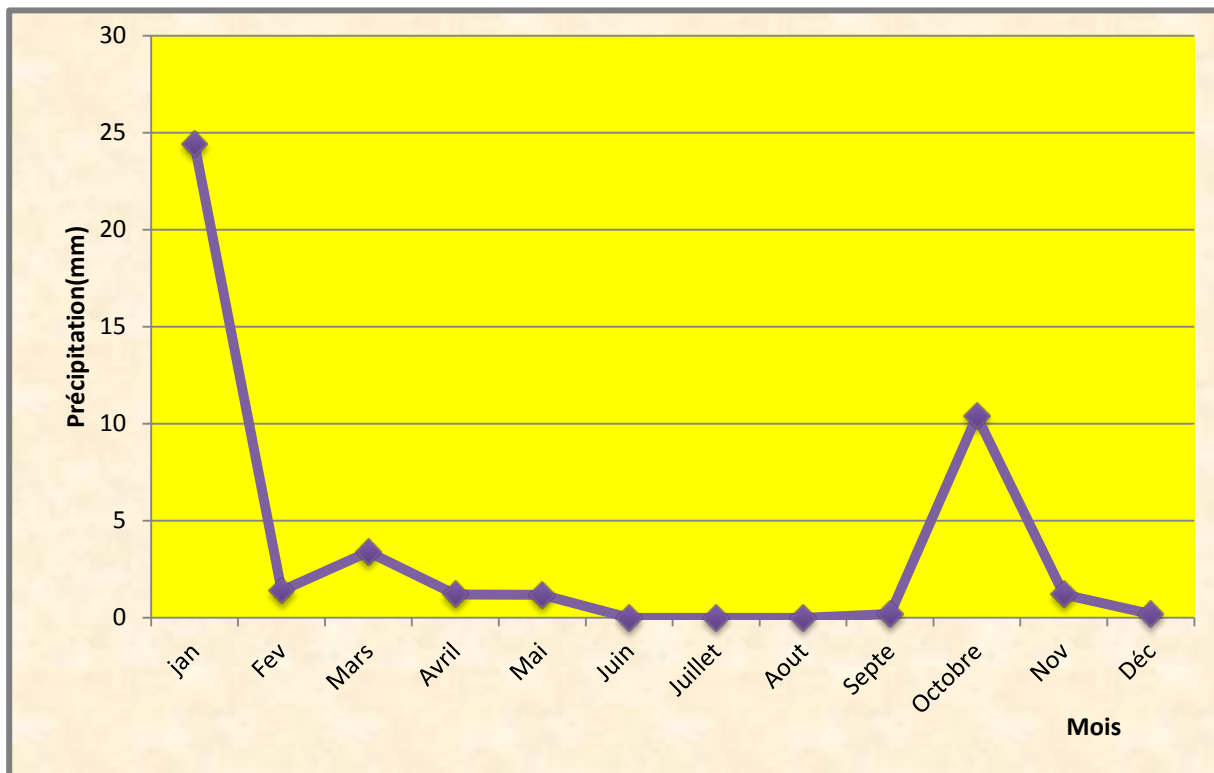


Figure09: Précipitation moyenne mensuelle (2008-2012).

1.2.2- Variations annuelles des précipitations

L'analyse de la courbe des variations annuelles des précipitations, sur une période de 5 ans (2008-2012), montre que l'année 2009 est la plus arrosée avec 82 mm et l'année 2011 est la plus sèche avec 3.4 mm. Notons que les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre 43.38 mm (Fig.09). Cette valeur moyenne est très proche à celle donnée par la carte des isohyètes où la région d'El-Ménia localisé sur la courbe 45 mm (Fig10).

Tableau n°03: Précipitation annuelle (2008-2012)

année	2008	2009	2010	2011	2012	moyenne
P (mm)	46,5	82	43	3,4	42	43,38

Station météorologique d'El-Ménia (2008-2012)

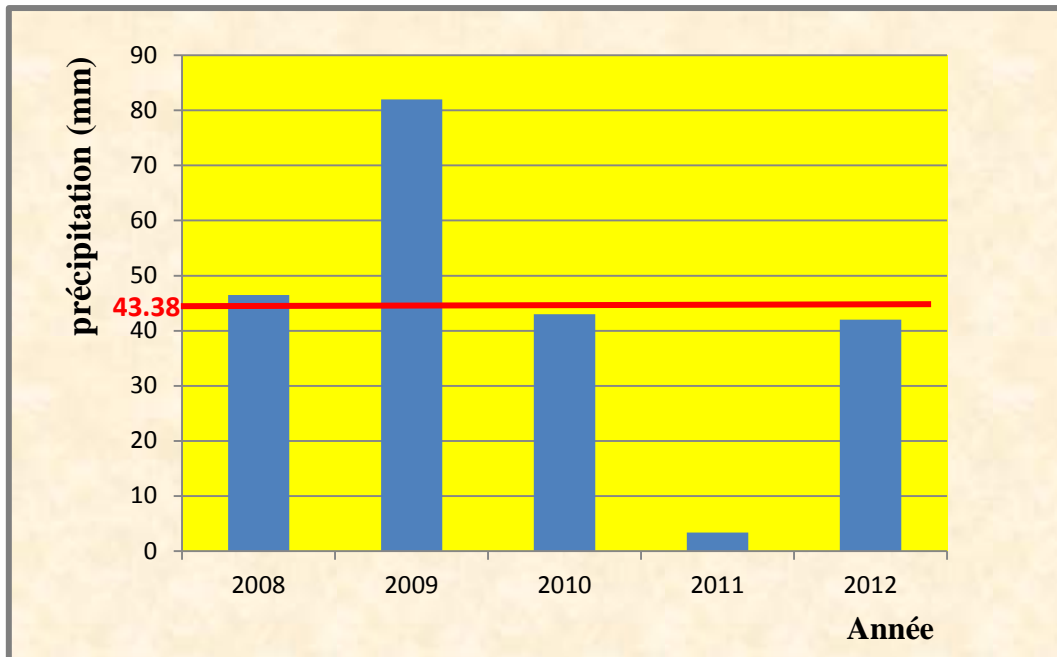
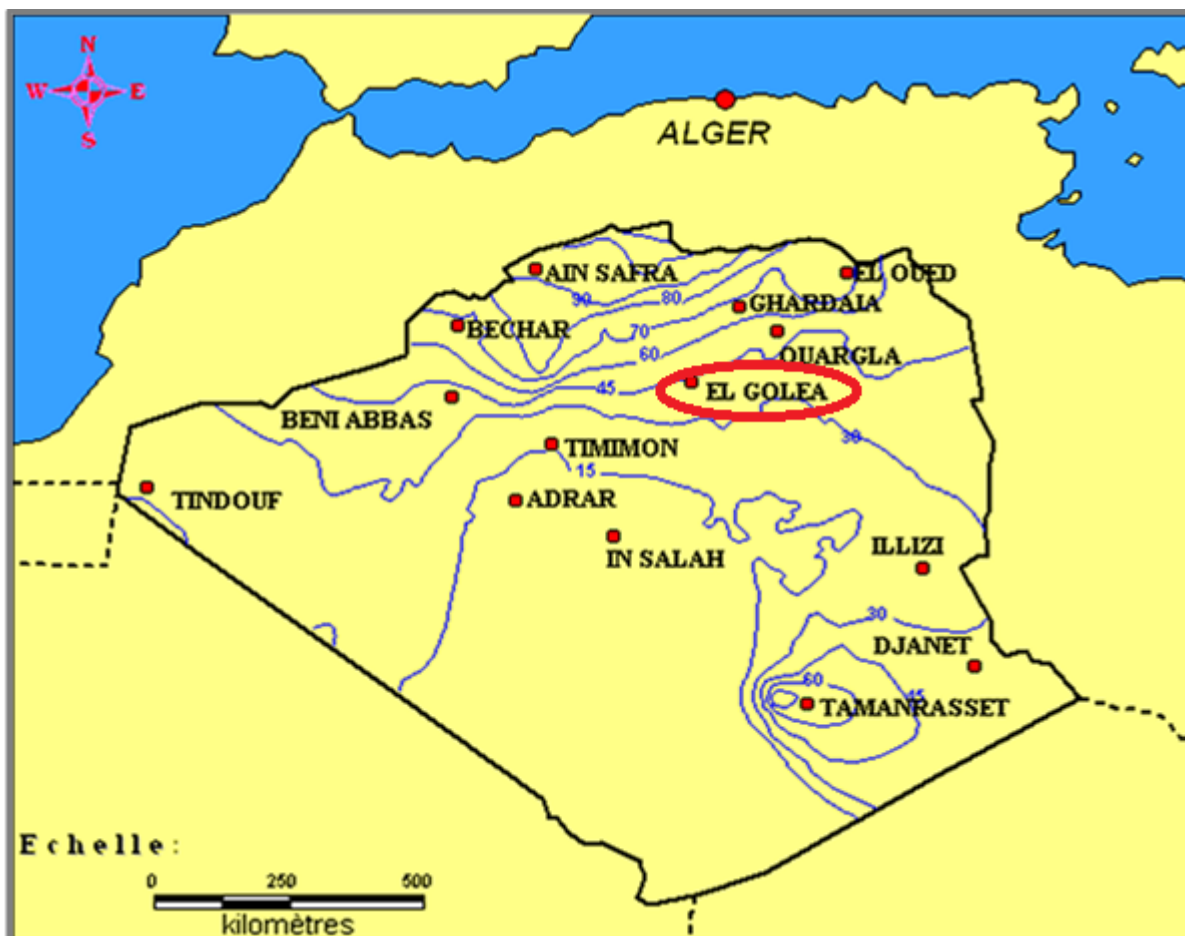


Figure 10: Précipitations annuelles (2008-2012).



(Cahiers de sécheresse, N° : 1/98 (Internet)]

Figure 11: Carte en isohyètes moyennes annuelles du Sahara algérien.

1.3-Humidité

L'humidité est définie comme étant le rapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air humide et la pression de saturation à la même température. Elle est exprimée en pourcentage.

Tableau n°04 :L'humidité relative moyenne mensuelle du l'air (2008-2012)

Mois	jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
humidité moyenne %	51,69	44,56	39,39	35,08	30,51	25,59	21,73	22,21	32,26	45,24	52,83	55,82

Station météorologique d'El-Ménia (2008-2012)

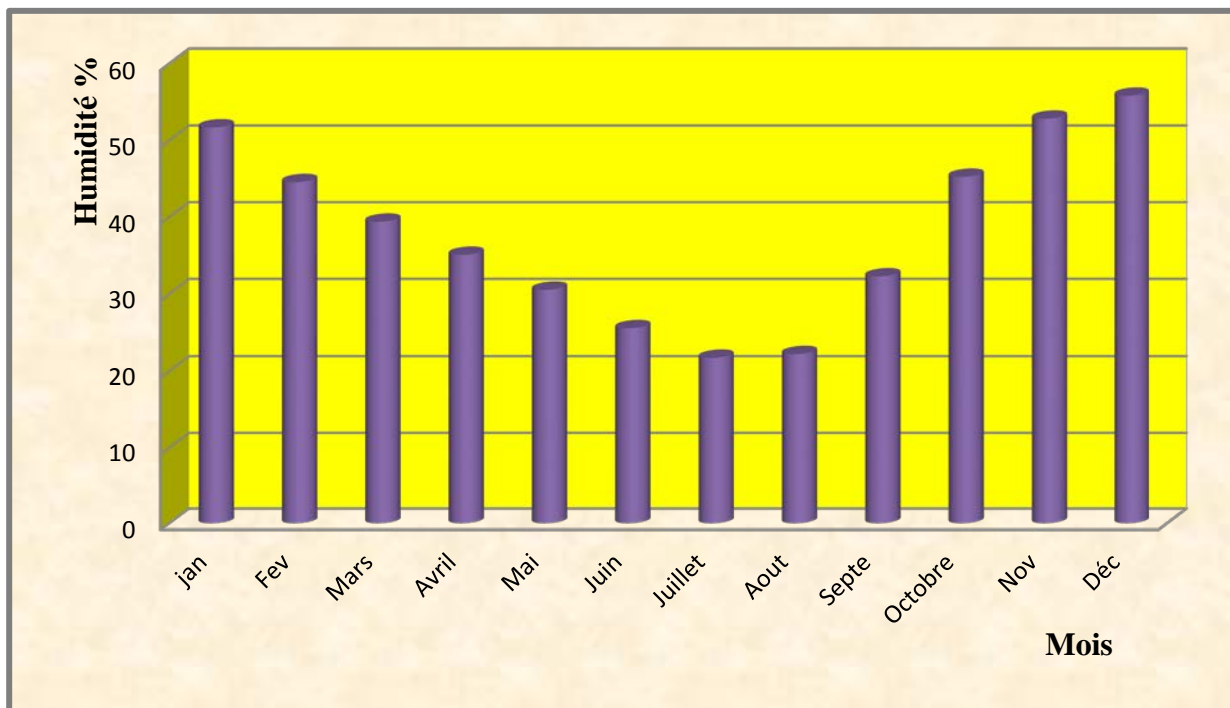


Figure 12: L'humidité relative moyenne mensuelle de l'air (2008-2012).

L'humidité relative moyenne exceptée les mois de novembre, décembre et janvier est inférieure à 50% pendant toute l'année.

-le maximum est au mois de novembre, décembre et janvier avec des moyennes allant de 51,69% à 55,82%

-le minimum est au mois de juin, juillet et août avec 25,59%, 21,73% et 22,21% respectivement.

1.4 - Vents

Le vent est le facteur principal de la topographie désertique. Pendant certaines périodes de l'année, en général en mars et avril, on assiste au Sahara à des véritables tempêtes de sable. Des masses de sable se déplacent avec violence atteignant plusieurs centaines de mètres de haut. L'obscurité règne et toute activité cesse. Ces phénomènes peuvent durer de un à trois jours et plus, avec une accalmie durant la nuit.

Tableau n°05: vitesse moyenne mensuelle du vent (2008-2012)

Mois	jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Année
vitesse m/s	2,28	5,22	2,36	6,76	1,98	1,58	1,86	2,44	2,38	2,9	2,08	2,98	2.9

Station météorologique d'El-Ménia (2008-2012)

L'analyse du tableau n°04 montre que la vitesse moyenne des vents enregistrée à El-Ménia est de 2.9 m/s annuellement avec un maximum de 6.76 m/s pour le mois d'avril.

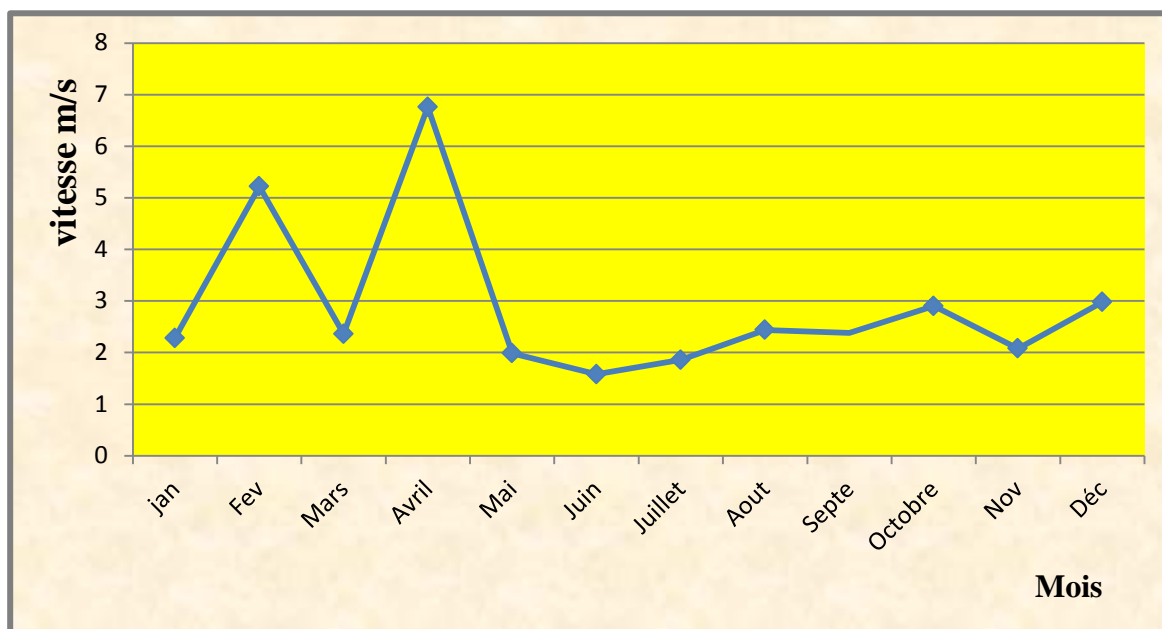


Figure 13: vitesse moyenne mensuelle du vent (2008-2012).

1.6-Insolation

L'insolation est la période durant laquelle le soleil brille le sol, l'augmentation de la radiation solaire provoque l'augmentation de l'évapotranspiration où une partie des radiations solaires absorbées par le sol et l'autre réfléchi, ce dernier dépend de la nature de sol et le type de la région environnante. (A. Abdelmotaleb1998)

Tableau n°06: moyenne mensuelle de l'insolation (2008-2012)

Mois	jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	total
heur/jour	7,74	9,08	8,05	9,34	10,05	9,77	11,40	10,48	8,38	8,36	8,87	7,92	109,44

Station météorologique d'El-Ménia (2008-2012)

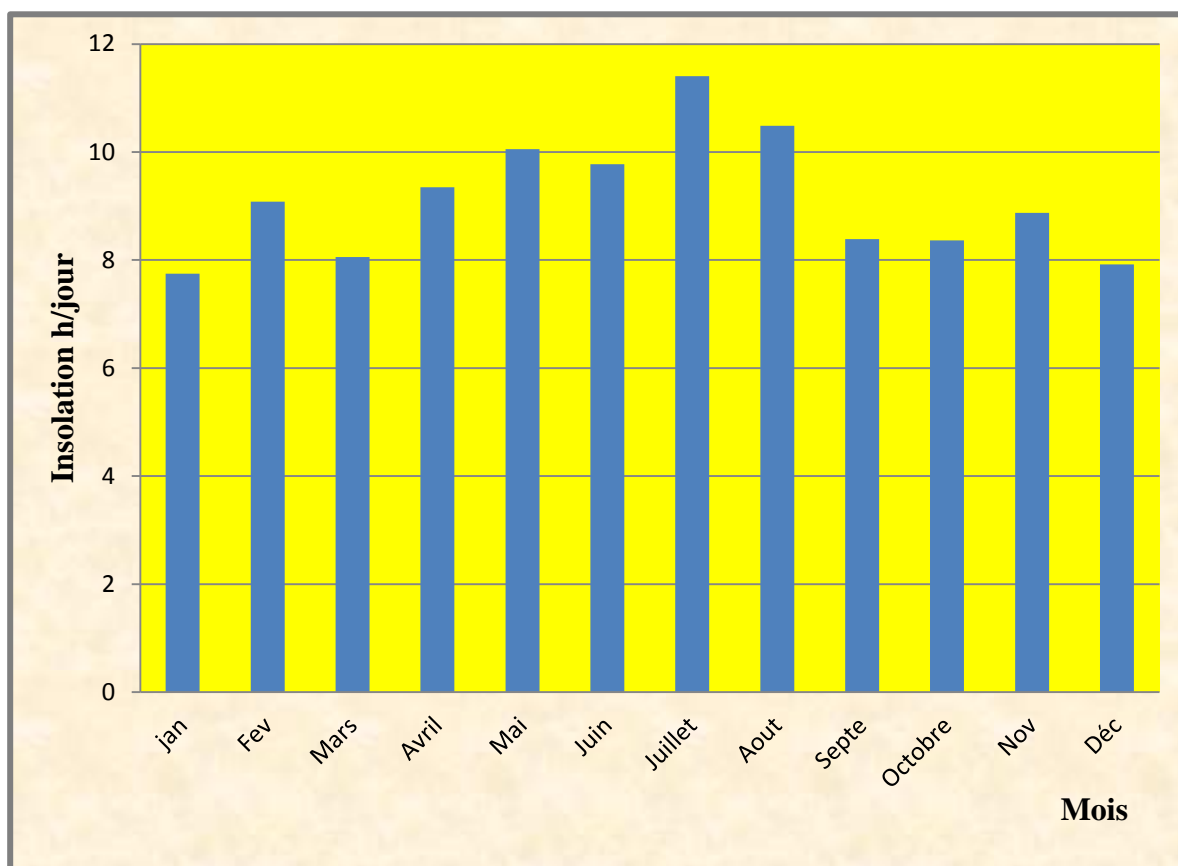


Figure 14: Moyenne mensuelle de l'insolation (2008-2012).

Il ressort de ce diagramme que l'insolation atteint son maximum pendant les mois de Juillet et Aout.

2- Caractérisation du climat

Les caractéristiques d'un climat d'une région donnée est déterminer par des indices ou des diagrammes qui permet de comparer les climats d'une région à l'autre. Ils prennent généralement

en considération la pluviométrie et les températures. Les plus couramment utilisés sont les suivants :

2.1- Diagramme ombrothermique

Le diagramme ombrothermique établi à partir des valeurs de la température moyenne ($M+m/2$ °C) et des précipitations moyennes mensuelles (mm), permet de distinguer une saison sèche indiquant clairement un déficit de précipitations et une saison de pluie présentant un excédent de précipitation.

Un mois sec se définit, selon (**Bagnouls et Gausse, 1953, 1957**) comme celui ayant un total pluviométrique (moyenne en millimètres) égal ou inférieur au double de la température (moyenne en °C) ($P \leq 2T^\circ$).

Tableau n°07: moyenne des précipitations et des températures (2008-2012)

Mois	jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
P (mm)	24,4	1,4	3,4	1,2	1,18	0	0	0	0,2	10,4	1,2	0,2
m°C	8,9	9,2	16,1	18,6	24,8	30,2	33	27,7	29,2	20,4	13,8	9,8
M°C	11,8	13,2	17,5	23	27,2	35,2	35,5	36,8	32	25,5	17,8	15,4
$M+m/2$ °C	10,35	11,2	16,8	20,8	26	32,7	34,25	32,25	30,6	22,95	15,8	12,6

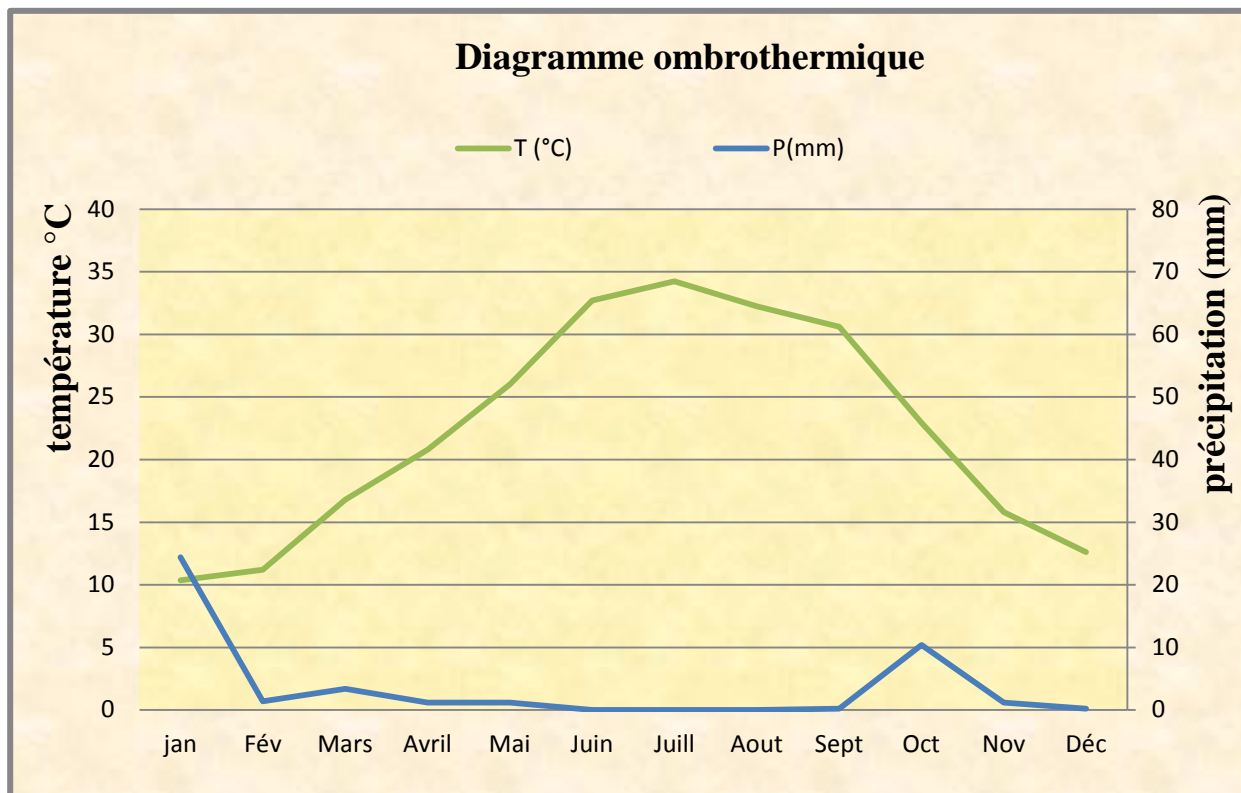


Figure 15: Diagramme ombrothermique établi avec la moyenne des précipitations et des températures de la station d'El-Ménia (2008-2012).

D'après ce diagramme, on déduit que la région d'El-Ménia est caractérisée par une saison sèche qui s'étale sur plusieurs mois consécutifs.

2.2- Indice d'aridité (Indice de De Martonne)

Défini par le géographe DE MARTONNE, l'indice d'aridité est un indicateur quantitatif du degré de manque d'eau présent à un endroit donné.

Cet indice est fonction des températures et des précipitations ; il est calculé par la relation suivante :

$$I = P / (T + 10)$$

Où

I : indice d'aridité.

P : précipitations moyennes annuelles en mm.

T : températures moyennes annuelles en °C.

Application :

P = 43,38 mm.

$$T = 22.41 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Ce qui donne :

$$I = 3.63 / (22.41 + 10) = 1.33 < 5$$

Ainsi, l'indice de DE MARTONNE peut caractériser différents climats :

Tableau n° 08 : Classement de climat en fonction de l'indice d'aridité de DEMARTONNE

Classement de l'Indice d'Aridité	Type de Climat
$I < 5$	Climat hyper aride
$5 < I < 7.5$	Climat désertique
$7.5 < I < 10$	Climat steppique
$10 < I < 20$	Climat semi-aride
$20 < I < 30$	Climat tempéré
$I > 30$	Climat humide

D'après la classification de DE MARTONNE la région d'El-Ménia est caractérisée par un climat hyper aride.

Conclusion

La région d'El-Ménia est caractérisée par un climat saharien de type hyper aride, avec un hiver froid et un été chaud et sec, influencé par sa position géographique et par son relief.

L'analyse de différentes données climatiques nous a conduits à présenter les principales caractéristiques de la région d'étude :

- Températures élevées présentant une grande amplitude thermique entre l'hiver et l'été avec une moyenne annuelle de l'ordre 22,41°C.
- Irrégularité et rareté des précipitations avec une moyenne annuelle estimée à 43.38 (mm).
- Insolation très importante.

Notons que les conditions lithologiques et climatologiques ne permettant pas un bon ruissellement et une infiltration des eaux de pluies.

Introduction

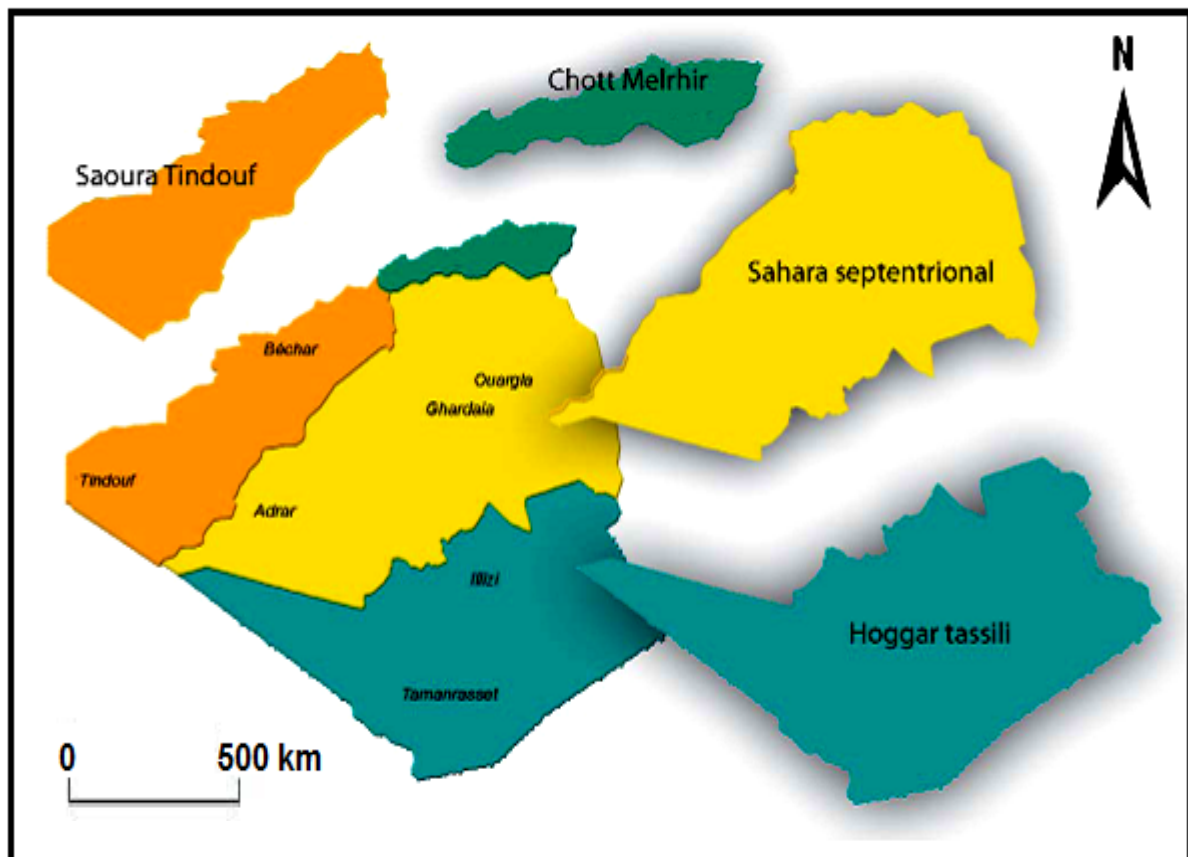
Les formations aquifères, tant par leur nature lithologique que par leur extension dans l'espace, occupent une place importante dans notre présente étude, car elles influent sur le fonctionnement hydrogéologique de celles-ci. Ainsi, ce travail a pour but de comprendre l'impact des variations de la lithologie dans l'espace sur le comportement hydrodynamique de différentes nappes et aussi la détermination des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère (la transmissivité) qui renseignent sur les caractéristiques de l'écoulement et le comportement de la nappe.

1 - Hydrogéologie régionale

Le Sahara Algérien est subdivisée en quatre unités hydrogéologiques (Fig.16).

- L'unité du Chott Melhir.
- L'unité de Saoura-Tindouf.
- L'unité du Sahara septentrional.
- L'unité du Hoggar-Tassili.

La région d'étude est localisée dans l'unité hydrogéologique du Sahara septentrional (Fig.16)

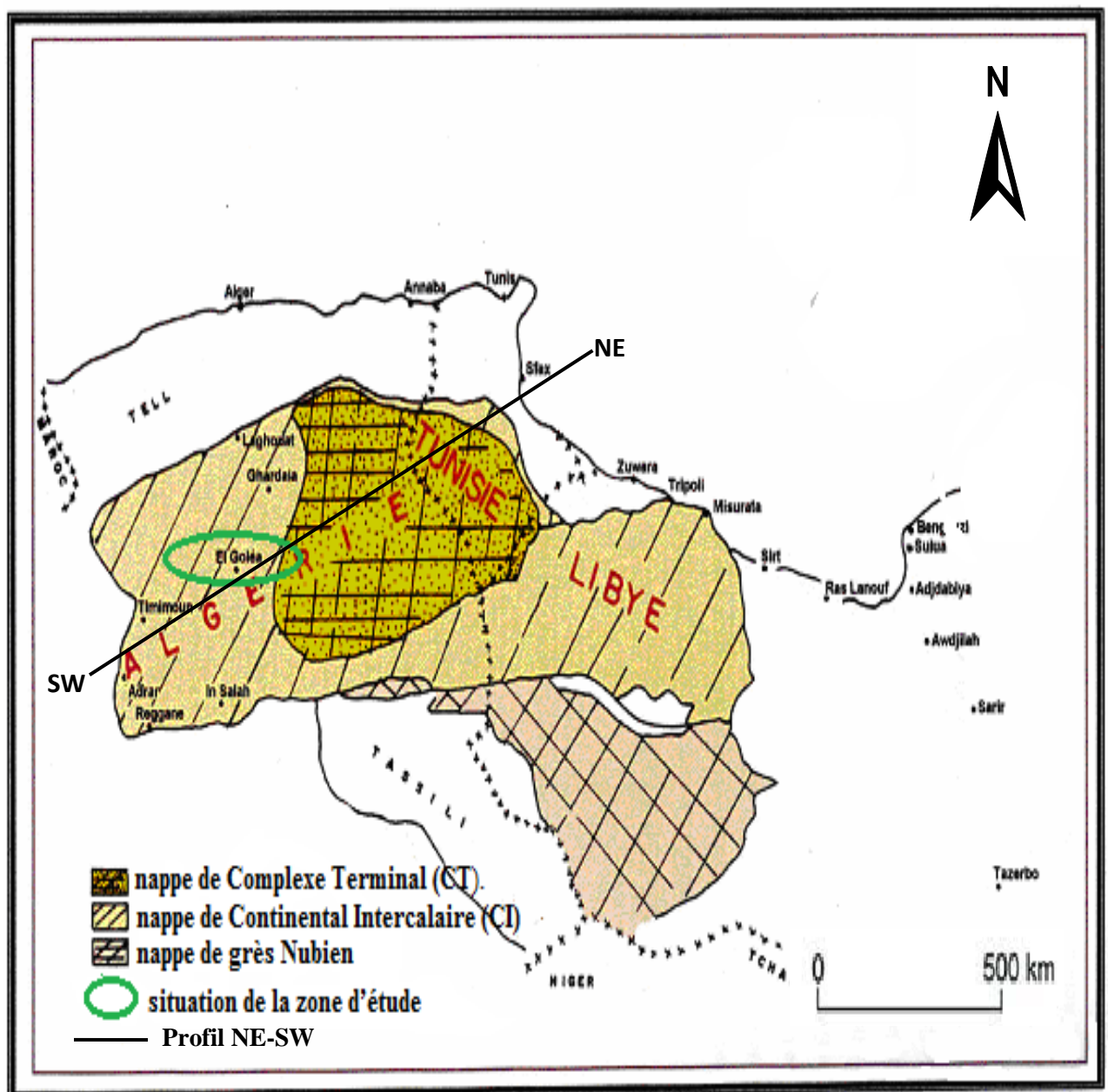


(ABHS, Ouargla ,2012)

Figure 16 : Unités hydrogéologiques du bassin saharien

1.1- Système aquifère du Sahara septentrional

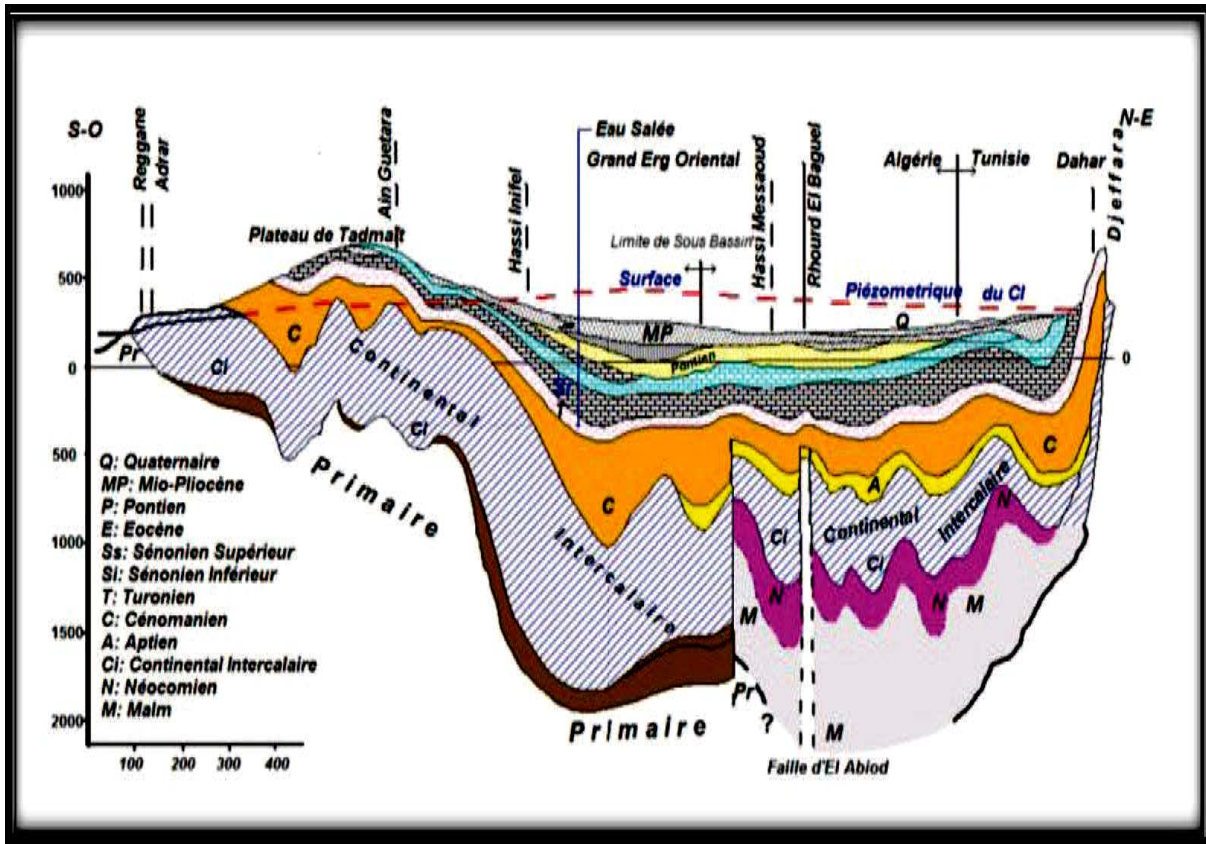
La prospection pétrolière au XX^{ème} siècle est à l'origine de la découverte d'un gigantesque appareil hydraulique au Sahara qui représente le système aquifère du Sahara septentrional (SASS), Ce système aquifère formé par les nappes aquifères du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal. Il s'étend dans sa plus grande partie dans le territoire du saharien Algérien(Fig.17).



(ANRH, Ghardaia, 2007)

Figure 17: Situation générale des aquifères du Sahara septentrional

Une coupe hydrogéologique de système aquifère des deux principales nappes de direction Sud-ouest et Nord-est montre bien la structure des deux aquifères et leurs niveaux piézométriques (Fig.18).



(UNESCO, 1972)

Figure 18: Coupe hydrogéologique du système aquifère; le continental intercalaire et le complexe terminal

Le système aquifère du Sahara septentrional est partagé entre l'Algérie la Tunisie et la Libye. Sa superficie telle qu'elle est déterminée par l'agence de bassin hydrographique Sahara ABHS, est de l'ordre de 1 million de Km², répartie entre les trois pays comme suit :

- 650.000 km² en Algérie soit 65% de la superficie totale.
- 250.000 km² en Tunisie soit 25% de la superficie totale.
- 100.000 km² en Libye soit 10% de la superficie totale.

Le nombre de points d'eau totale qui captent ces deux nappes est de 8 800 forages. Dont :

- 3500 captant la nappe du Continental Intercalaire
- 5300 captent la nappe du complexe Terminal.

Soit par pays :

- Algérie : 6500.
- Tunisie : 1200.
- Libye : 1100.

Le volume total de ce système aquifère est évalué à 60.000 milliards de m³, Il correspond à un débit fictif de 100 m³/s pendant 2000 ans.

Ceci peut alimenter une population de 44 millions durant 2000 ans avec un débit de 200 l/j/h.

1.1.1- Complexe Terminal

La nappe du Complexe Terminal est contenue dans les divers horizons perméables du Crétacé supérieur et du Tertiaire. Elle s'étend en Algérie sur un vaste territoire allant de la dorsale du M'Zab à l'Ouest jusqu'à la hamada du Tinhert au Sud.

- *Lithologie*

Le Complexe Terminal est formé par un ensemble de couches carbonatées sableuses. Il est essentiellement constitué par le Sénonien supérieur carbonaté (surtout le Maestrichtien), l'Eocène inférieur carbonaté et le Mio- Pliocène sableux.

Dans le bassin occidental, la nappe du Complexe Terminal est en relation sous une grande partie de l'Erg occidental avec celle du Continental Intercalaire.

Dans le bassin oriental par contre, les deux systèmes aquifères sont séparés.

- *Alimentation – Ecoulement*

Pour la nappe du Complexe Terminal, le remplissage le plus important du réservoir s'est fait essentiellement pendant les périodes pluvieuses du Quaternaire. Actuellement la recharge de la nappe se continue à travers des quantités d'eaux non négligeables :

- Soit par infiltration du ruissellement des Oueds descendant des massifs montagneux au période des crues. Ces derniers traversent les formations perméables affleurantes, notamment au pied de l'atlas saharien, du M'Zab et du Dahar.

- Soit par infiltrations des pluies exceptionnelles dans les sables du grand Erg oriental reposant en partie sur des horizons perméables du Complexe Terminal.

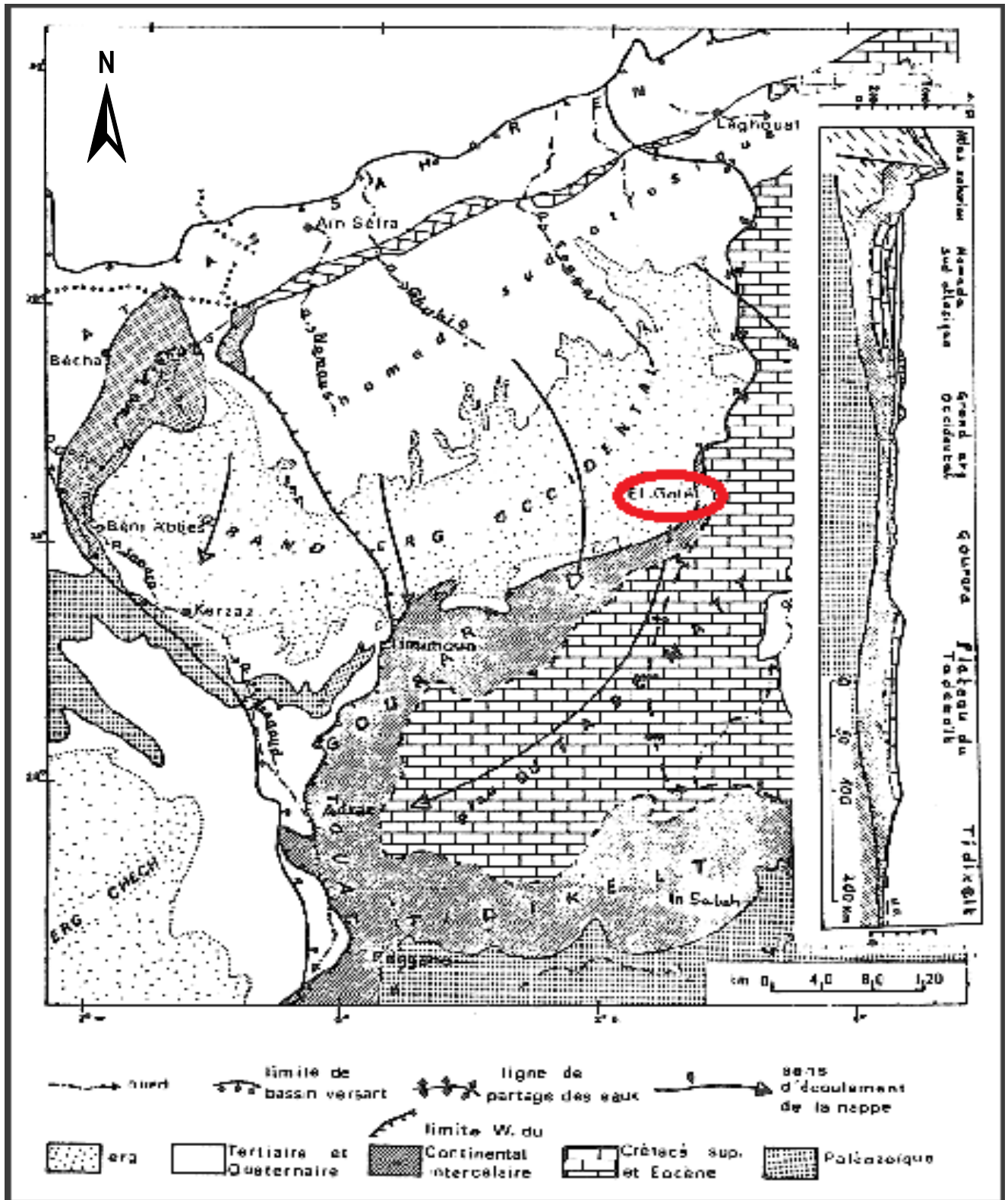
Dans le bassin occidental, la majeure partie des eaux rejoint la nappe sous-jacente du Continental Intercalaire, tandis qu'à l'extrême Ouest, les eaux du Complexe Terminal vont rejoindre les inféro-flux de l'Oued Saoura au niveau de Beni-Abbes (Fig.19).

Dans le bassin oriental, le trait marquant est la convergence de l'écoulement vers les chotts (Merouane et Melrhir en Algérie, Rharsa et Djerid en Tunisie).

La nappe du Complexe Terminal s'étend sur une superficie de 350 000 km², la profondeur de la nappe est relativement faible par rapport le continental intercalaire est allant de 100 à 400 mètres. Elle est artésienne dans la plus grande partie de son étendue, surtout au centre du bassin et libre sur les bordures.

L'eau de la nappe est de température peu élevée, sa qualité chimique est bonne sur les bordures et moyenne dans le centre du bassin.

Elle est très exploitée surtout dans le bas Sahara, son captage alimente les oasis d'Oued Rhir et d'Ouargla et Touggourt.



(ANRH, Ouargla 2007)

Figure 19: Carte hydrogéologique du Sahara Nord-occidental

- *Piézométrie du Complexe Terminal*

D'après Cornet (1964), plusieurs cartes ont été établies et réactualisées (Projet ERESS, 1972). La plus récente (OSS, 2003), (Fig.20) montre, comme pour la nappe du Continental Intercalaire, un écoulement qui se fait vers l'exutoire tunisien, situé dans la région de Tozeur.

Dans la partie Nord du Bas Sahara le sens d'écoulement est de l'Ouest (avec un niveau piézométrique d'environ 700 mètres au niveau de Laghouat) vers l'Est (où le niveau piézométrique atteint les 50 mètres au niveau de Tozeur). Un autre sens d'écoulement se fait du Sud vers le Nord.

Il faut, cependant, noter que du fait de l'hétérogénéité spatiale et des différents aquifères, l'écoulement se fait en relais, par transfert d'un système à un autre.

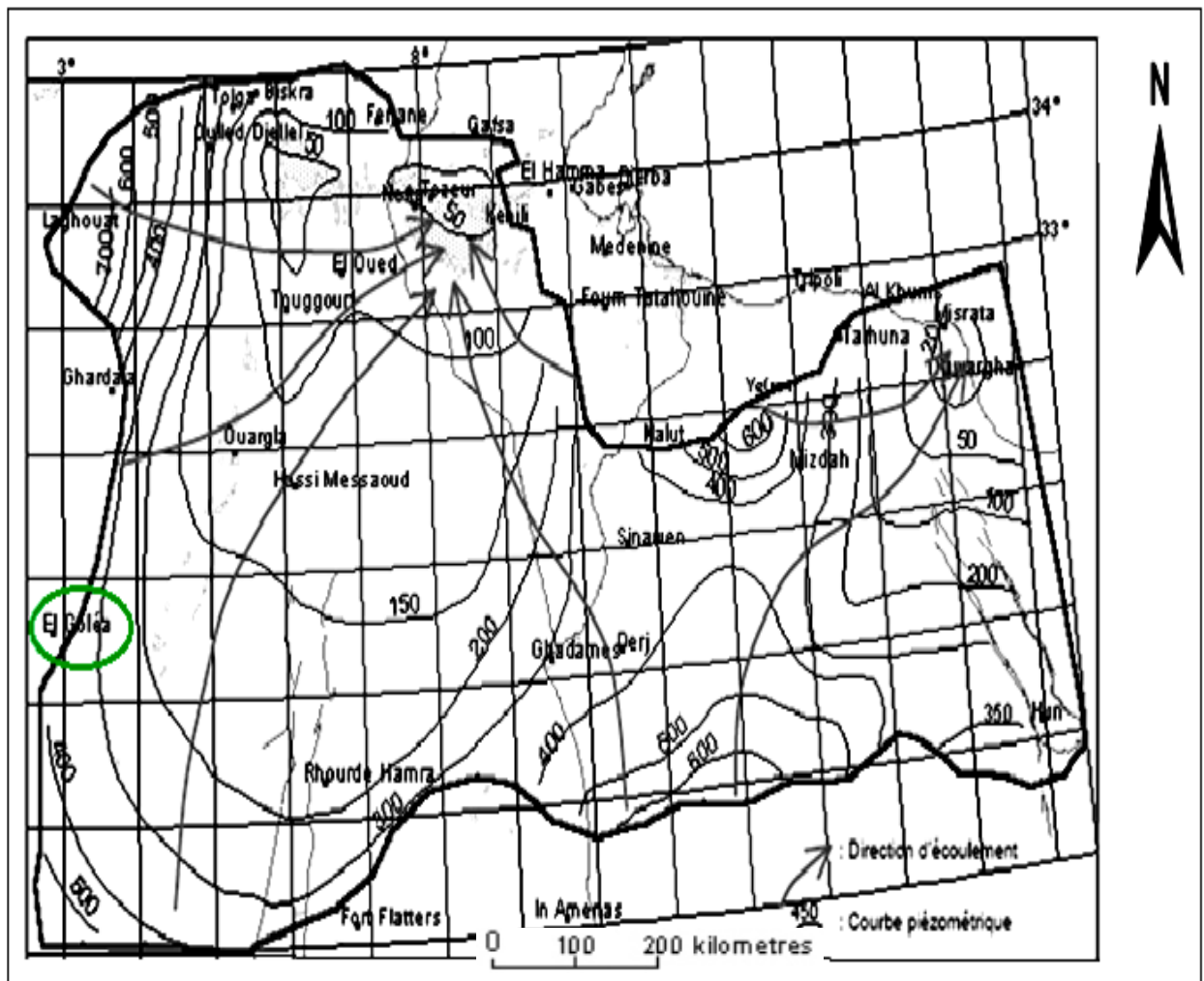


Figure 20: Carte piézométrique de référence du Complexe Terminal (OSS, 2003a et b).

1.1.2 - *Continental Intercalaire*

En géologie, le Continental Intercalaire désigne les formations continentales qui se sont déposées entre le cycle marin du Paléozoïque clôt par l'orogénèse Hercynienne et la transgression marine du Cénomanién. Elle couvre une large période du Trias à l'Albien.

En hydrogéologie la nappe du Continental Intercalaire, plus souvent dite nappe Albienne correspond à un niveau plus réduit. Elle est définie par les formations continentales du Crétacé inférieur comprises entre le Néocomien et le Cénomanién qui sont constituées de sables, de grès avec des intercalations d'argiles.

La base est constituée de terrains primaires du Paléozoïque, très accidentée par l'orogénèse hercynienne. Le toit est formé le plus souvent par les dépôts du Crétacé supérieur à savoir le Cénomanién argileux et le Turonien et parfois par les terrains tertiaires ou quaternaires.

- *Lithologie*

Le Continental Intercalaire est une série monotone de bancs gréseux, de sables fins et de niveaux argileux. Les grès sont de faciès très différents, grès friables et tendres, dont le grain est variable, parfois assez fin et souvent grossier (grès à dragées de quartz).

Le caractère particulier de ces grès est leur grande porosité qui est nettement plus importante que les autres séries gréseuses du Jurassique ou du Crétacé. Elle est évaluée au minimum à 10 %. Les ciments sont le plus souvent calcaires, ils sont parfois siliceux ou argileux. Les niveaux parfaitement cimentés sont rares et souvent liés aux affleurements.

- *Alimentation – Ecoulement*

La nappe du Continental Intercalaire est une nappe fossile c'est-à-dire qu'elle est faiblement alimentée par rapport à son volume. Les conditions d'alimentation restent toujours mal connues vu son extension importante et l'accès difficile dans certaines régions. La recharge actuelle de la nappe du Continental Intercalaire s'effectue principalement par infiltration des eaux de ruissellement des oueds qui descendent des massifs montagneux de l'Atlas Saharien au Nord, des monts du Dahar à l'Est de la Tunisie et des Oueds de l'extrémité occidentale du Tademaït. Pendant les années exceptionnellement humides, une alimentation faible s'effectue directement par infiltration des précipitations sur les zones d'affleurement du réservoir et dans le grand Erg occidental. En 1961 A. Cornet estimait cette alimentation à 25 m³/s.

La continuité des formations perméables du Crétacé inférieur a permis le transport et la régularisation des eaux infiltrées des régions hautes vers les régions basses. L'écoulement des eaux provenant de l'Atlas saharien se divise selon deux principales directions d'écoulements :

Une partie s'écoule vers le Sud et le Sud-Ouest vers les exutoires qui jalonnent les régions du Touat-Gourara et du Tidikelt et vers les zones évaporatoires du grand Erg occidental.

Une autre partie s'écoule vers le Nord-Est (Zone côtière tunisienne) par l'intermédiaire des failles d'El Hamma et de Medenine .

- *Piézométrie du CI*

Des cartes piézométriques ont été établies par Cornet (1964), ERESS (1972), OSS (2003) et font apparaître deux grands bassins sahariens séparés par la dorsale du M'zab. Sur la carte établie en 2003 par (OSS 2003), il en ressort 3 domaines hydrogéologiques : le bas Sahara à écoulement d'Ouest en Est ; le grand erg occidental, le Touat-Gourara et le Tidikelt à écoulement du Nord vers le Sud et le Sud-Ouest. Dans le bassin oriental, bassin en général artésien, avec des pressions d'artésianisme très fortes comprise entre 5 et 25 bars (Guendouz, 1985), le sens d'écoulement semble être du Nord-Ouest vers le Sud-Est pour être repris ensuite par un sens d'écoulement du Sud vers le Nord-Est. Les eaux convergent vers l'exutoire tunisien par la faille de Médenine. Chabour (2006).

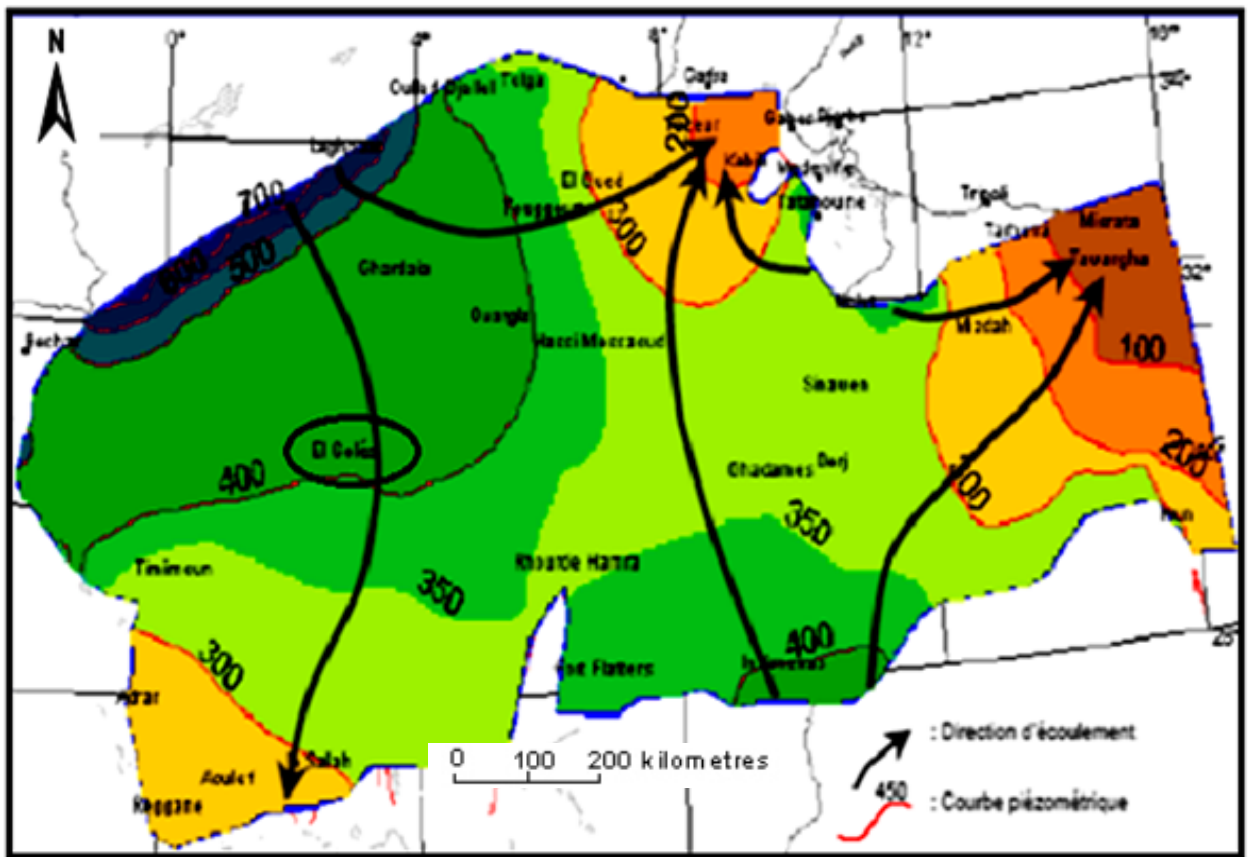


Figure 21: Carte piézométrique du Continental Intercalaire (OSS, 2003)

2- Hydrogéologie locale

La région d'El-Ménia est un cas exceptionnel car ailleurs aucune palmeraie n'a pu s'établir d'une façon durable au pied de la falaise de Tademaït. Elle est liée à l'affleurement du complexe terminal d'une part et le continental intercalaire d'autre part

L'oasis d'El-Ménia est caractérisée par des ressources d'eaux provenant de deux nappes :

- Nappe alluvionnaire très proche de la surface de sol.
- Nappe du continental intercalaire artésienne jaillissante.

2.1- Nappe alluvionnaire

La nappe alluvionnaire est très proche de la surface, se trouve à quelques mètres de profondeur, en provoquant de sérieux problèmes dus à la remontée des eaux, cette nappe affleure au niveau du lac d'El-Ménia (Sebkhat El-Maleh).

La nappe se trouve dans les formations de quaternaire elle bénéficie selon (G. CAPOT REY, 1958) des eaux collectées par Oued Seggueur à partir des calcaires Cénomaniens et Turoniens et localement à partir des sables Vraconiens.

Elle prend son origine dans les infiltrations provenant soit de la nappe artésienne par drainage vers le haut où la présence des barres calcaires qui contiennent le toit de la nappe du continental intercalaire souvent fissurées et perméables. Soit par les eaux de pluies ruisselantes sur le glacis et se rassemblant dans le lit alluvionnaire de l'Oued d'El-Ménia après des gros averses.

La nappe est aussi alimentée par l'excès des eaux d'irrigation et les pertes au niveau des tubages des forages, ainsi due à la vétusté des divers réseaux superficiels

2.2- La nappe artésienne du continental intercalaire

Les sables et grès appartenant à l'Albien se trouvent au-dessous des couches argilo-calcaires d'une épaisseur de 20 à 30m qui renferment une nappe aquifère en charge qui représente la principale ressource de la région. L'épaisseur de l'Albien est de l'ordre de 600m. Les profondeurs de l'aquifère varient entre 65 à 250m en allant vers le nord.

En se dirigeant vers le sud, le phénomène de l'artésianisme commence à apparaître. Le très léger relèvement des bords de la cuvette à dimensions considérables du Tademaït détermine cet artésianisme (nappe aquifère sous pression) ou nappe captive du fait de l'imperméabilité des marnes Cénomaniennes.

L'étage albien présente selon (G. CAPOT-REY, 1958) des variations latérales de perméabilité dans les grès d'où l'impression que l'on se trouve en présence de plusieurs nappes, ces nappes peuvent être distinguées en cinq sous-nappes :

- 1^{er} nappe à 30 mètres de profondeur : nappe ascendante.
- 2^{eme} nappe de 40 à 50 mètres de profondeur : nappe ascendante.
- 3^{eme} nappe de 65 à 75 mètres de profondeur : nappe ascendante.
- 4^{eme} nappe de 85 à 95 mètres de profondeur : nappe jaillissante.
- 5^{eme} nappe de 110 mètres ou plus de profondeur : nappe jaillissante.

2.3-Etablissement de la carte piézométrique

➤ Niveaux piézométriques des points d'eau

Mesure des niveaux piézométriques est l'un des opérations les plus importantes lors d'une campagne d'inventaire.

A l'aide des données existantes on détermine le niveau piézométrique d'un point d'eau comme suit :

$$\mathbf{NP = Z - (NS - M)}$$

Avec :

NP : niveau piézométrique (m).

Z : cote topographique de point d'eau par rapport à la mer (m).

NS : cote de plans d'eau par rapport à la margelle (m).

M : la margelle de point d'eau mesurée par rapport au sol (m).

➤ *Dessin des courbe isopièzes*

La surface piézométrique à un temps donné est obtenue en traçant les courbes d'égal niveau piézométrique.

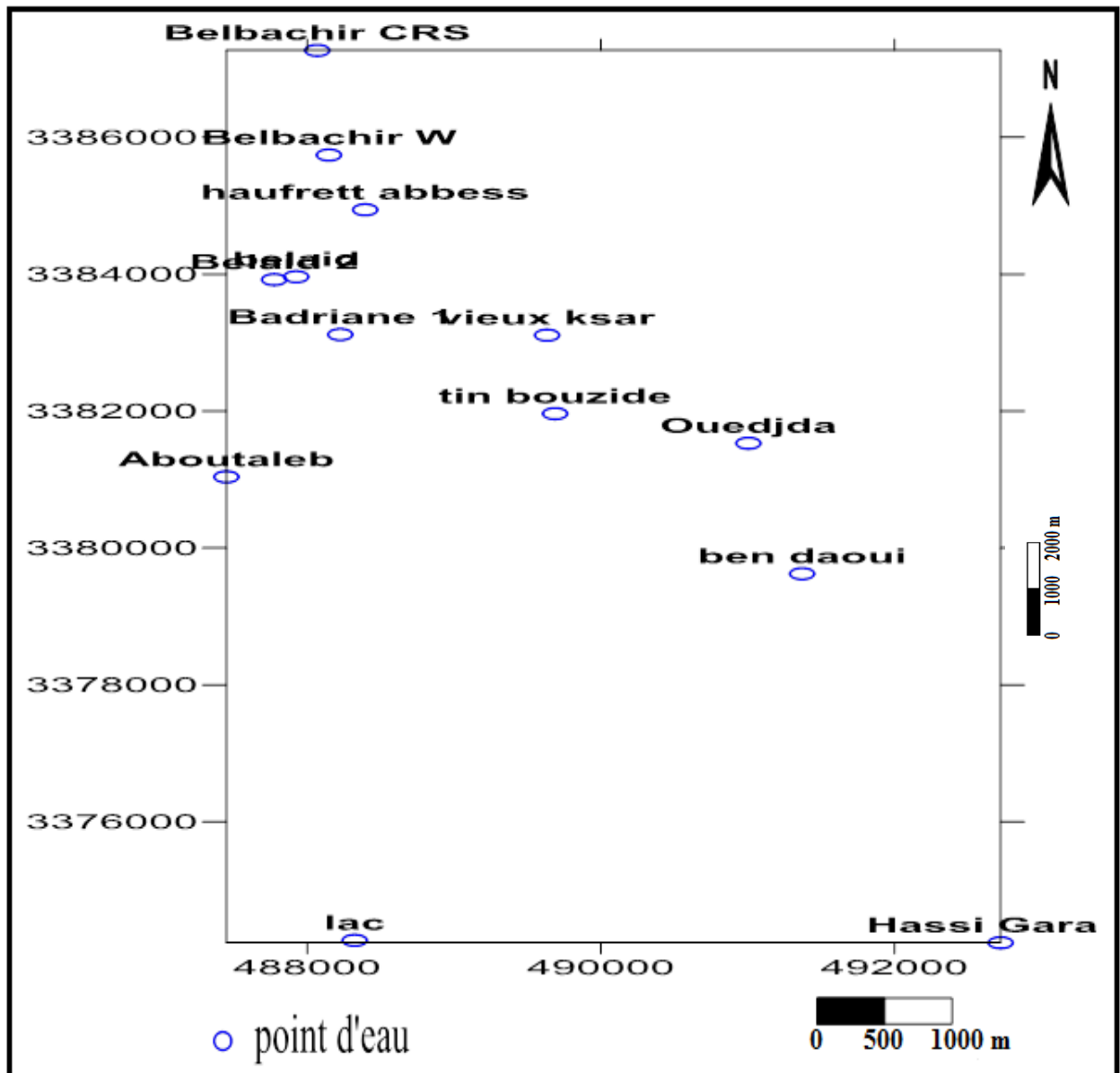
Pour tracer les courbes isopièze il faut choisir une équidistance qui représente la distance entre deux courbes isopièzes successives, cette équidistance est choisie en tenant compte de l'échelle de la carte, la variation du niveau de la nappe et de la répartition géographique des points d'eaux. Dans notre cas on a choisi une équidistance de deux mètres.

Le tracé de la carte piézométrique est exécuté à l'aide de logiciel SURFER 10.

➤ *Inventaire des points d'eaux*

Dans la présente étude la campagne de mesure, a été faite sur treize puits captant la nappe alluvionnaire (Fig22).

La plupart des puits, sont de faible profondeur, on note que certains puits sont abandonnés constituant des sources de pollution de la nappe alluvionnaire.



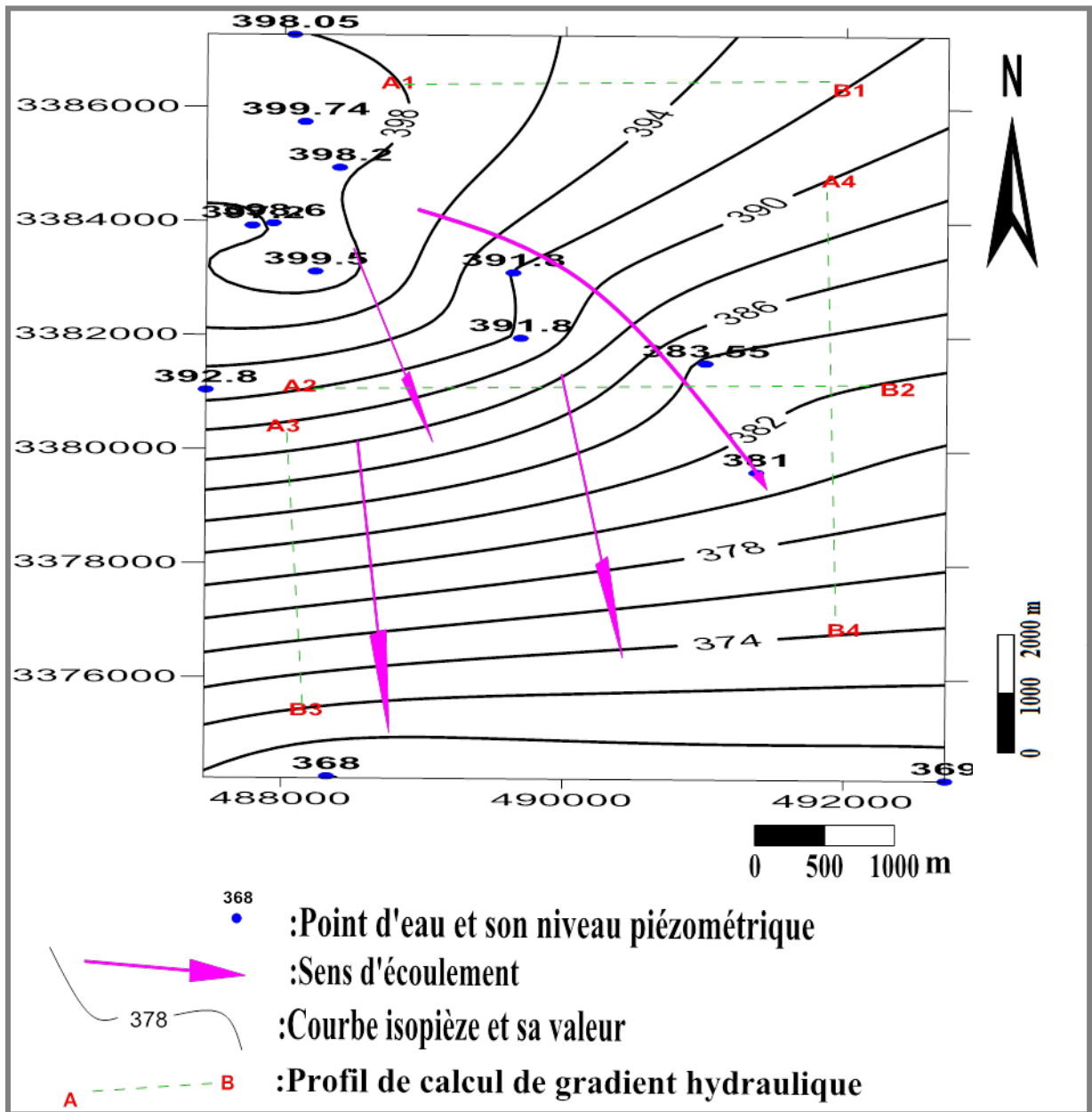
(Brihmat,Belakhal,mém.ing.2013)

Figure 22: Carte d'inventaire des points d'eaux de la nappe alluvionnaire

Pour la réalisation de la cartographie piézométrique et hydrogéochimique, nous avons choisi un réseau représentatif de toute la région.

Nous signalons que les coordonnées des points d'eaux sont exprimées en coordonnées UTM (m).

La carte piézométrique a été établie seulement pour la nappe alluvionnaire (Fig.23). La carte piézométrique de la nappe du continentale intercalaire a été établie dans le cadre des études du SASS.



(Brihmat,Belakhal,mém.ing.2013)

Figure 23: Carte piézométrique de la nappe alluvionnaire

2.4- Interprétation des cartes piézométriques

➤ Le sens d'écoulement

Le sens d'écoulement d'une nappe déterminé par les lignes de courants représente la normale ou la droite de plus grande pente perpendiculaire aux courbes iso pièzes.

Donc il faut en premier lieu établir les courbes iso pièzes puis tracer les lignes de courant qui sont indiquées par les flèches symbolisant le sens des filets d'eau.

Observant les courbes iso-pièzes de la nappe alluvionnaire on constate que le sens d'écoulement se fait dans la direction Nord –Sud vers le grand lac. La carte montre que les courbes isopièzes sont parallèles et présentent un mode d'espacement constant dans la majeure partie de la carte donc on peut dire qu'on a en cas d'une aquifère à nappe plate.

Dans la partie Nord les eaux convergent vers une zone appelée (dépression piézométrique) située au Nord- Ouest de la nappe (nappe convergente).

On assiste aussi à la présence d'une ligne de partage des eaux dans la partie Nord-Est où les eaux divergent vers l'Ouest et vers le Sud-Ouest (nappe divergente)

➤ *Gradient hydraulique*

Dans un plan vertical, le gradient hydraulique correspond à la perte de charge entre deux niveaux piézométriques différents. Il est calculé de la façon suivante :

$$I = \frac{HA - HB}{L}$$

I : le gradient hydraulique

HA, HB en mètre : représentent les cotes piézométriques respectivement des points A et B

L : la distance entre A et B en mètre.

Tableau n° 09 : Quelques valeurs de gradient hydraulique pour la nappe alluvionnaire

Profil caractéristique	A1-B1	A2-B2	A3-B3	A4-B4
HA (m)	398	392	390	390
HB (m)	392	382	372	374
L (m)	3095	4048	2529	8000
I	1.94×10^{-03}	2.47×10^{-03}	7.1×10^{-03}	2×10^{-03}

Nous remarquons que le gradient hydraulique dans la direction Est- Ouest est plus petit que dans la direction Nord –Sud donc on peut dire que dans la nappe alluvionnaire les pertes de charge sont plus importantes dans la direction Nord –Sud que dans la direction Est-Ouest .

Nous remarquons pour la nappe du continentale intercalaire le gradient hydraulique diminue dans le sens d'écoulement vers le Sud-Ouest donc les pertes de charges sont plus faible dans la direction Sud-Ouest.

➤ *Profil de dépression*

Le profil de dépression peut être interprété par la perméabilité de terrains ainsi par le débit d'écoulement traversant ce dernier

- Nappe alluvionnaire

Dans la partie Nord-Ouest l'espace entre les courbes isopièzes augmente donc la perméabilité augmente

Dans la partie Sud l'espace entre les courbes isopièzes diminue dans le sens de l'écoulement et par conséquent la perméabilité diminue.

➤ *Débit d'écoulement*

Concernant le débit d'écoulement il est en fonction du gradient hydraulique, de perméabilité des matériaux constituant l'aquifère ainsi que la section du transite

La section est donnée par la loi de Darcy :

$$Q = V.S \rightarrow S = Q/V$$

Q : débit d'écoulement (m³/s)

V : vitesse d'écoulement (m/s)

S : section (m²)

$$V = k.i$$

K : perméabilité (m/s)

i : le gradient hydraulique

Donc la formule de débit devient : $Q = k.S. i$

Pour une perméabilité constante et une section constante le débit d'écoulement est directement proportionnel à la pente de profil de dépression (gradient hydraulique).

Quand l'espace entre les courbes iso-pièzes est grand le débit d'écoulement est réduit. Ceci est constaté sur la partie Nord de la nappe alluvionnaire.

Quand l'espace entre les courbes iso-pièzes est réduit on assiste à un accroissement de débit dans le sens d'écoulement, qui est représenté sur la partie Sud de la nappe alluvionnaire

3- Etude hydrodynamique

Les essais de débit par pompage dans les puits et les forages, permettent l'étude expérimentale des nappes. Cette étude est très nécessaire puisque par des méthodes graphiques nous aide à évaluer des caractéristiques hydrogéologique tels que la transmissivité et le coefficient d'emmagasinement. La connaissance de ces paramètres est importante pour une meilleure exploitation et gestion des ressources hydriques souterraines.

3.1-Types et objectifs des essais de pompages

3.1.1- Essais de puits par paliers de pompage

Ce type d'essai, dit de courte durée, réalisé à débits croissants de durée constante, vise à s'assurer des capacités de production du forage. L'essai permet de déterminer le débit à ne pas dépasser au cours d'exploitation (débit critique) sous peine de détérioration de l'ouvrage et le débit d'exploitation optimum. Les caractéristiques de la pompe dépendent des résultats obtenus.

Les tests consistent en 3 à 5 pompages à débit croissant mais de durée constante (1 à 2 h) espacés d'un temps d'arrêt au moins équivalent permettant à la nappe de retrouver son niveau d'équilibre initial. Les débits des différents paliers sont choisis sur la base du débit atteint en fin de développement. La durée est à moduler en fonction du débit escompté. Le pompage doit être accompagné de la mesure simultanée des niveaux d'eau dans le forage.

3.1.2- Pompage d'essai de longue durée à débit constant

Il permet de tester le comportement de la nappe, de mesurer les caractéristiques de l'aquifère lorsque les niveaux peuvent être suivis dans des ouvrages influencés, (utilisables comme piézomètres). Il permet d'identifier la présence des limites (limite étanche, colmatage des berges d'une rivière ou réalimentation par la rivière...) avec détermination de la distance de cette limite au forage d'essai.

La durée de l'essai est un compromis entre le coût de l'opération et le besoin de vérifier qu'il n'existe pas « d'effet limite » : l'atteinte d'une limite par le cône de dépression se traduit en effet par des inflexions plus ou moins prononcées de la courbe « rabattement-temps ». En vue de la demande d'autorisation de prélèvement et pour des prélèvements importants ou bien lorsque la ressource présente une sensibilité particulière, des tests de plus longue durée sont préconisés. Un test de 24 h est un strict minimum ; la durée la plus communément admise est de 72 heures.

3.2- Méthode d'étude

L'étude hydrodynamique a été basée sur un essai de pompage réalisé sur le forage de Taghit. Cet essai de pompage présentant une descente de la nappe due au pompage qui a duré 24 heures, et mesure d'une remontée après arrêt de pompage qui a duré 20 heures.

➤ *Présentation du forage*

Le forage de Taghit est destiné à l'irrigation de la palmeraie de la zone de Taghit. Il a été exécuté en 1984.

➤ *Situation géographique*

Le forage de Taghit se situe dans la région de Taghit au Nord-est d'El-Ménia aux coordonnées.

X=486,88 km

Y=3380,71km

➤ *Description des travaux*

Le forage a été foré à une profondeur de 135 mètres. Le programme du forage a été comme suit :

- 0 à 10 mètres de forage en diamètre de 26".
- 10 à 120,63 mètres de forage en diamètre de 17".
- 120,63 à 145 mètres de forage en diamètre de 12".

➤ *Equipement de forage*

- 0 à 10 mètres tube guide en diamètre 18^{5/8}".
- Cimentation de la colonne de protection de 0 à 120.63 mètres.
- La colonne de captage de 8 pouces tube Johnson posé de 108 à 145m.
- Tube plein de réserve de 108 à 112 mètres (L=4 mètres).
- Crépine INOX de 112 à 140 mètres (L=28 mètres).
- Tube de cotation de 140 à 145 mètres (L=5 mètres).
- L'espace entre la colonne de captage et les parois du forage est rempli par 3m³ de gravier calibré à 3mm.

3.3- Choix de méthode d'interprétation de l'essai de pompage

L'interprétation de l'essai de pompage se pose sur l'application de plusieurs méthodes selon le régime d'écoulement.

- En régime permanent on applique la méthode THIEM (1906)
- En régime non équilibré on utilise :
 - * Méthode de THEIS (1935).
 - * Méthode de remontée de JACOB.

* Méthode de JACOB (1946).

La méthode d'interprétation qu'on va utiliser est celle de JACOB pour avoir une idée sur la transmissivité de l'aquifère, la méthode de THEIS n'a pas donnée des résultats fiables.

3.4- Déroulement de l'essai de pompage

L'essai a été réalisé à l'aide d'une pompe immergée placée à la cote de 48m, Le pompage a commencé le 05-04-1986 à 14h00 et s'est terminé le 06-04-1986 à 14h00, donc une durée de 24 heures, et 20 heures pour la remontée qui s'est terminée à 10h00 de 07-04-1986.

- Niveau statique 6.40 mètres.
- Niveau dynamique 17.61 mètres.
- Rabattement 11.21 mètres.
- Débit 35 l/s.

3.5- Détermination de paramètres hydrodynamiques

La détermination de la transmissivité s'est basée sur l'interprétation graphique de l'approximation logarithmique de **C.E.Jacob**.

Equation de la descente :
$$s = \frac{2.3Q}{4\pi T} \log \frac{2.25Tt}{SR^2}$$

Equation de la remontée :
$$s_r = \frac{2.3Q}{4\pi T} \log \frac{t'+t}{t'}$$

s: rabattements en (m).

Q : débit de pompage en (m³/s).

T : transmissivité en (m²/s).

S : coefficient d'emmagasinement.

t : temps écoulé depuis le début de pompage en (secondes).

R : distance entre le piézomètre et le forage en (m).

t' : temps écoulé depuis l'arrêt de pompage en (secondes).

La détermination de T et S consiste à tracer sur un feuille de papier semi- logarithmique la courbe s=f(logt) où les valeurs de rabattement en ordonnées (échelle arithmétique) et le temps en abscisse (échelle logarithmique) on ajuste un droite qui passe au milieux des points obtenus.

3.5.1- Transmissivité

La transmissivité est la capacité d'un aquifère à transmettre l'eau, elle est exprimé en m^2/s . La transmissivité est déterminée à partir de la pente de la droite $s=f(\log t)$ est donnée par la formule :

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi C} = \frac{0.183Q}{C}$$

Où :

T : transmissivité en (m^2/s).

Q : débit de pompage (m^3/s).

C : pente de la droite.

Pour la courbe de descente la pente de la droite donnée par :

$$C = \frac{\Delta s}{\Delta \log t} = \frac{sA - sB}{\Delta \log t}$$

Pour la courbe de remontée la pente de la droite donnée par :

$$C = \frac{\Delta s}{\Delta \log \left[\frac{t + t'}{t'} \right]} = \frac{sA - sB}{\Delta \log \left[\frac{t + t'}{t'} \right]}$$

3.5.2- Coefficient d'emmagasinement

Le coefficient d'emmagasinement(S) est le rapport de volume d'eau libre ou emmagasiné par unité de surface de l'aquifère, la variation de la charge hydraulique correspondante. Le coefficient d'emmagasinement ne sera pas calculer à cause de l'absence de piézomètre.

3.6- Interprétation graphique (courbe de descente)

Lors de pompage les points représentatives de niveau statique se caractérise par un fort rabattement de 10.90 m pendant 10 minutes qui s'observe sur la droite de la courbe par une pente accentuée s'explique par une perte de charge en régime turbulent (Fig.24), à partir de la onzième minute les points s'alignent avec une faible pente et le segment de la droite obtenue nous donne les résultats suivants :

Tableau n° 10 : Résultats de l'interprétation de la courbe de descente de la nappe albienne.

Débit de pompage (l/s)	Rabattement s(m)	Débit spécifique (l/s/m)	Rabattement spécifique (m/l/s)	Transmissivité (m ² /s)
35	11.21	3.12	0.32	0.016

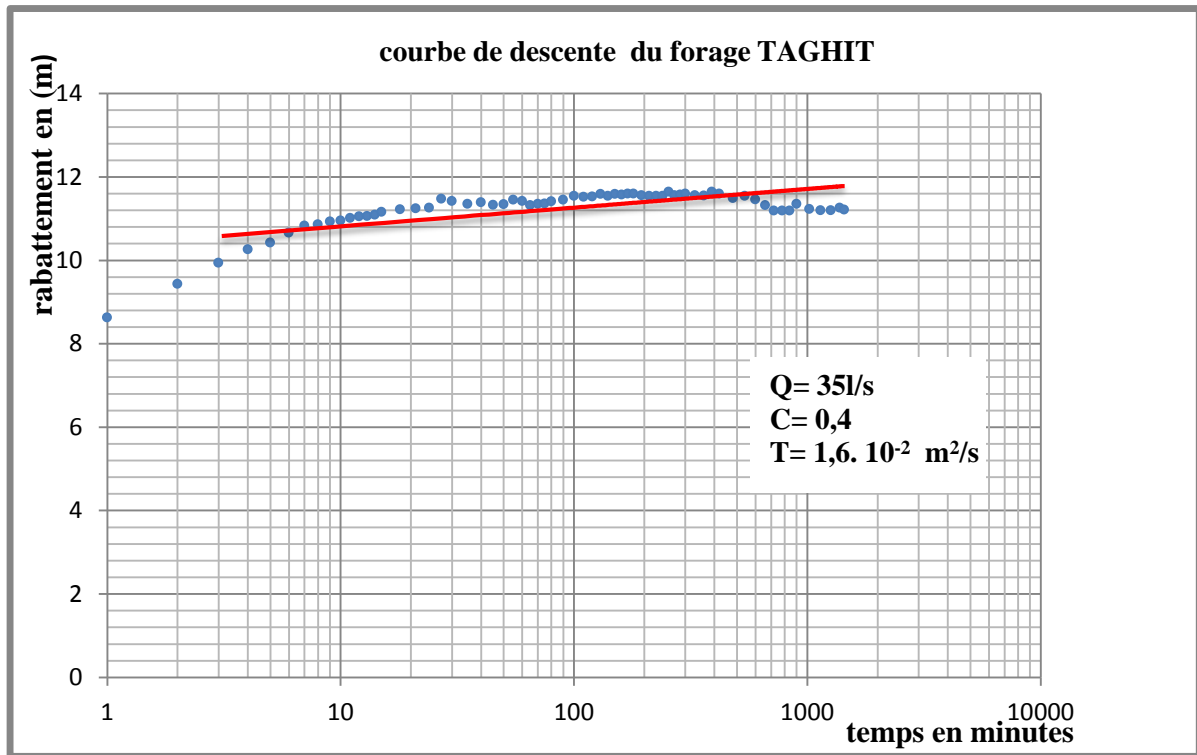


Figure 24: Courbe de descente du forage Taghit.

Conclusion

La région d'El-Ménia caractérisée par deux nappes :

- Une nappe alluvionnaire dans laquelle les puits sont implantés, elle est très proche de la surface du sol (3.5 mètre au maximum).
- Une nappe Albienne dans laquelle les forages sont implantés, elle est plus profonde.
- L'écoulement dans la nappe alluvionnaire est Nord-Sud par ailleurs dans la nappe Albienne se fait de Nord-Est vers le Sud-Ouest
- Le gradient hydraulique varie avec la direction et diminue dans le sens d'écoulement pour les deux nappes.
- La valeur de transmissivité est de l'ordre de 10^{-2} m²/s qui renseigne sur la possibilité d'exploitation de la nappe de continentale intercalaire dans cette région.

Introduction

Il est évident que le chimisme des eaux souterraines dépend, principalement, de la composition lithologique des couches traversées et du temps de séjour des eaux. Cette interaction influe sur la teneur des éléments majeurs (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{--} , HCO_3^-). Les concentrations de ces éléments naturels sont conditionnées par divers facteurs tels que les paramètres climatiques, l'activité anthropique, les échanges entre les aquifères et les eaux de surface.

Les activités anthropiques ont une influence non négligeable sur la qualité physicochimique des eaux souterraines. On observe principalement deux types d'influence:

- En agriculture : apports de K^+ , Ca^{++} , NO_3^- , SO_4^{--} et NH_4^+ .
- Rejets des eaux usées : apports de Na^+ , K^+ , NO_3^- , Cl^- et quelques métaux lourds.

Le présent chapitre traite du chimisme des eaux souterraines, et nous essayons d'expliquer le comportement et l'origine des éléments chimiques décrits en but expliquer le fonctionnement hydraulique des systèmes aquifères.

L'étude se base principalement sur les informations de campagne de prélèvement qui ont été faite sur 11 points d'eau pour la nappe alluvionnaire, et 14 points pour la nappe du C.I

1-Etude des paramètres physico-chimiques des eaux

1.1-Paramètres physiques

a) Potentiel d'hydrogène pH

C'est un paramètre physique qui détermine l'acidité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse ($\text{pH} = -\log^+$). Il s'agit d'un paramètre capital pour le calcul des équilibres thermodynamiques. Il joue un rôle primordial, pour la détermination des caractères agressifs ou incrustants. L'échelle du PH varie en fonction de la force ionique :

$\text{pH} < 7$ milieu acide

$\text{pH} = 7$ milieu neutre

$\text{pH} > 7$ milieu basique

Dans l'ensemble des eaux échantillonnées, les pH mesurés sont homogènes, se trouvent dans l'intervalle de norme de potabilité et se situent autour de la neutralité. Ils varient entre 7.08 et 8.1 pour la nappe alluvionnaire. Par ailleurs les valeurs oscillent entre 7.4 et 7.89, pour la nappe du continentale intercalaire.

b) conductivité électrique

Traduisant la capacité d'une eau (solution aqueuse) à conduire le courant électrique, la conductivité électrique est directement liée à la force ionique qui découle des formations traversées par cette eau dans le bassin hydrogéologique ainsi qu'à son temps de séjour dans le réservoir. Elle donne ainsi une bonne appréciation sur la minéralisation globale de cette eau. En effet, une eau est d'autant plus conductrice qu'elle est plus minéralisée.

- *nappe superficielle*

Les valeurs de la conductivité de la zone d'étude sont très hétérogènes et sont comprises entre 433.6 et 2624.72 μ S/cm. Elles présentent des variations spatiales très importantes, les fortes conductivités occupent la zone Nord-Ouest (Belaid) et la partie centrale (Tim Bouzid) qui sont liées probablement à la présence du sel d'une part et l'influence de l'évaporation d'autre part puis augmentent régulièrement avec le sens d'écoulement vers le Sud où la présence de grand lac à substratum salifère (fig.25).

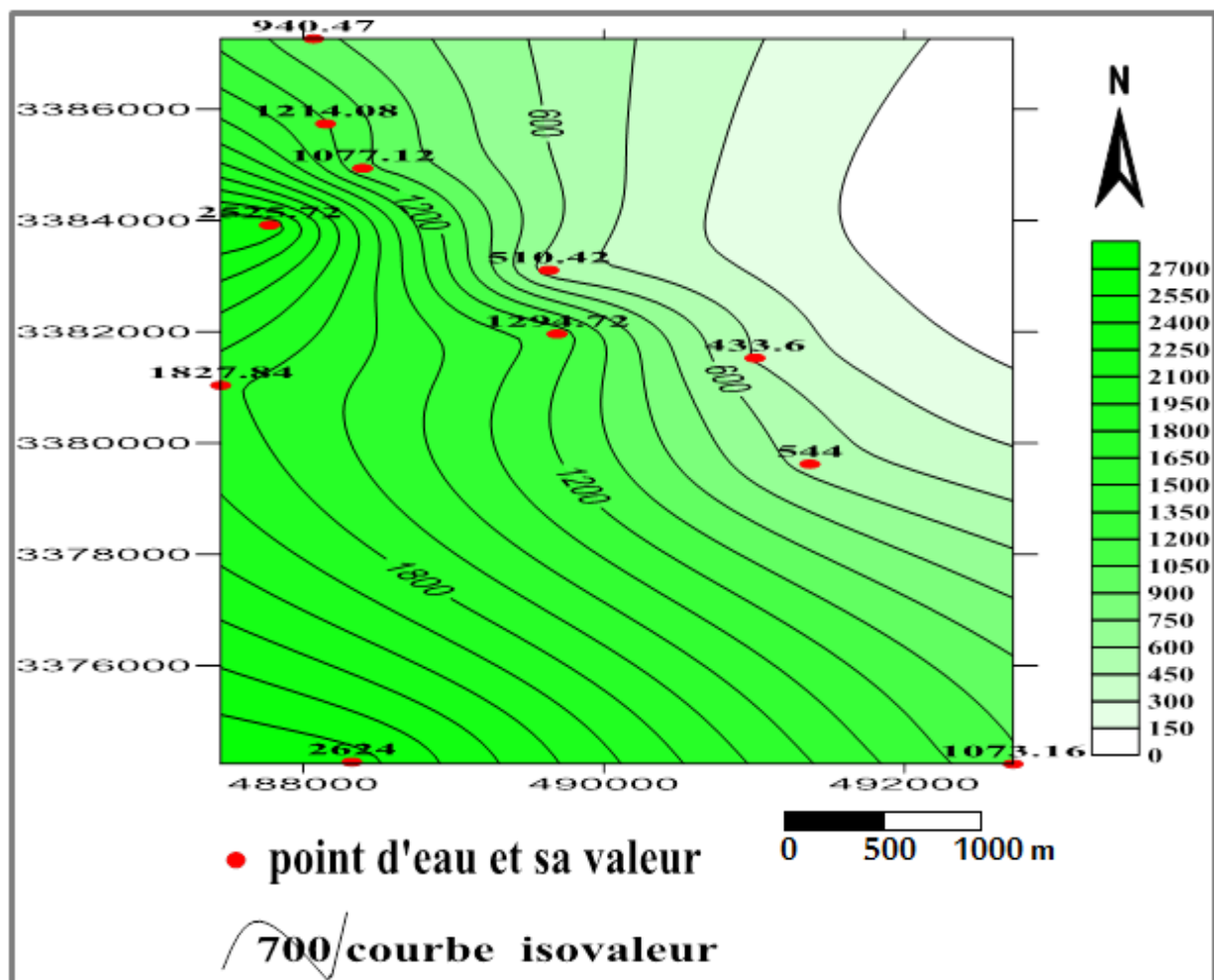


Figure 25: Carte d'iso conductivité en μ S/cm de la nappe alluvionnaire.

- *nappe Albienne*

Les valeurs de la conductivité varient entre 290 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1080 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dont, elles ne dépassent pas les normes de potabilité.

D'après la carte d'iso conductivité les valeurs de conductivité sont élevées dans la partie nord-ouest (dans le forage de Haufrat-Elaabas), cette valeur peut être liée à la présence des couches d'argiles d'après les logs stratigraphiques des forages, la carte montre aussi une augmentation de la conductivité vers le sud (fig.26).

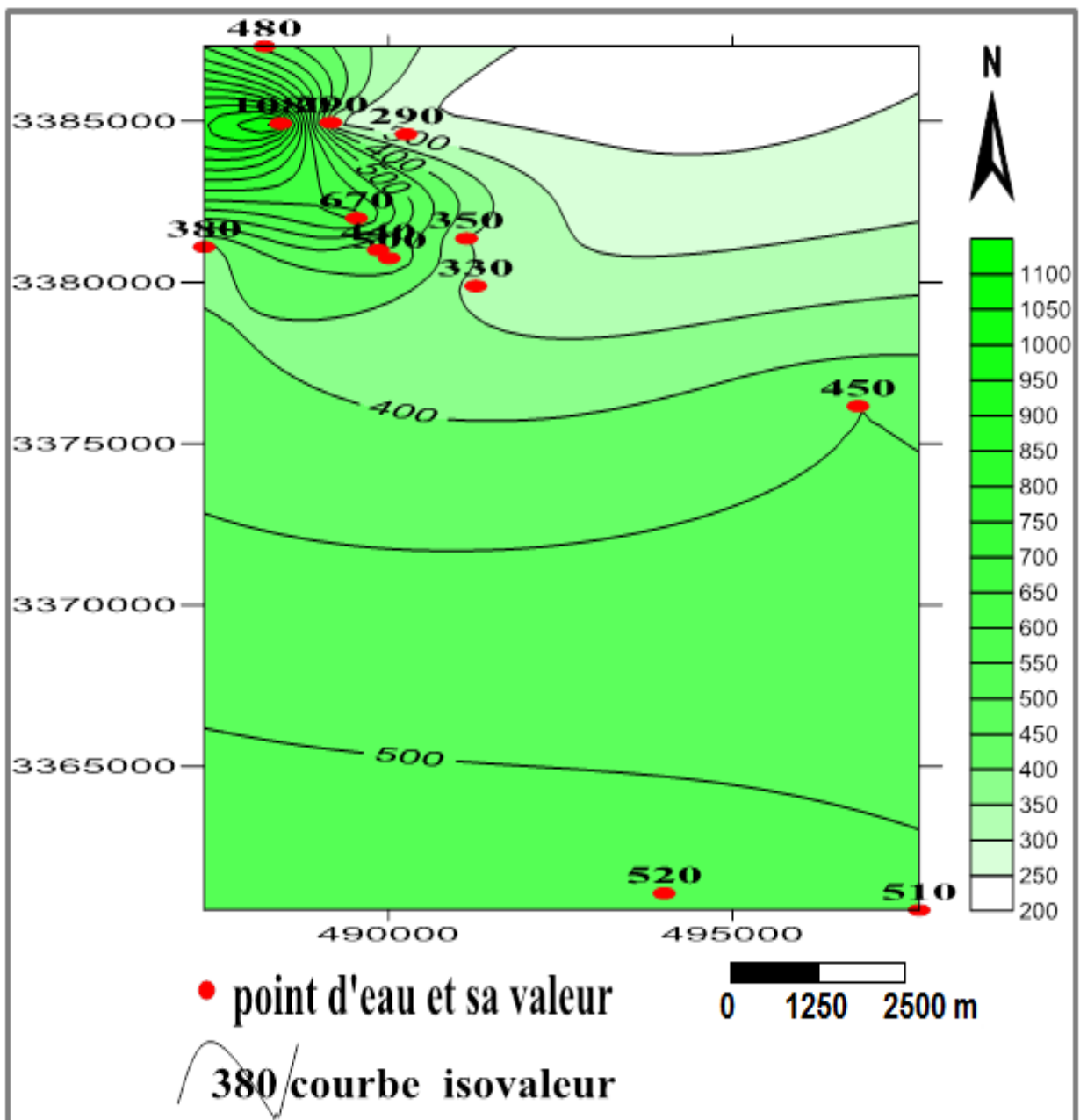


Figure 26: Carte d'iso conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$ de la nappe Albienne.

c) Dureté totale ou degré hydrométrique (ΔHT)

Elle exprime la quantité des sels de Calcium et de Magnésium dissous dans l'eau. Elle exprimée en degré français (°F).

$$\Delta HT = (r \text{ Ca} + r \text{ Mg}) \text{ mé/l}$$

$$\Delta HT = (r \text{ Ca} + r \text{ Mg}) \times 5 \text{ °F}$$

La dureté acceptable pour une eau de bonne qualité chimique selon l'OMS est comprise entre 15°F et 50°F.

Tableau n°11 : les valeurs de la dureté totale (ΔHT)

(ΔHT) (°F)	0-07	7-22	22-32	32-54	>54
Qualité de l'eau	très douce	douce	Moyennement douce	dure	très dure

D'après les résultats obtenus, la qualité des eaux varie de douce (13°F) à dure (48°F) pour la nappe alluvionnaire et de (8°F) douce à moyennement douce (32.6°F) pour les eaux de la nappe Albienne. (Tableaux 12 et 13).Ceci implique des précautions dans l'utilisation des eaux de la nappe superficielle surtout pour le lessivage et la cuisson. Par contre les eaux de la nappe albienne restent en générale de bonne qualité.

Tableau n°12 : Les paramètres physiques de la nappe alluvionnaire

Puits	pH	Conductivité ($\mu\text{S/cm}$) à 20°C	Minéralisation (mg/l)	La dureté (DHT F°)
P1	7.82	1077.12	817.042	30.2
P3	7.74	1827.84	1386.49	13.6
P4	7.48	1294.72	982.10	35
P5	7.69	544	389.46	16
P6	7.71	510.42	365.42	13.6
P8	7.33	2525.72	1915.86	48
P9	7.78	433.6	310.42	13
P10	7.52	1214.08	920.93	31
P11	8.1	1073.16	814.03	39.2

P13	8.1	940.47	713.38	13
P14	7.08	2624	2061,26	94

Tableau n°13 : les paramètres physique de la nappe du C.I

Forage	pH	Conductivité ($\mu\text{S/cm}$) à 20°C	Minéralisation (mg/l)	La dureté (DHT F°)
F1	7,4	1080	819.22	32,6
F2	7,61	500	357.96	14
F3	7,62	380	272.04	14
F4	7,46	450	322.16	15,2
F5	7,65	670	479.66	14,6
F6	7,89	330	253.96	11,4
F7	7,71	290	223.17	9,2
F8	7,72	510	365.119	18,4
F9	7,75	520	372.27	18,2
F11	7,89	290	223.17	8
F12	7,55	490	350.8	24
F13	7,81	480	343.64	13,4
F15	7,75	350	250.57	13
F16	7,74	440	315	14,2

1.2- Les rapports caractéristiques

On appelle rapport caractéristique. Le rapport des teneurs de certains éléments chimiques, exprimés aussi en milliéquivalent par litre (mé/l).

Les rapports étudiés sont : $r \text{Cl}^- / r \text{SO}_4^-$, $\text{SO}_4^- / r \text{HCO}_3^-$, $r \text{Na}^+ / r \text{Ca}^{++}$, $r \text{Ca}^{++} / r \text{Mg}^{++}$.

Ces rapports donnent des indications sur la zone d'alimentation, le contact des eaux avec le milieu solide, ainsi que l'évolution des eaux pendant leur trajet sous terrain.

a) *Rapport $r Cl^- / r SO_4^-$*

L'ion Cl^- et l'ion SO_4^- sont tous deux issus généralement des formations sédimentaires évaporitiques. L'ion Cl^- provient d'une manière générale de la dissolution de l'halite, alors que l'ion SO_4 prend son origine dans les formations gypsifères.

L'interprétation des résultats des tableaux 14 et 15 montrent que l'ensemble des points d'eaux soit environ 73% des rapports ($r Cl^- / r SO_4^-$) sont inférieur à 1 pour la nappe alluvionnaire et d'environ 71% des rapports pour la nappe du C.I, montrant que l'ion sulfaté est le plus dominant par rapport à l'ion de chlorure.

b) *Rapport $SO_4^- / r HCO_3^-$*

Pour l'ensemble des échantillons le rapport est inférieur à 1 pour la nappe du C.I et d'environ 82% des rapports sont inférieur à 1 pour la nappe alluvionnaire, donc l'ion le plus dominant est celle des bicarbonates.

c) *Rapport $r Na^+ / r Ca^{++}$*

Ce rapport présente 50% des valeurs inférieures à 1 et 50% des valeurs supérieures à 1 pour la nappe alluvionnaire. Il varie de 0.05 à 8.77

Pour la nappe du C.I 57% des valeurs sont supérieures à 1 et 43% des valeurs sont inférieures à 1 ce qui traduit la prédominance des ions de calcium, ce qui est normal pour ce type de formation aquifère (sables, sables argileux en majorité). Les alcalins libérés par lessivage du fait de leur forte solubilité pourront être mis en solution en très grande quantité. La prédominance du calcium peut être liée à un échange de base plus faible en Na^+ .

d) *Rapport $r Ca^{++} / r Mg^{++}$*

L'interprétation des tableaux 15 et 16 a révélé que la majorité des points d'eau présente un rapport Ca^{++} / Mg^{++} supérieur à 1, indiquant ainsi la dominance des ions Ca^{++} par rapport à Mg^{++} , ce qui confirme la dominance du faciès bicarbonaté calcique.

Tableau n°14 : Résultats des rapports caractéristiques de la nappe alluvionnaire

Point d'eau (Puits)	Rapport caractéristiques			
	$r \text{ Cl}^- / r \text{ SO}_4^{2-}$,	$\text{SO}_4^{2-} / r \text{ HCO}_3^-$,	$r \text{ Na}^+ / r \text{ Ca}^{++}$,	$r \text{ Ca}^{++} / r \text{ Mg}^{++}$
haufrett abbess	0.56	0.45	0.99	2.03
Aboutaleb	0.8	0.66	8.77	1.27
tin bouzide	0.2	0.43	0.76	1.69
ben daoui	0.77	0.58	0.71	1.29
vieux ksar	1.2	0.54	1.03	1.42
Belaid 2	0.97	1.51	1.83	1.9
Ouedjda	0.41	0.66	0.53	1.84
Belbachir W	1.06	0.3	1.41	2.11
Hassi Gara	0.6	0.56	0.46	3.28
Belbachir CRS	1.56	0.24	4.79	1.16
lac	0.52	1.33	0.05	2.01

Tableau n°15 Résultats des rapports caractéristiques de la nappe du C.I

Point d'eau (Forage)	Rapport caractéristiques			
	$r \text{ Cl}^- / r \text{ SO}_4^{2-}$	$\text{SO}_4^{2-} / r \text{ HCO}_3^-$,	$r \text{ Na}^+ / r \text{ Ca}^{++}$,	$r \text{ Ca}^{++} / r \text{ Mg}^{++}$
Houffret Abbess	0.8	0.59	0.53	1.62
ain baida	0.92	0.32	2.01	1.41
abotaleb	0.58	0.24	1.42	1
aquaculture	0.35	0.94	0.18	2.04
Tin Bouzid	0.75	0.71	1.68	2.2
Djaif	0.46	0.54	0.92	1.61
SBGEM	0.57	0.41	1.35	1.87
Ben Haida	1.55	0.99	0.41	1.48
Oueld omran	1.6	0.91	0.58	2.03
Kef02	0.54	0.5	1.49	2.07
RIF	1.14	0.21	0.59	0.69
CRS	1.05	0.25	1.82	1.68
Ouedjda	0.46	0.6	1.08	1.7
khchbe	0.82	0.21	1.55	1.44

2- Détermination des principaux faciès chimiques

Les faciès hydro chimiques, sont fréquemment utilisés en hydrogéologie pour décrire grossièrement la composition des eaux naturelles. On les détermine par le calcul des quantités en réaction (conversion des concentrations en mé/l), et en tenant compte de la classification des ions. Les principaux faciès hydro-chimiques déterminés dans les eaux souterraines de la région d'El-Ménia .

2.1 Représentation graphique des faciès chimiques

Dans le but de bien identifier les faciès hydrochimiques et d'avoir une indication sur l'aspect qualitatif des eaux souterraines, la représentation graphique des résultats d'analyses s'avère un outil inévitable. Pour atteindre cet objectif, on a eu recours au :

- classification du Stabler

2.1.1-La classification du STABLER

Dans cette classification les concentrations exprimées en me/l sont réduites en réaction pourcent (r%) par rapport à la concentration total :

$$r \% = r \times 100 / C_t$$

D'après la classification de STABLER les eaux de la nappe alluvionnaire présentent les faciès suivant :

Bicarbonaté sodique et calcique en amont de la nappe.

Sulfaté sodique et Bicarbonaté sodique au centre

Bicarbonaté calcique en aval de la nappe (tableau 16).

Tableau n°16: Résultat de la classification du STABLER pour la nappe superficielle

Nom du puits	formule caractéristique	Faciès chimique
haufrett abess	$r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{SO}_4^- > r\% \text{Cl}^- \odot r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Na}^+ > r\% \text{Mg}^{++}$	Bicarbonaté calcique
Aboutaleb	$r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{SO}_4^- > r\% \text{Cl}^- \odot r\% \text{Na}^+ > r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Mg}^{++}$	Bicarbonaté sodique
tim bouzide	$r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{SO}_4^- > r\% \text{Cl}^- \odot r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Na}^+ > r\% \text{Mg}^{++}$	Bicarbonaté calcique
ben daoui	$r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{SO}_4^- > r\% \text{Cl}^- \odot r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Na}^+ > r\% \text{Mg}^{++}$	Bicarbonaté calcique
vieux ksar	$r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{SO}_4^- > r\% \text{Cl}^- \odot r\% \text{Na}^+ > r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Mg}^{++}$	Bicarbonaté sodique
Belaide 2	$r\% \text{SO}_4^- > r\% \text{Cl}^- > r\% \text{HCO}_3^- \odot r\% \text{Na}^+ > r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Mg}^{++}$	Sulfaté sodique

Ouedjda	$r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{SO}_4^- > r\% \text{Cl}^- \odot r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Mg}^{++} > r\% \text{Na}^+$	Bicarbonaté calcique
Belbachir W	$r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{Cl}^- r\% \text{SO}_4^- > \odot r\% \text{Na}^+ > r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Mg}^{++}$	Bicarbonaté sodique
Hassi El-Gara	$r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{SO}_4^- > r\% \text{Cl}^- \odot r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Na}^+ > r\% \text{Mg}^{++}$	Bicarbonaté calcique
Belbachir CRS	$r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{Cl}^- r\% \text{SO}_4^- > \odot r\% \text{Na}^+ > r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Mg}^{++}$	Bicarbonaté sodique
lac	$r\% \text{SO}_4^- > r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{Cl}^- \odot r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Mg}^{++} > r\% \text{Na}^+$	Sulfaté calcique

D'après le tableau les eaux de la nappe du C.I présentent 4 faciès qui sont :

Bicarbonaté calcique et magnésien en amont de la nappe

Bicarbonaté sodique au centre de la nappe

Chloruré calcique en aval de la nappe (tableau 17).

Tableau n°17: Résultats de classification de STABLER pour la nappe du C.I

Nom de forage	formule caractéristique	faciès chimique
Houffret Abbess	$r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{SO}_4^- > r\% \text{Cl}^- \odot r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Mg}^{++} > r\% \text{Na}^+$	Bicarbonaté calcique
ain baida	$r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{SO}_4^- > r\% \text{Cl}^- \odot r\% \text{Na}^+ > r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Mg}$	Bicarbonaté sodique
aboutaleb	$r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{SO}_4^- > r\% \text{Cl}^- \odot r\% \text{Na}^+ > r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Mg}$	Bicarbonaté sodique
aquaculture	$r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{SO}_4^- > r\% \text{Cl}^- \odot r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Mg}^{++} > r\% \text{Na}^+$	Bicarbonaté calcique
Tin Bouzid	$r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{SO}_4^- > r\% \text{Cl}^- \odot r\% \text{Na}^+ > r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Mg}^{++}$	Bicarbonaté sodique
Djraif	$r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{SO}_4^- > r\% \text{Cl}^- \odot r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Na}^+ > r\% \text{Mg}^{++}$	Bicarbonaté calcique
SBGEM	$r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{SO}_4^- > r\% \text{Cl}^- \odot r\% \text{Na}^+ > r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Mg}^{++}$	Bicarbonaté sodique
Ben Haida	$r\% \text{Cl}^- > r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{SO}_4^- \odot r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Mg}^{++} > r\% \text{Na}^+$	Chloruré calcique
Oueld omran	$r\% \text{Cl}^- > r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{SO}_4^- \odot r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Na}^+ > r\% \text{Mg}^{++}$	Chloruré calcique

Kef 02	$r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{SO}_4^- > r\% \text{Cl}^- \otimes r\% \text{Na}^+ > r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Mg}^{++}$	Bicarbonaté sodique
Rif	$r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{SO}_4^- > r\% \text{Cl}^- \otimes r\% \text{Mg}^{++} > r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Na}^+$	Bicarbonaté magnésien
Centre de recherche	$r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{Cl}^- > r\% \text{SO}_4^- \otimes r\% \text{Na}^+ > r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Mg}^{++}$	Bicarbonaté sodique
Ouedjda	$r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{SO}_4^- > r\% \text{Cl}^- \otimes r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Mg}^{++} > r\% \text{Na}^+$	Bicarbonaté calcique
lkhcheb	$r\% \text{HCO}_3^- > r\% \text{SO}_4^- > r\% \text{Cl}^- \otimes r\% \text{Na}^+ > r\% \text{Ca}^{++} > r\% \text{Mg}^{++}$	Bicarbonaté sodique

3-Etude de l'évolution chimique des eaux

L'eau de pluie acquiert rapidement une minéralisation par ruissellement où l'eau peu se recharge jusqu'à 50% de minéralisation définitive, puis subit des modifications dans sa composition chimique due aux lithologies différentes.

- *Nappe alluvionnaire*

. *Faciès bicarbonaté calcique*

Ce faciès caractérisant les eaux immatures des aquifères, et est loin de représenter tous les faciès, environ 45% des eaux analysées sont bicarbonatées calciques.

Ce faciès se rencontre dans la quasi-totalité des eaux de la nappe.

. *Faciès bicarbonaté sodique*

Les eaux bicarbonatées sodiques représentent 37% des eaux analysées. Elles se rencontrent dans les zones situées au centre de la nappe,

. *Faciès sulfaté calcique et sulfaté sodique*

Représentant environ 18% des eaux analysées. Elles se rencontrent principalement dans les puits situant en aval de la nappe.

- *Nappe du continentale intercalaire*

. *Faciès bicarbonaté calcique et magnésien* : représente d'environ 28% des analysées ce faciès on le rencontre dans la partie Est de la nappe

. *Faciès bicarbonaté sodique* :

Ce faciès représente 50% des eaux analysées et situé au centre de la nappe, on peut considérer que ce faciès représente le stade intermédiaire de l'évolution.

. *Faciès chloruré calcique* :

Représente la faciès final avec une proportion de 14%, ce facies situé en aval de la nappe.

Observant les différents faciès chimiques des eaux de deux nappes on constate la présence des faciès communes (bicarbonaté calcique, bicarbonaté sodique) ce qui indique un mélange des eaux des deux nappes.

4- Age et origine des eaux

La nappe de l'Albienne est considéré comme une ressource non renouvelable (eau fossile) où leur alimentation s'est poursuivie au cours des périodes pluvieuses du Quaternaire (fig.27) par infiltration sur les affleurements des couches perméables jusqu'à débordement de ces derniers, et que le niveau actuel des nappes traduit le résultat d'un tarissement depuis l'Holocène.

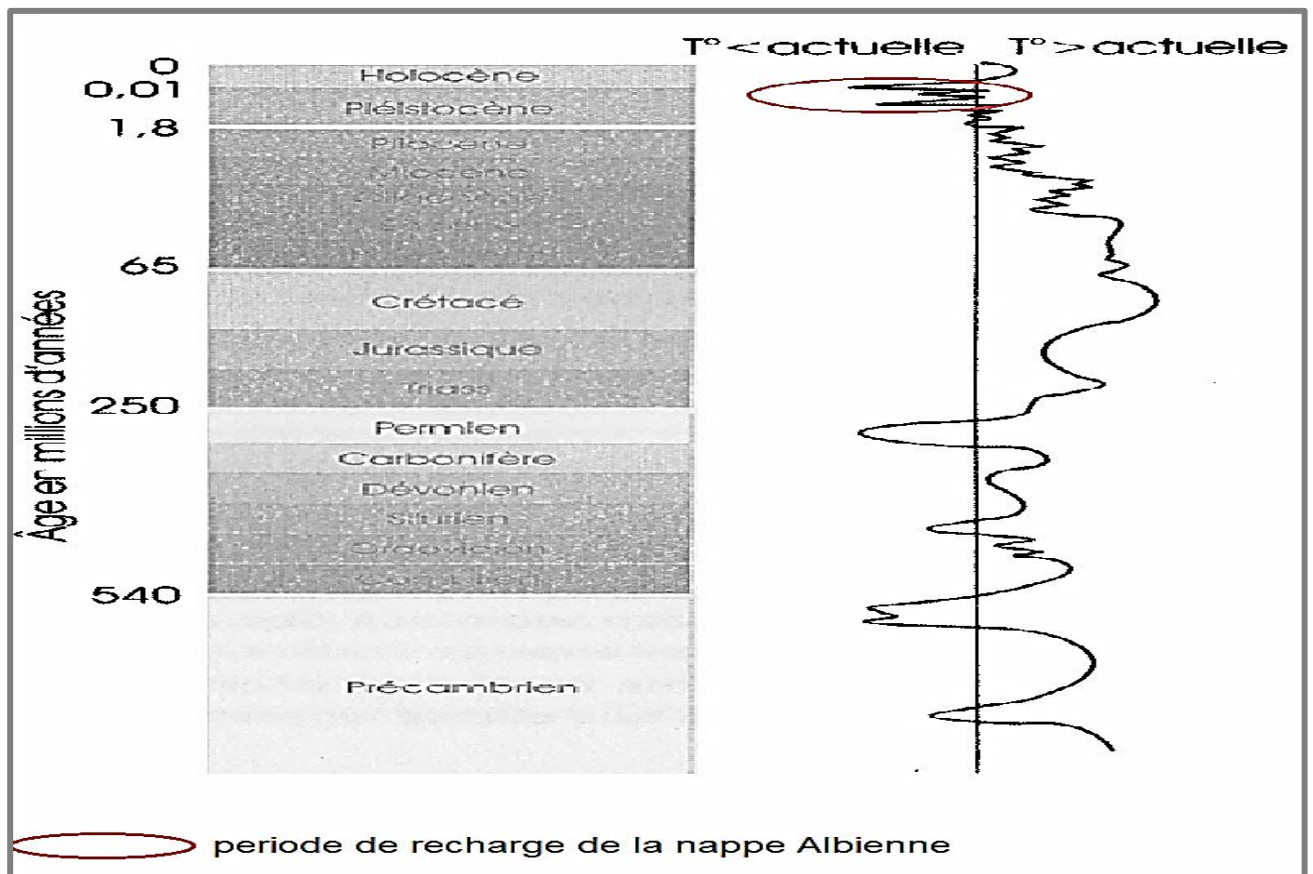


Figure 27: Estimation de la température moyenne du globe. (A-MARIE LEZINE. 2008).

L'isotope du carbone 14 est utilisé pour dater les eaux dont l'âge est inférieur à 40000 ans. La cartographie des activités en ^{14}C mesurées aux forages (fig.28), traduite en âges équivalents des eaux souterraines reflète, fidèlement, le schéma hydrodynamique des aquifères du Sahara septentrional. La répartition spatiale des âges au ^{14}C révèle qu'aux zones de recharge les eaux sont jeunes, témoignant d'une alimentation actuelle. Les âges évoluent des zones de recharge vers les exutoires où les eaux sont plus anciennes indiquant une convergence vers ces derniers.

De l'ordre de 500 ans près des aires d'alimentation possible, ces âges atteignent jusqu'à 40000 ans aux zones d'exutoires situées à 500 km des zones de recharge. (OULD BABA SY, 2005).

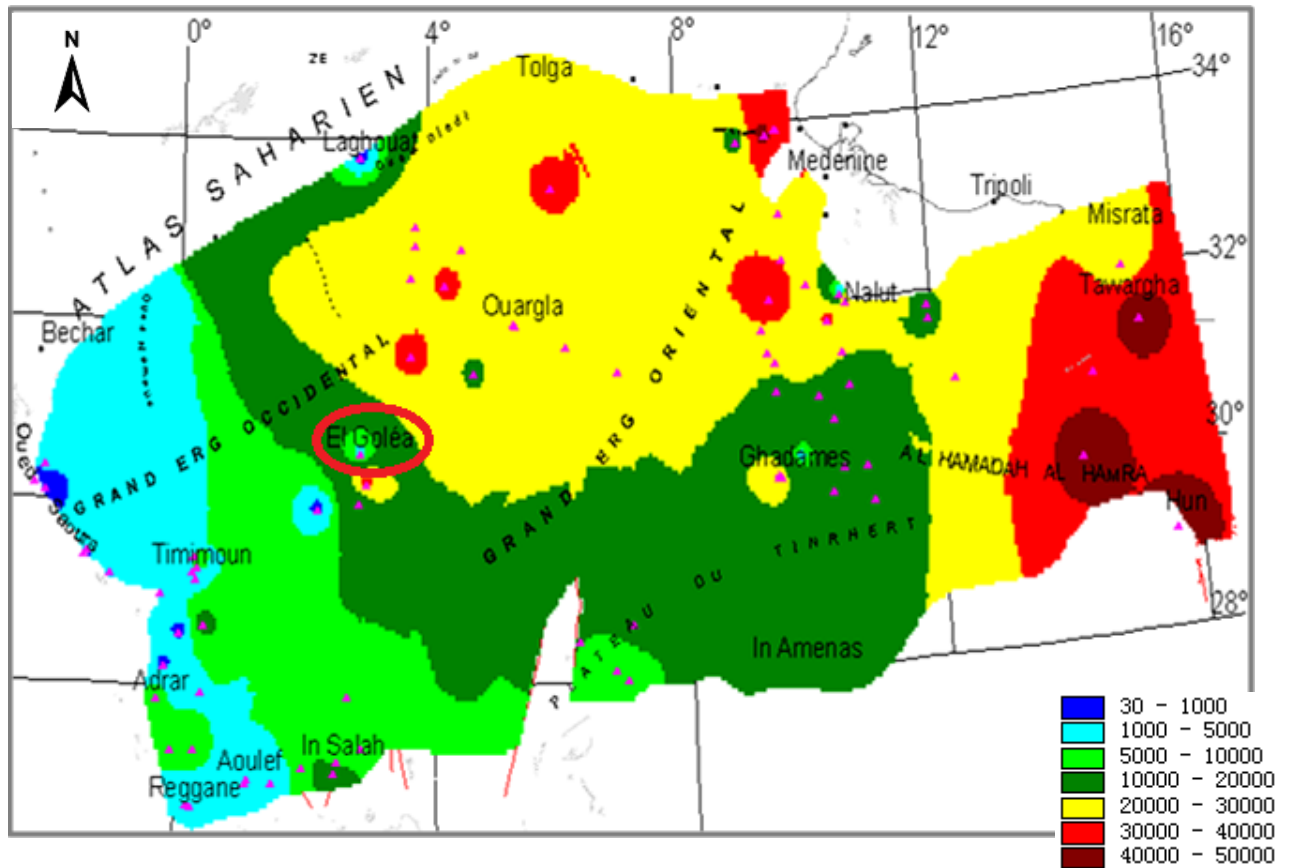


Figure 28: Age des eaux du Continental intercalaire d'après la teneur en C14 (OSS, 2003).

La (figure 28) montre que les eaux de la nappe albienne dans la région d'El-Ménia est caractérisée par une âge allant de 5 000 à 10 000 ans qui coïncide avec la dernière glaciation (Würm) du nom des localités où ces moraines ont été identifiées (A-MARIE LEZINE, 2008). Donc ces eaux sont toutes jeunes (inf. à 10000 ans). Tout au long de leur parcours (plus de 250 km) de la zone de recharge principale qui est l'Atlas saharien, vers la zone d'exutoire principale qui est la vallée du Gourara, du Touat et du Tidikelt, les eaux du Continental Intercalaire continuent de se renouveler tout au long de leur cheminement. Cette observation est en cohérence avec la géologie régionale ; en effet, le CI n'est plus recouvert ici par le Crétacé supérieur et la nappe du CI est à surface libre.

Conclusion

L'étude des différents éléments chimiques dans les eaux souterraines nous a conduit à tirer les conclusions suivantes :

- La minéralisation est forte pour la nappe alluvionnaire et faible pour la nappe du continentale intercalaire

- Les facies d'eaux de la nappe alluvionnaire sont généralement Bicarbonaté calcique à sodique, et Sulfaté sodique alors que pour la nappe du continentale intercalaire sont Bicarbonaté à Chloruré mixtes.

-Les eaux de la nappe du continentale intercalaire sont de bon qualité chimique et sont conformes avec les normes de potabilité de l'OMS par contre les eaux de la nappe alluvionnaire sont de mauvaise qualité.

Nous remarquons la faible minéralisation des eaux dans la nappe alluvionnaire d'El-Ménia est lié à plusieurs facteurs parmi ces facteurs :

- La faible profondeur de la nappe engendrant un faible gradient thermique qui ne participe pas à la dissolution des roches dans l'aquifère

- L'ensablement du grand erg occidental a joué un rôle de filtre durant les périodes humides (glaciation de Würm). De même qu'il permet de joué un rôle d'alternance de la température et l'évaporation qui ont tendance a influencée les niveaux piézométriques.

Introduction

Le problème de la remontée de la nappe alluvionnaire est lié à plusieurs facteurs directes et indirectes, Il est indispensable et primordial de connaître la situation de l'hydraulique de surface ainsi les mécanismes d'irrigation des terres agricoles ou toute activité humaine liée à l'eau, Il y a lieu de signaler la relation de tout écoulement souterrain avec les eaux de surface.

1- Assainissement des eaux usées

1.1 Fosses septique

La fosse septique est l'un des éléments constitutifs d'une installation d'assainissement non collectifs. Elle reçoit uniquement les eaux vannes (sanitaires). Quand elle reçoit l'ensemble des eaux-vannes et des eaux ménagères (cuisine, lavage), on lui préfère alors l'appellation de fosse toutes eaux. L'apport d'eaux pluviales est proscrit dans les deux cas car il entraîne le dysfonctionnement de l'installation (effet de dilution des effluents).

Avant 1990 El-Menia est dépourvu d'un réseau d'assainissement, les eaux usées à 90% sont déversées dans des fosses septiques anarchiques individuelles qui couvrent la quasi-totalité des agglomérations de la ville le long du Oued Seggeur .

Les fosses anarchiques avaient un rôle prépondérant dans le remplissage de la nappe alluvionnaire et ce-ci s'accroissait à cause du conglomérat argileux étanche au dessous des alluvions de la nappe alluvionnaire.

1.2 Réseaux d'assainissement

C'est un réseau public de collecte et de transport des eaux usées vers une station d'épuration ou lagunage. Elles se répartissent en eaux ménagères (provenant des douches et de cuisine. De par leur provenance, ces eaux sont chargées de détergents, graisses, solvants, déchets organiques, etc.) et eaux vannes ou de w.c. qui sont chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux (Edine, 1996).

À EL-Ménia le réseau unitaire est le système de collecte des eaux usées où toutes les eaux (eaux usées domestiques et eaux pluviales) transitent par une seule et même canalisation et se mélangent. Une alternative à ce système est la construction de réseaux séparatifs où l'eau de pluie et les eaux usées possèdent chacune leur réseau d'évacuation séparé.

En 2016 le taux de raccordement en réseaux d'assainissement est de l'ordre de 95% pour la commune d'El-Ménia et de 99% pour la commune de Hassi Gara ce taux a engendré un rabattement important de la nappe alluvionnaire au niveau de Oued Seggeur ceci est dû à l'élimination des fosses septiques anarchiques qui se déversent directement sur la nappe alluvionnaire de la vallée.

Tableau n°18 : Caractéristiques des réseaux d'assainissements

Agglomération	Réseaux			Année de mise en service	Curage	Etat du réseau		
	Diam Ø (mm)	Long (ml)	Nature			Bon	Moyen	Mauvais
DAIRA D'EL-MENIA	500	2600	Béton	1973/1974				X
	250-300	31000	A.C	1975				X
	800	1.585	CAP	1988/1989			X	
	300	10.581	A.C	1988/1995			X	
	400-600	6657	CAP	1996/1997			X	
	1100	5529	CAP	2000/2005		X		
	200-250-300	19006	P.V.C	2006/2007		X		
	200-250-	1033	P.V.C	2008		X		
	600	667	CAP	2008		X		
	250-300-400	9352	P.V.C	2009		X		
	800	3900	CAP	2009		X		
	200-250-300-500	3800	P.V.C	2010		X		

(DHW, 2010)



Figure 29: Débordement des eaux usées après bouchage du réseau d'assainissement

1.3 Station de lagunage

Le lagunage est une technique naturelle d'épuration des eaux fondée sur la déséutrophisation. Le principe est de recréer des milieux ou des bassins « tampons » dans lesquels les eaux usées ou polluées vont transiter, avant d'être rejetées dans le milieu naturel. Les phénomènes d'auto-épuration des eaux (écosystème) se font ainsi dans ces bassins, de petite ou grande surface, préservant le reste du milieu naturel (lac, rivière) des conséquences néfastes des pollutions et des effets négatifs de certains phénomènes d'auto-épuration (la dégradation de la matière organique par les micro-organismes aérobies entraîne une chute du taux d'oxygène dissous pouvant asphyxier la macrofaune et la microflore aquatique) (Fig.30).



(internet)

Figure 30: Localisation de la station de lagunage avec le rejet

1.4 Rejet

La zone de rejet est le Lac d'El-Ménia ou Sebkhet-El-Maleh est une dépression endoréique constituée de sol salé. Il est divisé en deux compartiments : un bassin supérieur, a salinité modéré, tres riche du point du vue diversité biologique et un autre bassin inférieur plus salé dénudé dont les berges sont garnies de sels

Ce site situe à 12km d'El-Menia et à 5Km au sud de Hassi-El-Gara, Il se présente

sous forme d'une dépression formée naturellement d'une superficie de 18.947ha sa longueur de 10Km, et sa largeur maximal est de 3km, avec une profondeur variable en fonction du remplissage et selon les conditions climatiques (Fig31). La formation du lac est due aux deux éléments suivants :

- Les eaux en excès d'irrigation de la palmeraie d'El-Ménia, cette irrigation s'accompagne par des pertes d'eaux considérables. Ces pertes s'infiltrants dans le sol est rejoignent la nappe alluvionnaire en aval , où bien elles sont évacués directement dans le lac par les réseaux de drainages existant.
- Les eaux usées domestiques de la ville sont également déversées au lac par canalisation urbaine.



Figure 31: La zone de rejet (Sebkha-El-Maleh) El-Menia

2- Réseaux d'alimentation en eaux potable

2.1 Forages

Les forages d'eaux sont la seule ressource en eau exploitée dans la région d'El-Ménia ces forages sollicitent la nappe du continentale intercalaire.

Les profondeurs de la nappe sont de faibles profondeurs notamment sur l'Oued Seggeur dont le toit Vraconienne de la nappe est à partir de 50 mètres de profondeur.

Tableau n°19: forages d'AEP de la région d'EL-Ménia

Commune	Forages réalisés		Forages		
	Nombre	Débit l/s	Mobilisés	Exploité	Débit m3/j
El-Menia	25	50	25	17	21600
Hassi-El-Gara	18	50	18	10	36720

(DHW, 2010)



Figure 32: pollution de la nappe du C.I par sondage a l'intérieur d'un puits exploitant la nappe alluvionnaire



Figure 33: Eruption et fuites d'un forage albien réalisé par battage avec une mauvaise cimentation .

2.2 Stockages

Les ouvrages d'emmagasinement existante au niveau de la ville d'El-Ménia est composée de cinq réservoirs d'une capacité totale de stockage de 5300 m³ qui est un point noir du système, vu son insuffisance.

Tableau n°20: Ouvrages de stockage de la Commune d'EL Ménia

N°	Localité	Capacité (m ³)	L'état	Alimenter par	Alimente	Conception	Date de réalisation
1	Zone indus N°1	500	Bonne	Forage Zone Indus n°1	Réservoir Kef 2	Surélevé	1992
2	Kef 1	500	Bonne	Forage Kef 1, Réservoir Kef 2	Centre ville et H/Abbas	semi- enterré	1962
3	Kef 2	2000	Bonne	Forage Kef 2 et Forage Zone Indus n° 2 et Réservoir Zone Indus n°1	Belbachir et Taghit	semi- enterré	1978
4	Badriane	300	Bonne	Forage Badriane III	Badriane	Surélevé	1997
5	Tin Bouzid	500	Bonne	Forage Tin Bouzid	Tin bouzid	Surélevé	1997
6	Sid hadj yahia	1500	Bonne	Forage El madi	Plusieurs quartiers	semi- enterré	2012

(DHW, 2012)

Tableau n°21: Ouvrages de stockage de la Commune de Hassi-Gara

N°	Localité	Capacité (m ³)	L'état	Alimenter par	Alimente	Conception	Date de réalisation
1	Taghit sud	1000	Bonne	Forage Taghit sud	ville	Semi- enterré	2000
2	Saidat	500	Bonne	Forage slimani	Ouest de la ville	surélevé	1994

(DHW, 2001)

Les deux communes sont déficitaires en matière de stockages d'eaux potables on note que plusieurs forages sont injectés directement sur les réseaux sans un traitement préalable ce procédé engendre les problèmes de maitrise de gestion de la ressource et en consequence fuites et pertes des volumes important d'eaux qui accentuent la remontée de la nappe alluvionnaire. Ainsi les problemes de la santé publique A cause de la distribution des eaux non traitée.



Figure 34a: château de 500m³ zone indusuelle

Figure 34b: château de 500m³ tin bouzid

2.3 Réseaux d'alimentation en eau potable

Généralement le réseau est de type maillé, presque dégradé et vu l'absence de l'entretien, les fuites sont énormes au niveau des jonctions et les regards de visites notamment les réseaux vétustes réalisée en amiante du ciments, les débits sont très faibles au niveau des foyers a cause de :

- Insuffisance de la capacité de stockage.
- Surdimensionnement du réseau.
- Injections directes des forages dans les réseaux.
- Les fuites sont énormes pour les réseaux en A.C (amiante du ciment).

- Double utilisation des eaux en AEP et en irrigation.

Tableau n° 22: Les réseaux d'AEP actuel de la daïra de Méniâ

Nature	Diamètre (mm)	Longueur (m)
Amiante ciment	150	84 750
	200	8 890
	250	3 920
	300	4 150
	500	3 930
PVC	90-110	32730
PEHD	63-90-110-200-250 -300-350	35620
Total		173990

(DHW, 2018)

3- Agriculture :

La fonction de l'agriculture dans les régions Sahariennes c'est bien la viabilisation de l'espace aride pour le rendre plus vivable et créateurs d'activités productives.

Le pilier de cette viabilisation est le palmier. La culture des palmiers dattiers avec toutes variétés constitue la base de l'agriculture dans la région, elle est considérée comme élément générateur de la cité, en plus de son rôle économique, elle participe à la création d'un micro climat agréable et à l'équilibre du système écologique général de la ville, en conséquence la palmeraie est menacée par plusieurs facteurs , notamment problèmes de la remontée :

- Mauvaise répartition d'eau, la remontée s'accroît en utilisations abusives .
- Dégradation du réseau d'irrigation par le dépassement de sa durée de vie
- Contamination de la nappe alluvionnaire par les eaux usées

La palmeraie occupe **2500** hectares au niveau de la ville d'El-Menia

Trois systèmes d'irrigations pratiqués dans la région sont :

3.1- Irrigation traditionnelle

Les forages sont les ressources essentielles dans ce type d'irrigation, car elle irrigue la plupart des secteurs agricoles, l'irrigation se fait au niveau de la parcelle à partir d'un réservoir d'accumulation vers un canal principal qui alimente les canaux secondaires, et qui irrigue les petites carrées des exploitations.



Figure 35: Irrigation traditionnelle (El-Menia)

3.2- Irrigation localisée

L'irrigation par goutte à goutte est pratiquée surtout au niveau des nouvelles palmeraies dans les grands périmètres de mise en valeur. Les caractéristiques et les avantages de cette technique est de minimiser les pertes d'eau par infiltration et participe a un rabattement de la nappe alluvionnaire. Principales caractéristiques de ce procédé d'irrigation à la goutte à goutte (Fig.36) sont :

- Ecartement entre palmiers 8 m soit une densité de 144 arbres /ha.
- Débit du goutteur 4 l/h.
- Diamètre de la conduite principale : 60 mm.

Cette technique est très fiable et économique.



Figure 36 : Irrigation localisée (El-Menia)

3.3-L'irrigation par aspersion

L'irrigation par aspersion en tenant compte :

- Des facteurs défavorables comme les grandes chaleurs et les vitesses du vent très élevées qui provoquent des pertes par évaporations énormes.
- Cette technique moderne préserve la ressource contre le gaspillage (Fig. 37)



Figure 37: irrigation par aspersion entre palmiers

4- Drainages

4.1 Réseaux de drainages

Pour que le lessivage du sol soit correcte, sous effets à des irrigations (irrigation+lessivage) intenses donnant lieu à la remontée de la nappe alluvionnaire et à la formation des eaux stagnantes. Les périmètres agricole au sein de la palmerais sont équipés d'un réseau de drainage susceptible :

1- D'évacuer les eaux issues des opérations de lessivages.

2- De maintenir le niveau max de la nappe à une profondeur suffisamment bas généralement

Les modalités de drainages de L'oasis d'El-Menia est dotée d'un drain principal (El-khändeg) qui suit le thalweg de l'Oued Seggueur. Un certain nombre de canaux latéraux, les drains secondaires aboutissant dans le canal principal.

Les bords de ces drains sont tapissés d'un revêtement en pierres non cimentées pour que l'eau qui chemine par gravité puisse s'infiltrer.

Le Khandeg aboutit au Sud de Hassi-El-Gara dans une dépression fermée naturellement, d'une superficie de 350 ha au total, ou s'est formée un vaste Sebkha (Fig.38).



Figure 38: Drain principale (collecteur principale)

Les parcelles sont drainées par un réseau de drain secondaire positionné à l'aval de chaque parcelle.

Les drains sont associés aux collecteurs qui sont généralement l'émissaire de périmètres de part et d'autre, le système de drainage secondaire existant chemine toutes les eaux vers le collecteur principale (Fig.38) et en suite vers le chott en aval (Sebkha-El-Maleh).



Figure 39: Drain secondaire qui se divise dans le drain principale

5- DISSCUSSIONS ET ANALYSES

Discussions

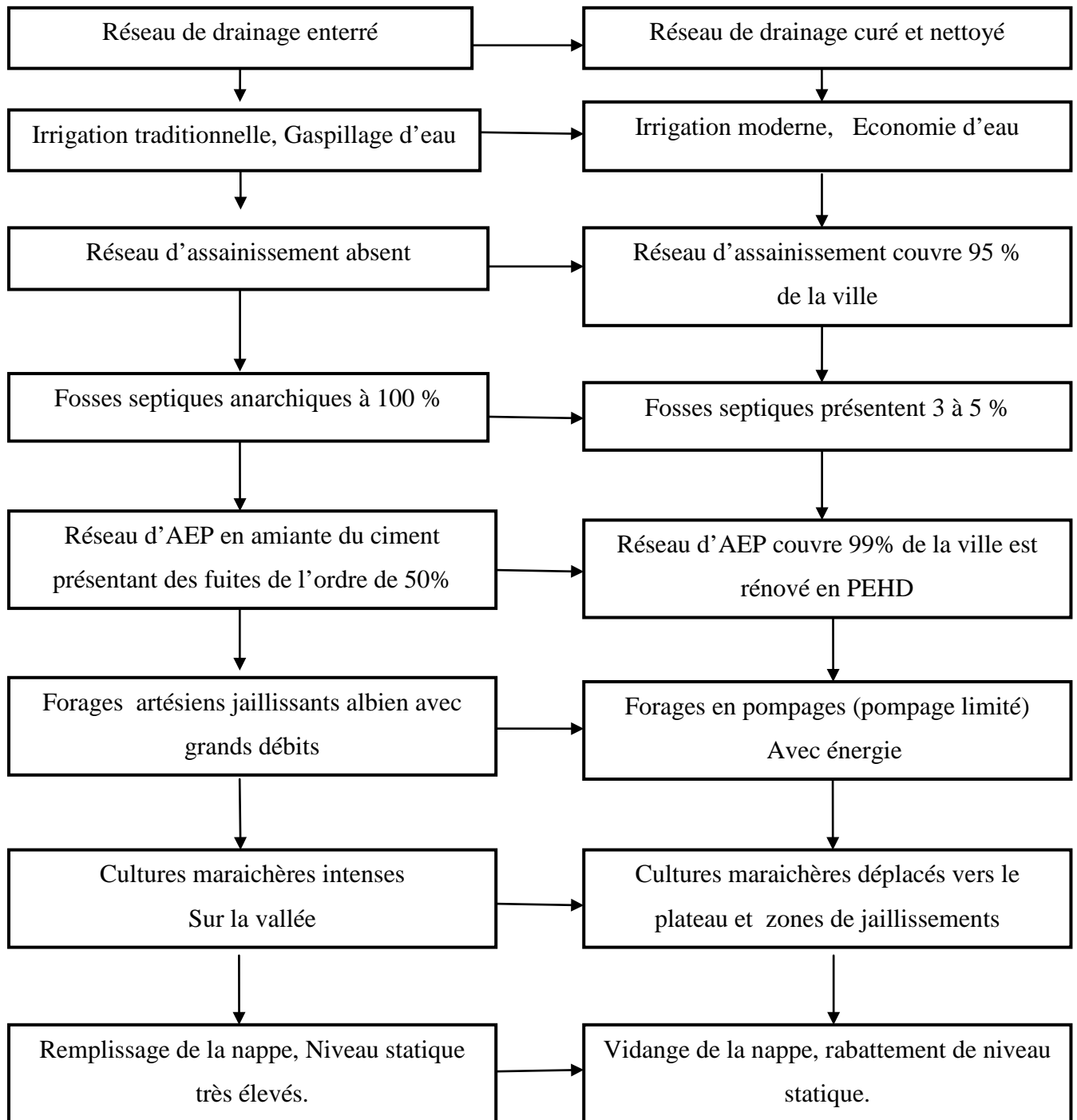
Sur la base de notre étude, il ressort que, les conditions de remplissage de la nappe alluvionnaire de Oued Seggeur de la région d'El- Ménia a permis à aller vers l'option d'un rabattement au lieu d'une remontée, notamment à cause d'une infrastructure hydraulique adéquat réalisés ces dernières années (réseaux d'assainissement, de drainages et d'alimentation en eaux potable). Ce qui a permis a la nappe alluvionnaire d'être bien drainée, donc c'est une réponse approche a notre problématique de la présente étude.

Les causes majeures d'un rabattement ou d'une remonté de la nappe alluvionnaire de la région d'étude sont présenté sur le schéma suivant :

Les paramètres responsables du remplissage de la nappe alluvionnaire d'Oued Seggeur

(Avant 1994)

(De 1994 à 2018)



Les résultats de la présente étude doivent cependant être interprétés avec prudence puisque des études antérieures ont montré que la remontée s'accroît (mém.ing.Benkina B, 2011).

Pour expliquer ce résultat il faut suivre les étapes qui ont conduit à cette constatation, ainsi les arguments associés à ce résultat.

La présente étude n'a pas une portée très générale puisque dans d'autres régions (exemple la cuvette de Ouargla et les Oasis de oued rhir) le remplissage des nappes alluvionnaires persistent.

Les paramètres secondaires ne peuvent pas être mis en évidence pour pallier à ce problème d'une région à une autre.

Il semble évident que le problème de la remontée reste spécifique d'une région à une autre et dépend des conditions in-situ et de l'évolution de ces conditions dans l'espace et dans le temps.

Quelques axes de recherches se dessinent à la suite de la présente étude. D'abord, il serait intéressant de mieux comprendre le phénomène de la remontée et voir les causes et les conditions dont ils persistent et les solutions à préconiser pour pallier à ce genre de problème.

Conclusion

Problèmes de la remontée de la nappe et l'utilisations abusifs de l'eau à la région d'El-Menia se heurte aux problèmes essentiellement matériels et techniques, qui se résument en:

- 1- Utilisation des techniques d'irrigations traditionnelle : rigoles, raies, bassins elles ne sont pas couteuses, mais n'assurent pas une économie d'eau, du moment qu'elles provoquent des pertes énormes par infiltrations.
- 2- Infiltration directe du surplus des eaux d'irrigation alimente la nappe alluvionnaire.
- 3- Régression de l'artésianisme et les pertes de pression au niveaux des têtes de forages artésiens ont conduits à une exploitation par pompages, ce procédé a engendré à une irrigation moderne économique.
- 4- Régression de la culture maraichère au niveau de la vallée, ces cultures ont été transférées vers le plateau de Tadmaït où l'artésianisme existe toujours.
- 5- Couverture des deux communes en réseaux d'assainissements conduisent à l'élimination des fosses septiques anarchiques qui aboutissant à un grand rabattement de la nappe alluvionnaire.
- 6- Rénovation de divers réseaux, réhabilitation et curages périodiques des réseaux de drainages ont participés à un rabattement remarquable de la nappe alluvionnaire de notre secteur d'étude.
- 7- Traitement des eaux usées au niveau de la station de lagunage et évacuation des eaux traitées sur le bassin inférieur salé (sebkha El-maleh).

Conclusion générale

La présente étude, qui a porté sur les nappes de la région d'El-Ménia (centre du Sahara Algérien) notamment la nappe alluvionnaire d'Oued Seggeur, la manière de l'utilisation des ressources en eaux souterraines dans la région d'El-Ménia qui ont permis à l'aboutissement aux conclusions suivantes :

Le climat de la région est sec et chaud en été, sec et froid en hiver, la pluviométrie est très faible et irrégulière avec une évapotranspiration très importante.

Le climat est hyperaride avec une évaporation intense montrant que les pertes sont plus importantes que les apports, les nappes sont déficitaires.

Deux structures géologiques caractérisant le milieu :

-la falaise qui contient des calcaires, des marnes avec intercalation des argiles bigarrés

- la plaine qui recouvre les grés, les marnes et les sables rouges.

L'étude des caractéristiques hydrogéologiques montrent que la région d'El-Ménia présente deux nappes, la nappe alluvionnaire qui est très proche de la surface de sol et la nappe du continentale intercalaire qui est plus profonde.

L'écoulement dans ces deux nappes est en générale Nord- Sud, la perméabilité du terrain est hétérogène mal connue. Le débit d'écoulement difficile à déterminer.

La transmissivité calculée est de l'ordre 10^{-2} m²/s. Ces résultats ne sont pas très significatifs car l'hypothèse supposée pour effectuer le calcul est limité. L'écoulement de l'eau se fait dans un milieu hétérogène très complexe.

De point de vue chimique les eaux de la nappe alluvionnaire sont salées très néfaste a l'irrigation par contre les eaux de la nappe du continentale intercalaire ont une aptitude bonnes à l'irrigation et l'alimentation en eau potable.

L'étude isotopique montre que les eaux de la nappe du continentale intercalaire sont des eaux fossile hérité de la période humide de l'holocène, on peut la qualifier d'exploiter comme une source minière.

Un rabattement de la nappe alluvionnaire est constaté au fil des années et cela en relation avec l'extension et l'amélioration des divers réseaux.

Une infrastructure en réseaux divers, fiables qui seraient entretenu périodiquement est un outil de bonne gestion des eaux utilisé par l'activité humaine de l'agglomérations le long de la vallée alluvionnaire de Oued Seggeur de la région de El-Ménia.

Références bibliographiques

A

A .ABDELMOTALEB. (1998) : l'hydrogéologie appliquée. Thèse Doct, Univ, Lybie, 640p

ALI LAOUR ABDELHAMID.(1987) : Ressource en eaux d'une région semi-aride d'Algérie, plaine d'El- MA- LABIOD hydrodynamique et hydrochimie. Thèse Doct 3^{ème} cycle, Univ. Paul Sabatier Toulouse, 218p

ANRH. (2013) : Carte topographique, carte géologique
Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. Ghardaïa, Algérie.

ANRH. (2013) : Inventaire des forages 2011,
Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. Ouargla, Algérie.

ANNE-MARIE LEZINE. (2008) : Le pollen outil d'étude de l'environnement et du climat au quaternaire. Livre de société géologique de France ,121p.

B

BABA SY M. (2005) : Recharge et paléo recharge du Système Aquifère du Sahara Septentrional. Thèse Doct, Univ, Tunis El Manar, 271p.

BAHMANI MOHAMED. (1987) : Les réserves et les ressources en eau souterraines dans les zones arides, cas d'El-Goléa. Mémoire Ing. INA El-Harrach, 89p.

BENKINA BACHIR. (2011) : Dimensionnement d'un réseau du drainage et étude de problèmes de remontée de la nappe dans la région d'El-Ménia (w.Ghardaïa)

BRIHMAT ABDEL , BELAKHAL YACINE , (2013) : Etude hydrogéologique d'une région hyper-aride : cas d'E-Goléa.

C

CAPOT REY, G.(1958) :L'eau et le sol à El-Goléa. Travaux de L'IRST TOME XVII

CASTANY, C. (1982) : Principes et méthodes de l'hydrogéologie. Ouvrage - édition Dunod Université.

CHABOUR NABIL.(2006) : Hydrogéologie des domaines de transition entre l'Atlas saharien et la plateforme saharienne à l'Est de l'Algérie. Thèse Doct, Univ, Constantine Algérie, 177p.

CONRAD, C., KASSIR, A. (1982) : Le réservoir aquifère libre du grand Erg occidental Sahara Algérie : dynamique de l'écoulement depuis le Quaternaire

Références bibliographiques

supérieur, importance de la recharge actuelle, qualité eaux. Doc. du BRGM, Vol. 0, Num. 43, pp.683, 692.

D

DECAMPS P. (1971) : coupe schématique du sous-sol d'El-Goléa.

Documents services d'hydraulique d'El-Goléa.

DPAT. (2008) : donnée démographique (Annuaire statistique).
Direction de planification et de l'aménagement de territoire.

DSA. (2008) : donné d'agriculture.

Direction des services agricole, El-Ménia w. Ghardaïa.

F

FAO. (2005) :L'irrigation en Afrique, Enquête AQUASTAT:169p.

G

GOUAIDIA LAYACHI. (2008) : influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico –chimiques des eaux d'une nappe en zone semi-aride, cas de la nappe de Meskiana Nord-Est algérien.
Thèse Doct, Univ, Annaba Algérie, 199 p.

GUENDOZ A. (1985) : Contribution à l'étude géochimique et isotopique des nappes profondes du Sahara Nord-Est Septentrional (Algérie). Thèse 3^e cycle, Univ. Paris-Sud, 243p.

H

HAMIT ABDERAHMANE. (2012) : Étude du fonctionnement hydrogéochimique du système aquifère du Chari Baguirmi (République du Tchad). Thèse Doct, Univ, DE POITIERS, 324p.

HAROUG ABDERRAHMANE. (1994) : Contribution à la régulation du régime hydrosalin des oasis d'El Méniâ. Mémoire Ing, ENSH, Algerie, 83p.

K

Kassir ALI. (1983) : Exploitabilité des eaux souterraines du Gourara-Touat (Sahara nord occidental : Algérie). Int. Symposium. Unesco.

M

M'BAISSOUM RAFIK. (1993) : Evaluation et modélisation des ressources en eau du Sahara, cas d'oasis El-Goléa. Thèse Magister INA El-Harrach Algérie 240p.

Références bibliographiques

MERABET SOUAD. (2010) : Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes et distribuées du barrage réservoir de Beni Haroun. Thèse Magister Univ .Mentouri Constantine. Algérie 104p.

METERFI B. (1984) : Contribution à la caractérisation des sols sahariens évaluation de leur aptitude culturelle. Oasis d'El-Goléa. Mémoire Ing institue national agronomie .El-Harrach, Algérie 98p.

N

Nâami Habiba. (1996) : Contribution à l'étude de la microflore de la Sebkhia d'El Goléa .Mémoire DEUS Univ Ouargla, Algérie 65p.

O

OSS (2002) : Système Aquifère du Sahara Septentrional : De la concertation à la gestion commune d'un bassin aquifère transfrontière. Projet SASS. Rapport interne. Tunis, Tunisie, 58p.

OSS (2003a et b) : Système Aquifère du Sahara Septentrional, Rapport interne. Annexes. Tunis, Tunisie, 229p.

OUALI SALIMA. (2006) : étude géothermique du sud de l'Algérie. Thèse Magister, Univ BOUMERDES Algérie, 84p.

S

Station météorologique d'El-Goléa : donnés climatiques (2008-2012)

U

UNESCO (1972) : Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional, Rapport sur les résultats du Projet REG-100, UNESCO, Paris (1972).

W

WWW.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes-oms-eau-potable.htm
Octobre 2010

Y

Yousfi, M. (1984) Étude géochimique et isotopique de l'évaporation et de l'infiltration en zone non saturée sous climat aride: Béni-Abbés, Algérie. Thèse Doct 3^{ème} cycle, Univ. Paris-XI, Orsay, France.