

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE

P0005/05B

Ministère de l'Enseignement Supérieur
Et de la Recherche Scientifique
Ecole Nationale Polytechnique



وزارة التعليم العالي
والبحوث العلمي

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

*Mémoire de fin d'études
en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état
en hydraulique*

THEME

**Apport du Modèle Numérique de Terrain (MNT)
à l'analyse du relief dans la région d'Ouargla:
impact sur le phénomène de remontée des eaux**

Proposé par:
Mr: A.SEMAR

Dirigé par :
Mr: A.SEMAR
Mr: Y.MOULOUDI

Présenté par :
Mr: F. GUEMARI



Promotion 2005

ENP 10, Avenue Hassen-Badi, El Harrach, ALGER

Dédicaces

A

Mon très cher père qui m'a toujours poussé vers

l'avant,

Ma tendre mère qui a toujours cru en moi,

Mes sœurs,

Ma grande famille,

Tous mes amis,

Je leurs dédie mon modeste travail.

Remerciement

Je remercie tous d'abord Allah et clément de m'avoir donné la foie et le courage pour terminer ce projet de fin d'études, pour les efforts qui nous a donné, pour pouvoir réaliser ce modeste travail

*Je tiens à présenter mes remerciements les plus sincères à mon promoteur Monsieur **A.Semar** pour sa générosité, sa gentillesse, sa patience et ses précieux conseils pour l'établissement de ce travail.*

*Je remercie mon promoteur Monsieur **Y.Mouloudi** pour son aide et ses encouragements.*

Je remercie l'ensemble des enseignants du département d'hydraulique.

Je remercie pour la même occasion les gens de L'ANRH de Ouargla et d'ALGER pour leurs aides et leur gentillesse

Je remercie les membres de jury qui m'ont honoré de leurs présence.

Enfin je remercie tous mes amis pour leurs soutiens.

A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réussite de ce travail, je leurs dis.

Merci, Merci, Merci ...

Sommaire

Introduction générale

Chapitre I Présentation du milieu physique

I. 1 Situation géographique	3
I. 2 Hydrographie et géomorphologie.....	5
I. 3 Hydroclimatologie.....	10
I. 3. 1 Introduction.....	10
I. 3. 2 Précipitation.....	10
I.3.3. Evapotranspiration.....	10
I. 3. 4 Température.....	10
I. 4 Cadre géologique local.....	10
I. 4. 1 Introduction.....	11
I. 4. 2 Lithostratigraphie	11
I. 4. 3 Tectonique	15
I. 5 Cadre hydrogéologique.....	16
I. 5. 1 Introduction.....	16
I. 5. 2 Nappe du Continental Intercalaire (C.I.).....	16
I. 5. 3 Nappe du Complexe Terminal (C.T.).....	16
I. 5. 4 Nappe superficielle.....	17
Conclusion.....	18

Chapitre II : Ressource en eau

II. 1. Introduction.....	19
II. 2. Piézométrie	25
II. 2. 1 Introduction	25
II. 2. 2 La nappe Mio-Pliocène.....	25
II. 2. 3 La nappe du Sénonien.....	28
II. 2. 4 La nappe de l'Albien	30
II. 3 Paramètres hydrodynamiques.....	32
II. 3. 1 Nappe du Mio-Pliocène	32
II. 3. 2 Nappe du Sénonien	32
II. 3. 2 Nappe de l'Albien	32
II. 4 Hydrochimie	33
II. 4. 1 Introduction	33
II. 4. 2 Nappe du Mio-Pliocène	33
II. 4. 3 Nappe du Sénonien	34
II. 4. 5 Nappe de Albien	34
Conclusion.....	36

Chapitre III : Matériel et méthode

III. 1. Introduction.....	37
III. 2. Les données	37
III. 3. Matériel	37
III. 3. 1 Surfer.....	37
III. 3. 2 MapInfo.....	37
III. 3. 3 Vertical Mapper	38
III. 3. 3. 1 Qu'est ce qu'un grid ?.....	38
III.4 Méthode	38
III.4. 1 Scannérisation	38
III. 4. 2. La digitalisation.....	39
III. 4. 3. L'alphanumérisation.....	39
III. 4. 4. La transformation de polygones ou polylignes en points	39
III. 4. 5. Créer des grids en interpolant des données MapInfo	40
III. 4. 6. GRID MANAGER.....	43

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV. 1. Introduction.....	48
IV. 2. Apport du MNT	48
IV. 2. 1 Etablissement du MNT	48
IV. 2. 2 Analyse du MNT.....	54
IV. 2. 2 Analyse des cartes en isovaleurs	57
IV. 3. Différentes combinaisons des couches.....	63
IV. 3. 1. MNT + Plan de masse	63
IV. 3. 2. MNT + Plan de masse + Profondeurs d'eau	65
IV. 3. 3. MNT + Plan de masse + Conductivité électrique	67
Conclusion.....	69

Conclusion générale

Référence Bibliographique

Liste des figures

Chapitre I Présentation du milieu physique

- Figure I.1 Situation géographique de la région de Ouargla
- Figure I.2 Situation locale de la région de Ouargla
- Figure I.3 : Coupe schématique des formations superficielles de la cuvette de Ouargla
- Figure I-4 Hydrographie de la région de Ouargla
- Figure I.5 : Logs géologiques des formations superficielles
- Figure I.6 Coupe structurale du bas Sahara (N.W-S.E)

Chapitre II : Ressource en eau

- Figure II.1 Coupes hydrogéologiques
- Figure II.2 Carte d'inventaire des forages d'eau dans la cuvette de Ouargla
- Figure II.3 Carte piezométrique de la nappe Mio-Pliocène
- Figure II.4 Carte piezométrique de la nappe du Sénonien
- Figure II.5 Carte piézométrique de la nappe albien

Chapitre III : Matériel et méthode

- Figure III.1 Fenêtre de dialogue de Poly2point
- Figure III.2 Différentes méthodes d'interpolation
- Figure III.3 Fenêtre de dialogue de GRID MANAGER
- Figure III.4 Info de GRID MANAGER
- Figure III.5 Couleur de GRID MANAGER
- Figure III.6 Fenêtre de dialogue de la fonction 3d View
- Figure III.7 Contour de GRID MANAGER
- Figure III.8 Fenêtre de dialogue de la fonction TOOLS

Chapitre IV : Résultats et discussion

- Figure IV.1 MNT à partir des cartes topographiques 1/100000
- Figure IV.2 Visualisation du MNT en trois dimensions
- Figure IV.3 MNT à partir du réseau de points
- Figure IV.4 Visualisation du MNT en forme tridimensionnelle
- Figure IV.5 Visualisation du MNT avec superposition de la carte topographique
- Figure IV.6 Fenêtre de dialogue de la fonction ANALYSIS
- Figure IV.7 Répartition des altitudes
- Figure VI.8 Carte des pentes

- Figure IV.9 Profil topographique selon la direction Est/Ouest
Figure IV.10 Carte en isovaleurs de la profondeur (période : 1992)
Figure IV.11 Carte en isovaleurs de la profondeur (période : 2002)
Figure IV.12 Carte en isovaleurs de la conductivité électrique (période : 1998)
Figure IV.13 Carte en isovaleurs de la conductivité électrique (période : 2002)
Figure IV.14 MNT + Plan de masse
Figure IV.15 MNT + Plan de masse (agrandissement)
Figure IV.16 MNT + Plan de masse + Profondeurs d'eau
Figure IV.17 MNT + Plan de masse + Profondeurs d'eau (agrandissement)
Figure IV.18 MNT + Plan de masse + Conductivité électrique
Figure IV.19 MNT + Plan de masse + Conductivité électrique (agrandissement)

Abréviation



A.N.R.H. : Agence Nationale des Ressource Hydriques

C.I. : Continental Intercalaire

C.T. : Complexe terminal

D.H. : Degré Hydrotimétrique

E.N.A.G.E.O : Entreprise Nationale de Géophysique

I.N.C.T. : Institut National de Cartographie et de Télédétection

L.T.P.S : Laboratoire des Travaux Publics du Sud

MNT : Modèle Numérique de Terrain

O.M.S : Organisation Mondiale de la Santé

SIG : Système d'Information Géographie

VM : Vertical Mapper.

INTRODUCTION GENERALE

Devant le développement agricole, industriel d'une part, la croissance et l'explosion démographique d'autre part, les besoins en eau au Sahara algérien ont augmenté d'une manière très rapide. Ceci a conduit les gestionnaires des ressources en eau à prospecter et réaliser plus de forages, de puits et d'ouvrages hydrauliques.

Ce développement rapide a entraîné des problèmes énormes ces dernières années, relatifs principalement à la remontée et l'évacuation des eaux des nappes superficielles, aux eaux d'assainissement, et à l'abaissement des niveaux des nappes.

La région de Ouargla a été touchée directement par ce problème. En effet plusieurs facteurs ont facilité la remontée et la stagnation des eaux en surface, parmi ces facteurs, on peut citer :

- Topographie de la région sous forme d'une cuvette et l'inexistence d'un exutoire naturel des eaux de drainage ;
- Existence d'une nappe superficielle proche de la surface du sol ;
- Existence de plus de 300 forages captant les nappes profondes du Sahara.

Le phénomène de la remontée des eaux a pris des dimensions telle que les conséquences sont graves sur l'écologie, l'agriculture, la santé de la population et l'avenir économique de la région.

L'objectif de ce travail consiste à analyser l'impact de la remontée d'eau sur l'environnement, les palmeraies et l'agglomération, à l'aide de modèle numérique de terrain sur des zones bien définies et de l'approche par cartographie numérique.

Cette étude est divisée en quatre chapitres qui se répartissent comme suit:

- Dans le **premier chapitre** nous présentons le cadre physique de milieu : situation géographique, climatique, géomorphologique, hydrogéologie et géologique ;

➤ Dans le **deuxième chapitre**, nous allons présenter les ressources en eau de la région de Ouargla ;

➤ Dans le **troisième chapitre**, nous traiterons les matériels et la méthodologie de travail ;

➤ Dans le **quatrième chapitre**, nous analysons les résultats ainsi que leurs interprétations ;

➤ Nous finirons le travail par une conclusion générale.

I. 1 Situation géographique

La région de Ouargla est située à 800 km au Sud Est d'Alger à 32°00' de latitude Nord et à 5°20' de longitude Est (Fig I.1), dans une dépression naturelle appelée cuvette de Ouargla. Elle s'étend sur une superficie de 99000 hectares, d'une longueur de 45 km direction SW-NE et d'une largeur de 2 à 5 km. Le nombre d'habitants en 1997 est de 165772 Hab.

Elle est limitée par [10]:

- El Bour au Nord ;
- Rouissat, au Sud ;
- Bordj Chandez à l'Ouest ;
- Ain El Beïda a l'Est (Fig I.2).

La cuvette est repérée par les coordonnées Lambert suivantes [11]:

X min = 742000 m

Y min = 149050 m

X max = 755250 m

Y max = 201150 m

Les principales localités qui représentent la vallée sont les suivantes (tab-I.1)

TAB - I.1: COMMUNES ET LOCALITES DE LA CUVETTE DE OUARGLA [14]

Communes	Localités
Ouargla	Hassi-Miloud, Said-Otba, Bamendil, Makhadma, Centre Ksar, Boughoufala, Beni Thour et la zone industrielle
N'Goussa	Larbaa, Bour El-Haicha, El-Bour, El-Koum et Ghers
Rouissat	Rouissat, El-Hadeb et Sokra
Ain El-Beïda	Ain El-Baïda et Chott Adjadja
Sidi khouiled	Oum Raneb et Aouinet Moussa

Du point de vue économique, l'activité principale dans la région est l'agriculture, parmi les variétés cultivées, on note la prédominance de la culture du palmier dattier qui occupe 2000 hectares irrigues. Les cultures maraîchères sont peu développées, par contre, le secteur de l'industrie est faiblement représentable [9].

I.2 Hydrographie et géomorphologie

La cuvette de Ouargla appartient au sous bassin saharien de code 04, elle correspond à la basse vallée fossile de l'Oued M'YA. Sur le plan géomorphologique la coupe de la fig-I.3 permet de distinguer les unités suivantes [6]:

a) Hamada du Mio-Pliocène : c'est une formation continentale détritique située à l'Ouest de Ouargla et s'abaisse légèrement d'Ouest en Est. Elle est fortement érodée, laissant une série de buttes témoins ou Goures.

b) Glacis : sur le versant Ouest de la cuvette, les glacis s'étagent en quatre niveaux allant de 140 m à 200 m. les glacis dont les hauteurs varient de 160 à 180 mm sont très visibles et caractérisés par l'affleurement du substrat gréseux du Mio-Pliocène. La pente de ce dernier est faible, et souvent recouverte de sables et de graviers. A l'Est de la cuvette se trouve un vaste glacis alluvial à sable grossier, de 150 m d'altitude.

TAB. I-1: COMMUNES ET LOCALITES DE LA CUVETTE DE OUARGLA [6]

Communes	Localités
Ouargla	Hassi-Miloud, Saïd-Ojja, Bataïbia, Makhalma, Goures
N'Gouassa	L'Arba, Bou-Hadid, Bou-Troun et la zone forestière
Kouassar	Kouassar, El-Hadid et Sôira
Aïn El-Beldj	Aïn El-Beldj et Chouh Aïdjil
Oum El-Kheïmel	Oum El-Kheïmel et Aïnata M'oussa

Du point de vue économique, l'activité principale dans la région est l'agriculture pour les zones cultivées. On note la prédominance de la culture du palmier dattier qui occupe 2000 hectares irrigués. Les cultures maraichères sont peu développées par contre, la culture de l'industrie est faiblement représentée [9].

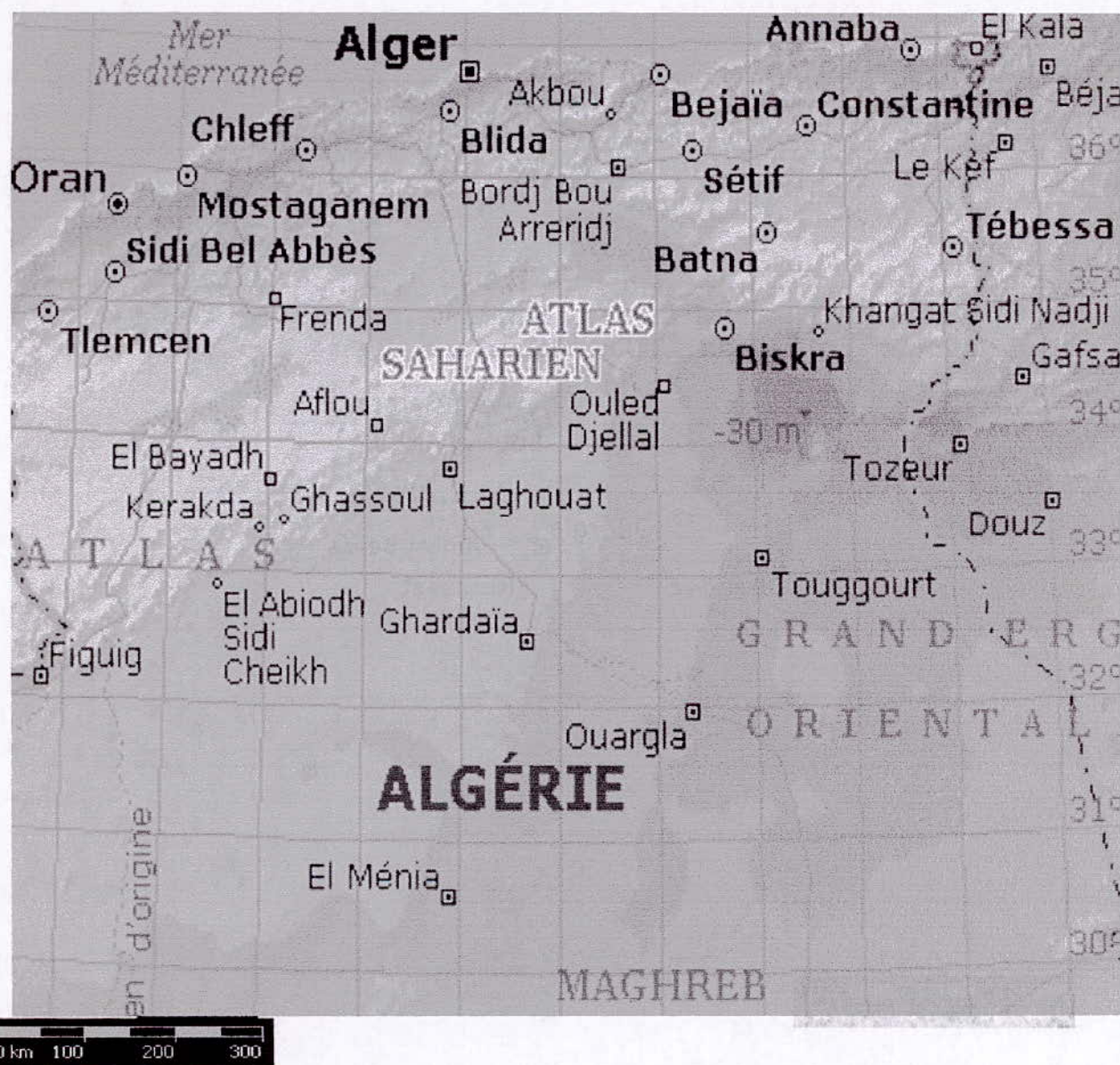


Fig-I.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA REGION DE OUARGLA [4]

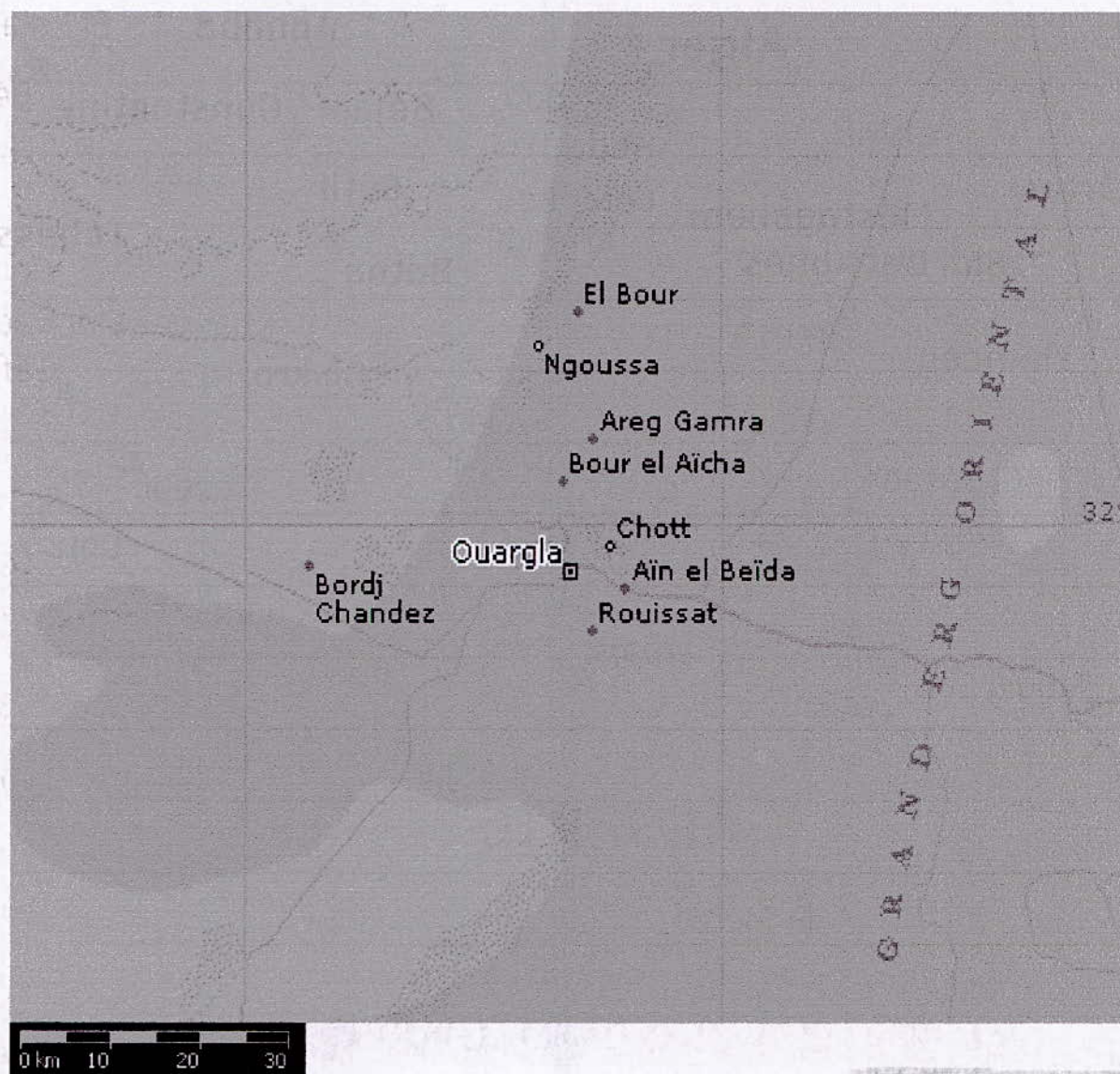


Fig-1.2 SITUATION LOCALE DE LA REGION DE OUARGLA [4]

c) Sebkhass et chotts : Ils constituent le niveau le plus bas. Le chott qui correspond au centre de la sebkha est constitué des sols gypseux en surface. Souvent la nappe superficielle affleure en surface au centre de la sebkha. Au Nord de la ville de Ouargla (136 m d'altitude), diverses sebkhas alternent avec des massifs dunaires jusqu'à Sebkheth Safioune (103 m d'altitude).

d) Dunes : ce sont des formations éoliennes récentes en petit cordons, d'environ 150 m d'altitude, occupent la partie Est et Sud de la cuvette et bordent les sebkhas le long de la vallée de l'Oued M'ya.

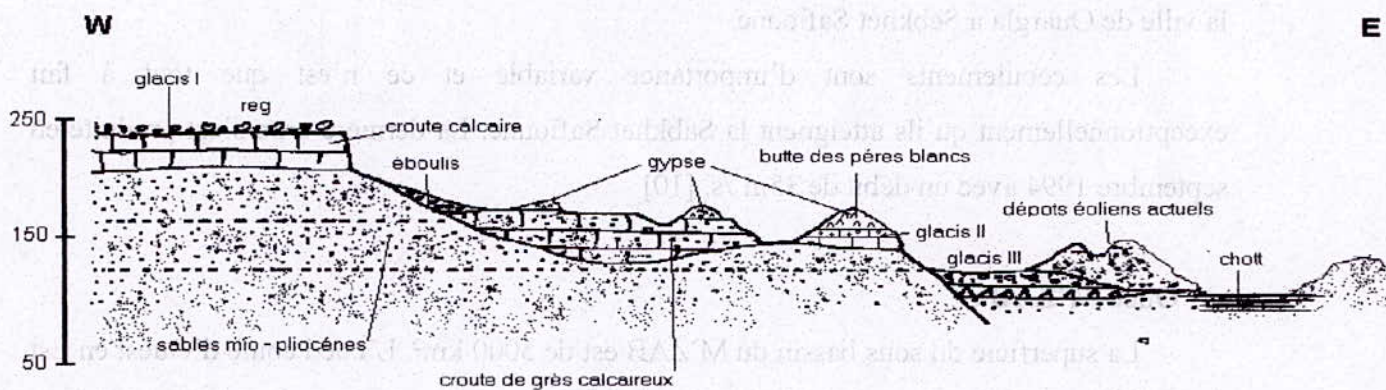


Fig-I.3 : COUPE SCHEMATIQUE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES DE LA CUVETTE DE OUARGLA [11]

Le réseau hydrographique dans la région de Ouargla (Fig-I.4) est peu développé en raison de l'aridité du climat. Parmi les oueds les plus importants, on peut citer :

- Oued M'YA ;
- Oued N'SA ;
- Oued M'ZAB.

a) Oued M'YA :

Il prend naissance du Sud de Ouargla, continue vers le Nord en creusant la grande vallée de l'oued M'YA. Son bassin versant est de 19800 km². [10]

b) Oued N'SA :

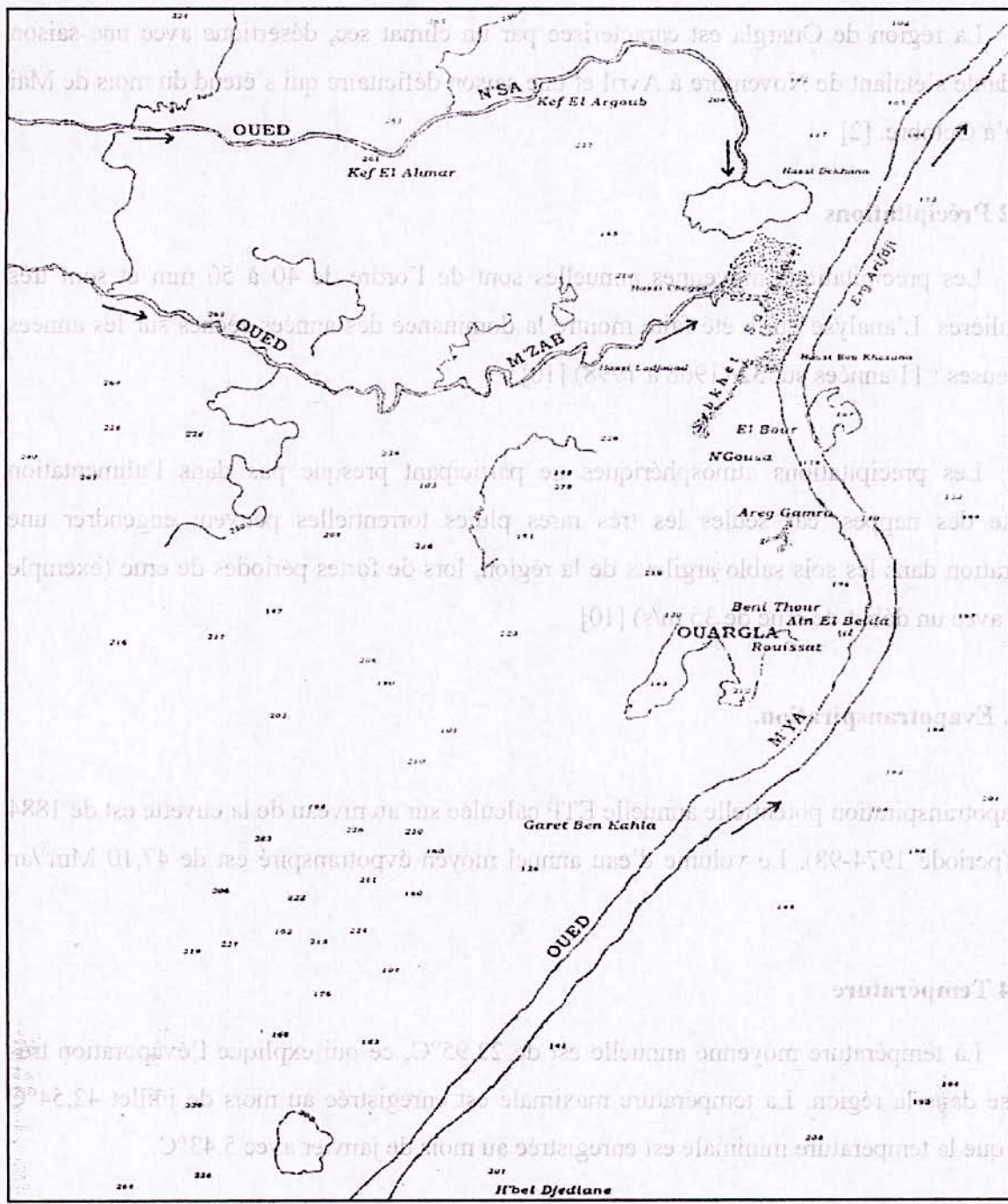
Le sous bassin du N'SA présente une superficie de 7800km² environ. Il prend ses origines au N-NW de Ouargla, traversant ainsi, la sebkha du M'ZAB, et se divise au Nord de la ville de Ouargla à Sebkheth Safioune.

Les écoulements sont d'importance variable et ce n'est que tout à fait exceptionnellement qu'ils atteignent la Sabkhet Safioune. La dernière crue s'est produite en septembre 1994 avec un débit de 35m³/s. [10]

c) Oued M'ZAB :

La superficie du sous bassin du M'ZAB est de 5000 km². L'oued coule d'Ouest en Est Sud 320 km, depuis la région de Borma Rouila à 750 m d'altitude, jusqu'à Sabkhet Safioune où la cote est à 107m (Nord Ouargla).

Les crues sont assez rares, on en compte depuis 1900 celle de 1901et 1951 ainsi que celle de 1994 où le débit de crue a atteint 13.5 m³/s. [10]



Échelle de carte 1/500000
Fig.I-4 Hydrographie de la région de Ouargla [10]

I. 3 Hydroclimatologie

I. 3. 1 Introduction

La région de Ouargla est caractérisée par un climat sec, désertique avec une saison excédante s'étalant de Novembre à Avril et une saison déficitaire qui s'étend du mois de Mai jusqu'à Octobre. [2]

I. 3. 2 Précipitations

Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 40 à 50 mm et sont très irrégulières. L'analyse qui a été faite montre la dominance des années sèches sur les années pluvieuses : 11 années sur 32 (1968 à 1998) [10].

Les précipitations atmosphériques ne participant presque pas dans l'alimentation directe des nappes, car seules les très rares pluies torrentielles peuvent engendrer une infiltration dans les sols sablo argileux de la région, lors de fortes périodes de crue (exemple 1994 avec un début de crue de 35 m/s) [10]

1.3.3. Evapotranspiration.

L'évapotranspiration potentielle annuelle ETP calculée sur au niveau de la cuvette est de 1884 mm (période 1974-98). Le volume d'eau annuel moyen évapotranspiré est de 47,10 Mm³/an [11]

I. 3. 4 Température

La température moyenne annuelle est de 22.95°C, ce qui explique l'évaporation très intense dans la région. La température maximale est enregistrée au mois de juillet 42.54°C alors que la température minimale est enregistrée au mois de janvier avec 5.43°C.

I. 4 Cadre géologique local

I. 4. 1 Introduction

Au niveau de la région de Ouargla [6] ;[11], seuls les terrains du Mio-Pliocène affleurent, ils sont recouverts par une faible épaisseur de dépôts quaternaires (Ergs et Dunes,). A partir des données de forages pétroliers et celles des forages hydrauliques, il a été établi des coupes géologiques et un log synthétique des formations lithologiques. La description des différentes formations a pu être effectuée.

1. 4. 2 Lithostratigraphie

1. 4. 2. 1. Aptien : Il est constitué par la "barre aptienne " dans la région d'Ouargla, qui est formée de marnes dolomitiques, gris vertes, brunes ou blanches, et dolomies cristallines. L'épaisseur est variable, elle est comprise entre 20 et 26 m. L'aptien est considéré comme imperméable dans son ensemble ;

1. 4. 2. 2. Albien : Dans la région de Ouargla, l'albien correspond à la série lithologique supérieure du Continental Intercalaire. Ce sont des grès, argiles et sables. L'épaisseur de ces formations est variable (417- 432 m).Les éléments détritiques (non argileux) sont largement prépondérants (70 à 90%) et sont représentés par des grès fins avec des passées de grès moyens et parfois d'intercalations de sables grossiers à limons argileux ou souvent carbonatés.

1. 4. 2. 3. Vraconien : L'intercalation Albo-vraconienne caractérise un épisode dolomitique remarquable entre les grès albiens et les argiles cénomaniennes. Il est formé de:

- Dolomies et quelques fois de calcaires dolomitiques parfois argileux contenant de rares débris de mollusques. Les épaisseurs y sont inférieures à 100 m mais supérieures à 50 m sur Haoud-Berkaoui, sauf quelques exceptions locales ;
- Argiles et marnes dolomitiques et des éléments détritiques.

1. 4. 2. 4. Cénomaniens : Il est formé de deux séries (inférieure et supérieure) :

- la série inférieure est constituée par des argiles dolomitiques et des marnes grises, avec parfois des argiles brune-rougeâtre ou gris-verdâtre. Son épaisseur varie entre 65 et 80 m. On note aussi quelques passées de calcaires dolomitiques en particulier à la partie médiane de la série ;
- la série supérieure est formée d'une alternance d'argiles et de marnes dolomitiques grises, parfois d'argiles salifères, de bancs d'anhydrite, de quelques intercalations dolomitiques et de passée de sel gemme. Son épaisseur est de l'ordre de 70 m.

1. 4. 2. 5. Turonien : Il se présente sous forme d'une dalle ayant une épaisseur régulière "barre turonienne", il est de l'ordre de 73 m. Il s'agit d'une série essentiellement calcaire : calcaire poreux blanc, parfois grisâtre, pulvérulent, quelque fois dolomitique, de calcaire beige dolomitique et de calcaire fin légèrement dolomitique.

1. 4. 2. 6. Sénonien lagunaire : Le Sénonien lagunaire y est particulièrement épais, son épaisseur est supérieure à 400 m. Il est formé par :

- Sénonien salifère : ayant une épaisseur moyenne de 200 m ;
- Sénonien anhydritique : son épaisseur moyenne atteint 300 m ;
- Sénonien carbonaté : Son épaisseur moyenne est de 150 m.

1. 4. 2. 7. Sénonien et Eocène : Le Sénono-Eocène est formé essentiellement de carbonates ayant une épaisseur comprise entre 150 - 200 m. Il s'agit des calcaires dolomitiques cristallins ou micro cristallins parfois vacuolaires ou crayeux ou plus carrément argileux.

1. 4. 2. 8. Mio-Pliocène : Le Mio-Pliocène correspond au Complexe Terminal tel qu'il a été défini par C.Kilian (1954). C'est un puissant ensemble de sables et d'argiles qui s'étend sur tout le Sahara et qui repose en discordance sur le Sénonien et l'Eocène. On distingue quatre niveaux différents dans le Mio-Pliocène à Ouargla: [1]

- A la base, un dépôt argileux peu épais recouvrant dans la partie centrale de la cuvette et suivant une bande Nord-Sud, le Sénonien et l'Eocène ;

- Deuxième niveau : C'est un dépôt grés-sableux qui devient argileux vers le sommet, c'est le niveau le plus épais et le plus constant. Le deuxième niveau est le principal horizon aquifère du Mio-Pliocène ;
- Troisième niveau : C'est une formation argilo-sableuse dont les limites inférieure et supérieure sont assez mal définies. Cette couche apparaît que dans certains endroits ;
- Quatrième niveau : C'est le deuxième niveau sableux du Mio-Pliocène. On ne peut le distinguer que lorsqu'il repose sur le niveau 3 ; d'ailleurs les niveaux 2 et 4 sont confondus. Il est très épais dans la zone des chotts, le sommet du niveau 4 affleurant sur de grandes surfaces. Le niveau 4 est souvent constitué par une croûte de calcaire gréseux (croûte hamadienne).

I. 4. 2.9. Quaternaire : À la base du quaternaire, il existe un niveau argilo-gréseux qui se présente comme une croûte ancienne. Ce niveau met en charge les aquifères du Mio-Pliocène à Ouargla. Le niveau le plus superficiel est constitué de sable éolien parfois gypseux et des produits de remaniement des terrains Mio-Pliocène. Les nappes superficielles sont généralement contenues dans ce dernier niveau. Les sondages superficiels (profondeur moins de 30 m) effectués dans différentes localités de la cuvette, ont permis de rencontrer les ensembles suivants (Fig-I.5) :

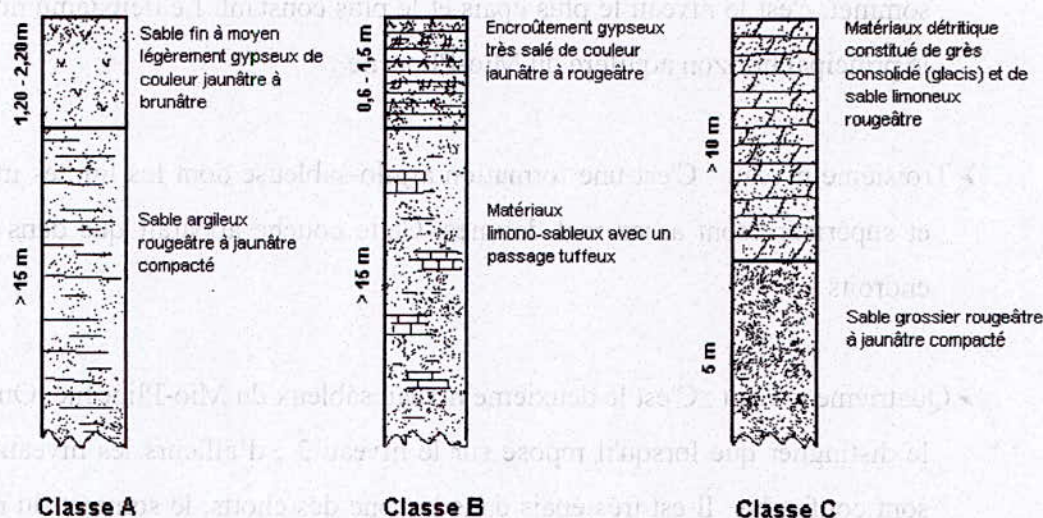


Fig-I.5 : LOGS GEOLOGIQUES DES FORMATIONS SUPERFICIELLES

- Sur le plateau, le sol est constitué d'un matériau meuble exclusivement détritiques, hérité de l'altération du grès à sable rouge du Mio-Pliocène. C'est le sol le plus pauvre en gypse de la région jusqu'à 8 m de profondeur. Il ne présente aucun niveau d'encroûtement entre 25 et 75 cm de profondeur. Il s'agit d'un sol sableux à graviers ;
- Sur les chotts et les terrains intermédiaires, l'horizon de surface est une croûte gypseuse épaisse ou polygonale, blanchâtre partiellement couverte de voiles de sable éolien gypso-siliceux et de sebkhas associés à une végétation gypsohalophiles. De 15 à 20 cm d'épaisseur, on trouve un encroûtement gypseux pulvérulent, homogène de couleur jaune rougeâtre très claire. En dessous, on trouve un encroûtement gypseux induré de 40 cm d'épaisseur en dessous un tuf présente une teneur en gypse décroissante ;
- Les sebkhas sont caractérisées par une salure extrêmement élevée, ces croûtes salines reposent sur des matériaux limono-sableux ;
- Les dunes sont formées de sable éolien d'origine gréseuse provenant de Hamada Mio-Pliocène.

Il existe dans les talwegs, sur les bordures des sebkhas et sur les versants rocheux.

I. 4. 3 Tectonique

La cuvette de Ouargla fait partie de la dépression d'Oued M'YA. Cette dernière, occupe la plus grande partie du bas-Sahara. L'épaisseur totale de la couverture sédimentaire atteint 400 m dans la partie Sud et la partie Ouest de la dépression, et elle augmente dans la partie Nord jusqu'à 6000 m. Dans son ensemble la dépression d'Oued M'YA est une structure dissymétrique assez plate. Les données sismologiques recueillies à l'occasion des recherches pétrolières, montrent que la dépression est structurellement affectée par les failles hercyniennes du Hoggar à partir du Cambrien jusqu'au Sénonien inférieur (Fig-I.6). Ces failles sont orientées Sud-Est / Nord-Ouest et traversent la région de Ouargla par l'Est. Elles seraient à l'origine des apports profonds dans cette zone. [8]

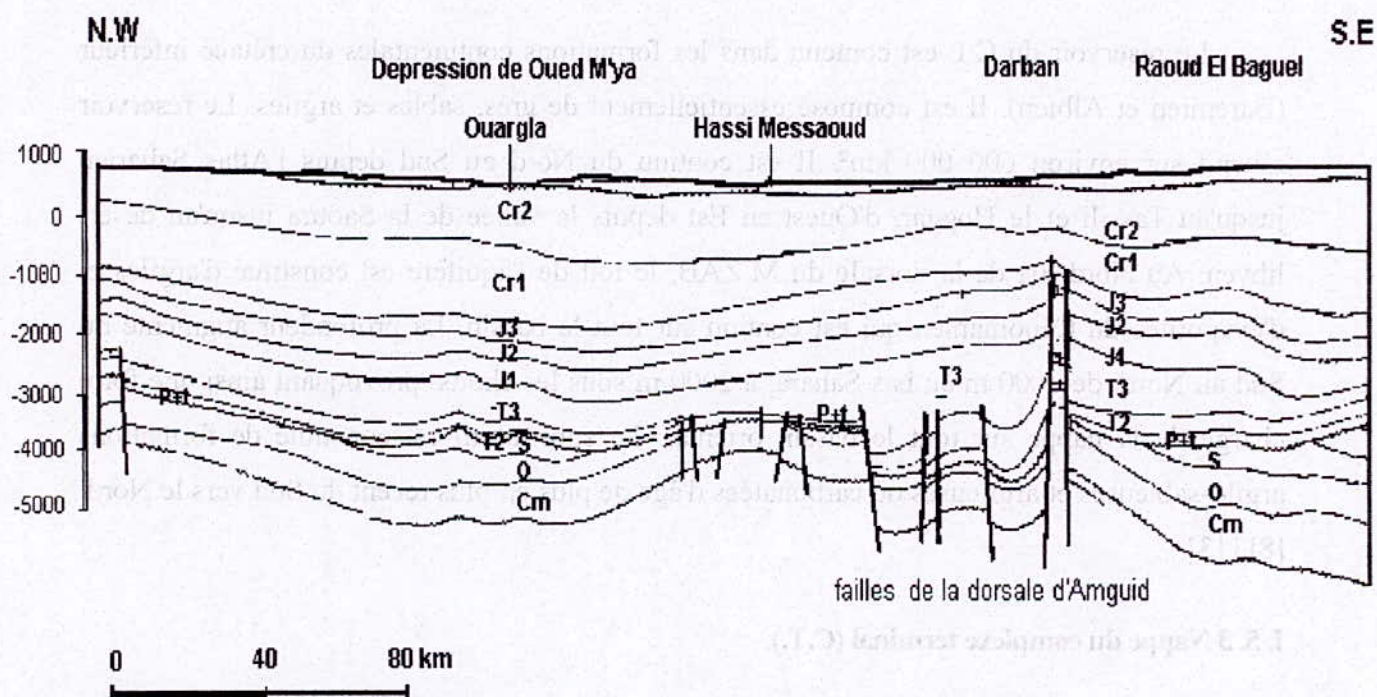


Fig- I.6 COUPE STRUCTURALE DU BAS SAHARA (N.W-S.E)[11]

I. 5 Cadre hydrogéologique

I. 5.1 Introduction

Le grand bassin sédimentaire du Sahara septentrional contient trois principaux aquifères:[14]

- A la base la nappe du continental intercalaire: l'un des plus grands réservoirs captifs du monde ;
- Au milieu la nappe du complexe terminal ;
- Au sommet les nappes superficielles.

I. 5.2 Nappe du continental intercalaire (C.I.)

Le réservoir du C.I. est contenu dans les formations continentales du crétacé inférieur (Baremien et Albien). Il est composé essentiellement de grès, sables et argiles. Le réservoir s'étend sur environ 600 000 km². Il est continu du Nord au Sud depuis l'Atlas Saharien jusqu'au Tassili et le Hoggar, d'Ouest en Est depuis la vallée de la Saoura jusqu'au désert libyen. Au Nord-Est de la dorsale du M'ZAB, le toit de l'aquifère est constitué d'argiles et d'évaporites du Cénomani qui est continu sur tout le bassin. La profondeur augmente du Sud au Nord, de 1000 m au bas Sahara, à 2000 m sous les chotts, provoquant ainsi une forte charge de la nappe sur tout le bassin oriental. Le substratum est constitué de formations argilo-sableuses et argileuses ou carbonatées d'âge de plus en plus récent du Sud vers le Nord. [8],[13]

I. 5.3 Nappe du complexe terminal (C.T.)

Le système aquifère du complexe terminal couvre la majeure partie du bassin oriental du Sahara septentrional sur environ 350 000 Km². Le terme "nappe du complexe terminal" regroupe sous une même dénomination plusieurs aquifères situés dans des formations géologiques différentes. Cette nappe peut circuler dans l'une ou encore dans les deux formations litho-stratigraphiques suivantes: [8],[13]

- Le Sénonien et l'Eocène carbonatés ;
- Le Mio-Pliocène sableux.

L'ANRH en novembre 1998 sur 104 forages captant le CT, ont permis d'identifier les caractéristiques suivantes:

I. 5. 4 Nappe superficielle [11]

La nappe superficielle est contenue dans les formations perméables sablo-gypseuse du Quaternaire. Les sondages carottés effectués par LTPS, en plus des logs des piézomètres effectués par l'ENAGEO, ont permis de relever la présence de trois classes de profil géologiques :

Classe A : C'est la classe la plus répandue, elle représente environ de 75 % des terrains. On distingue:

- Une première couche dont l'épaisseur varie de 1.20 à 2.20 m constituée de sable fin à moyen légèrement gypseux de couleur jaunâtre à brunâtre avec une consistance de moyenne compacité ;
- Une deuxième couche constituée de sable argileux rougeâtre à jaunâtre compactée, dont l'épaisseur varie entre 5 et 15 m.

Classe B : Elle caractérise les chotts et les sebkhas. On distingue:

- Un encroûtement gypseux très salé de couleur jaunâtre à rougeâtre dont l'épaisseur est varié de 0.6 m à 1.5 m ;
- Matériau limono-sableux avec un passage tuffeux.

Classe C : Elle caractérise les versants de la cuvette et le plateau Mio-Pliocène. On distingue:

- Matériau détritique constitué de grès consolidé (glacis), et de sable limoneux rougeâtre pauvre en gypse dont l'épaisseur est supérieure à 10 m ;
- Sable grossier rougeâtre à jaunâtre compacté.

CONCLUSION

Les formations lithostratigraphiques présentes dans la région de Ouargla, sont :

- Le secondaire, avec les formations allant de l'Aptien jusqu'au Sénonien;
- Le tertiaire, allant de l'Eocène inférieur jusqu'au Mio-Pliocène constituant les formations du complexe terminal;
- Et enfin le quaternaire qui est constitué d'un matériau détritique et de sables éoliens.

Et on distingue trois niveaux aquifères :

- La nappe du Continental Intercalaire;
- La nappe du complexe terminal avec ses deux couches : Sénonien et Mio-Pliocène;
- La nappe superficielle.

II. 1. Introduction :

Les ressources en eau à Ouargla sont basées essentiellement sur les eaux souterraines, car les ressources superficielles sont négligeables.

L'étude lithostratigraphique des logs de forages atteignant les différentes formations nous permet de mettre en évidence plusieurs horizons aquifères dont la succession du haut vers le bas est la suivante (FigII.1):

- La nappe superficielle : (Non exploitable) contenue dans les sables alluviaux (0 à 10 m). Elle tire son origine d'alimentation par les eaux d'irrigation et exceptionnellement par les pluies torrentielles.

- Les nappes du complexe terminal :
 - ◆ **La nappe du Mio-Pliocène** : Elle constitue un bon aquifère de 80 m d'épaisseur, c'est une sédimentaire où alternent des niveaux sableux, argileux et calcaire [15];
 - ◆ **La nappe du Sénonien carbonaté** : L'épaisseur moyenne est de 170 m, formée de calcaire marneux, il s'agit d'un bon aquifère en raison de la fissuration du calcaire ;
 - ◆ **La nappe du Turonien** : calcaro-crayeux, de 60 m d'épaisseur, il consiste en un réservoir important atteint et exploité par des forage.

Plusieurs forages captent les séries sédimentaires du Mio-Pliocène particulièrement exploité au centre du bassin d'oued M'YA (surtout dans la région de Ouargla).

- Les nappes du continental intercalaire :
 - ◆ **La nappe Sénonien** : cette deuxième nappe dont le niveau aquifère se localise entre 140 m et 200 mètres. Son exploitation a débuté en 1957 avec l'exécution de cinq forages destinés à alimenter en eau potable. Son débit d'exploitation est de 540 l/min ; [7], [10]
 - ◆ **La nappe albienne** : Les niveaux aquifères se situent à 1120 m avec un écoulement général du Sud vers le Nord. Son alimentation trouve son origine

dans l'infiltration au niveau de l'Atlas saharien et des eaux circulant sous la Hamada Sud Oranienne et Sud de l'Erg occidental ;

Les ressources en eau à Ouargla sont liées essentiellement aux eaux souterraines car les ressources superficielles sont négligeables. L'étude hydrogéologique des forages de forages met en évidence les différentes formations nous permet de mieux connaître les zones aquifères dont la succession du haut vers le bas est la suivante (Fig. 11) :

→ La nappe aquifère (N) (explorée) contenue dans les sables albiens (0 à 10 m) Elle tire son origine d'alimentation par les eaux d'infiltration et exceptionnellement par les pluies torrentielles.

→ Les nappes du complexe terminal

♦ La nappe du Mio-Pliocène : Elle constitue un bon aquifère de 80 m d'épaisseur c'est une sédiments ou alluvium des niveaux sahariens anciens et calcaire [12].

♦ La nappe du Sénouien carbonaté : L'épaisseur moyenne est de 170 m. L'épaisseur de calcaire moyen est de 100 m. Elle est un bon aquifère en raison de la porosité des calcaires.

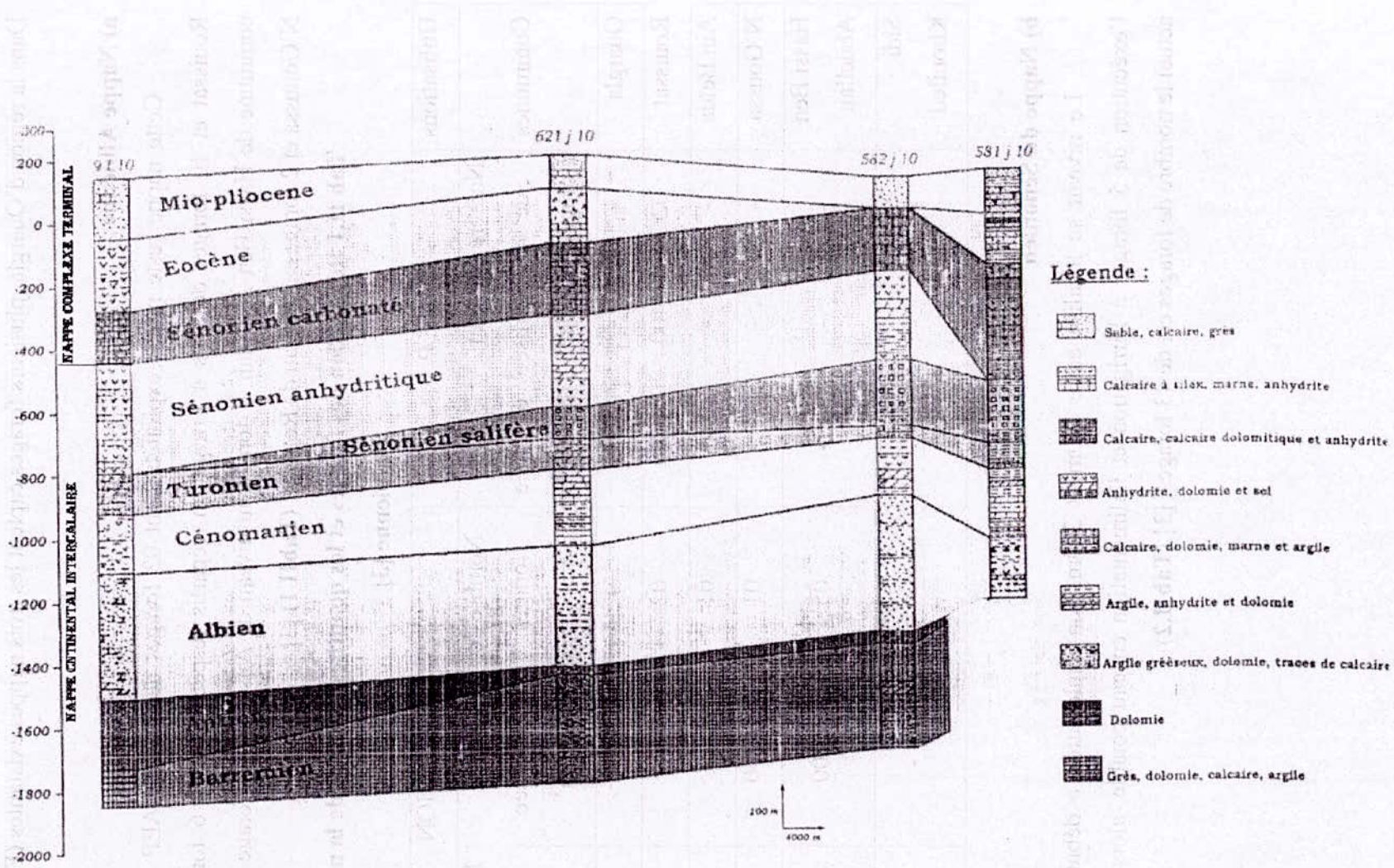
♦ La nappe du Turonien : calcaire-margelle de 60 m d'épaisseur. Il constitue un réservoir important et exploité par les forages.

Plusieurs forages captent les séries sédimentaires du Mio-Pliocène particulièrement exploités au centre du bassin d'oued M Y A (surtout dans la région de Ouargla).

→ Les nappes du continental intermédiaires

♦ La nappe sénouienne : cette dernière nappe dont le niveau aquifère se localise entre 140 m et 200 mètres. Son exploitation a débuté en 1957 avec l'érection de cinq forages destinés à alimenter en eau potable. Son débit d'exploitation est de 340 l/min. [7], [10].

♦ La nappe albienne : Les niveaux aquifères se situent à 1120 m avec un écoulement général du Sud vers le Nord. Son alimentation trouve son origine



FIGI.1 : COUPES HYDROGEOLOGIQUES [10]

Dans la région d'Ouargla, plusieurs forages captent les trois nappes existantes (**FigII.2**):

a) Nappe Albienne

Cette nappe reste moins exploitée, dont 02 forages destinés à l'AEP au niveau de Rouissat et 10 forages destinés à l'irrigation, répartis respectivement : 6 forages pour la commune de Hassi Ben Abdellah, 1 forage au niveau de Ain Beïda, 1 forage au niveau de N'Goussa et 2 forages au niveau de Rouissat (**TabII.1**) [3]

Tab II.1 Répartition des forages et les quantités extraites de la nappe de l'albienne [3]

Utilisations	A E P			IRRIGATION		
	Nombre de forages	Eau mobilisée 10^3 m^3	Eau exploitée 10^3 m^3	Nombre de forages	Eau mobilisée 10^3 m^3	Eau exploitée 10^3 m^3
Ouargla	-	-	-	-	-	-
Rouissat	02	400	200	02	-	200
Ain Beïda	-	-	-	01	-	-
N'Goussa	-	-	-	01	200	120
Hassi Ben Abdellah	-	-	-	05	100	900
Sidi Khouiled	-	-	-	-	-	-

b) Nappe du Sénonien

Le niveau se localise entre 140m et 200m, son exploitation a débuté 1957 avec l'exécution de 5 forages à l'irrigation et l'alimentation en eau potable, alors qu'à l'heure actuel le nombre de forages est de 43 forages. [3] (**TabII.2**)

Tab II.2 Répartition des forages et les quantités extraites de la nappe du Sénonien [3]

Utilisation	AEP			IRRIGATION			DIVERS		
	Nombre de forages	Eau mobilisée 10 ³ m ³	Eau exploitée 10 ³ m ³	Nombre de forages	Eau mobilisée 10 ³ m ³	Eau exploitée 10 ³ m ³	Nombre de forages	Eau mobilisée 10 ³ m ³	Eau exploitée 10 ³ m ³
Ouargla	17	549	414	04	105	80	01	30	20
Rouissat	02	70	40	04	150	60	-	-	-
Ain Beïda	01	35	-	02	75	40	-	-	-
N'Goussa	02	60	40	05	110	75	-	-	-
Hassi Ben Abdellah	01	36	20	02	70	40	-	-	-
Sidi Khouiled	02	50	20	-	-	-	-	-	-

c) Nappe du Mio-Pliocène

Avec une profondeur de 10m à 50 m, elle constitue l'aquifère le plus exploité dans cette région avec 346 forages, ce qui explique une diminution du niveau statique dans la nappe.

(Tab II.3) [3]

Tab II.3 Répartition des forages et les quantités extraites de la nappe du Mio-Pliocène [3]

Utilisation	AEP			IRRIGATION			DIVERS		
	Nombre de forages	Eau mobilisée 10 ³ m ³	Eau exploitée 10 ³ m ³	Nombre de forages	Eau mobilisée 10 ³ m ³	Eau exploitée 10 ³ m ³	Nombre de forages	Eau mobilisée 10 ³ m ³	Eau exploitée 10 ³ m ³
Ouargla	09	183	115	68	1763	1211	08	173	124
Rouissat	-	-	-	35	838	362	02	60	40
Ain Beïda	-	-	-	79	2373	1466	03	90	50
N'Goussa	09	270	190	52	1552	552	-	-	-
Hassi Ben Abdellah	-	-	-	64	2042	1123	02	59	45
Sidi Khouiled	-	-	-	15	375	158	-	-	-

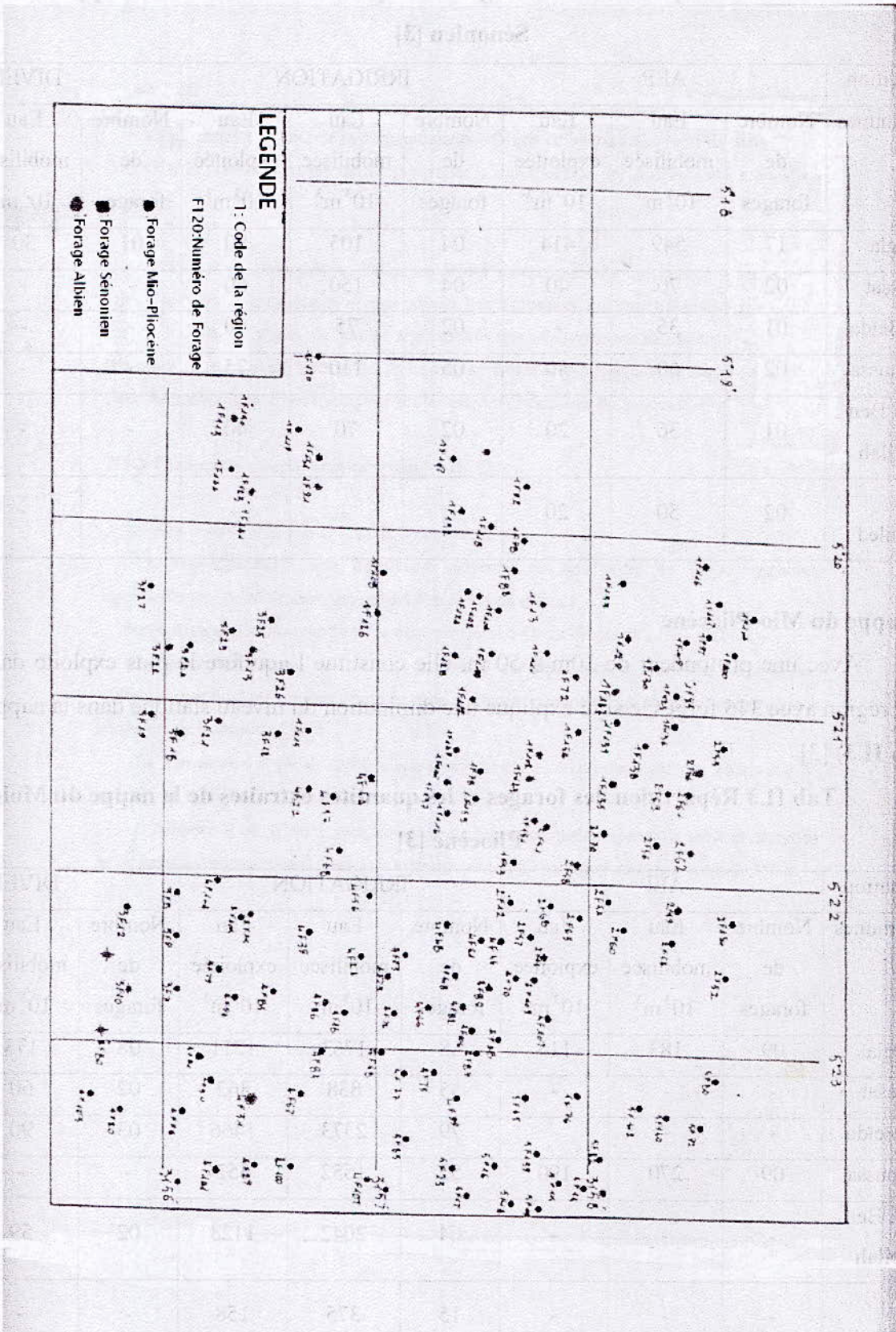
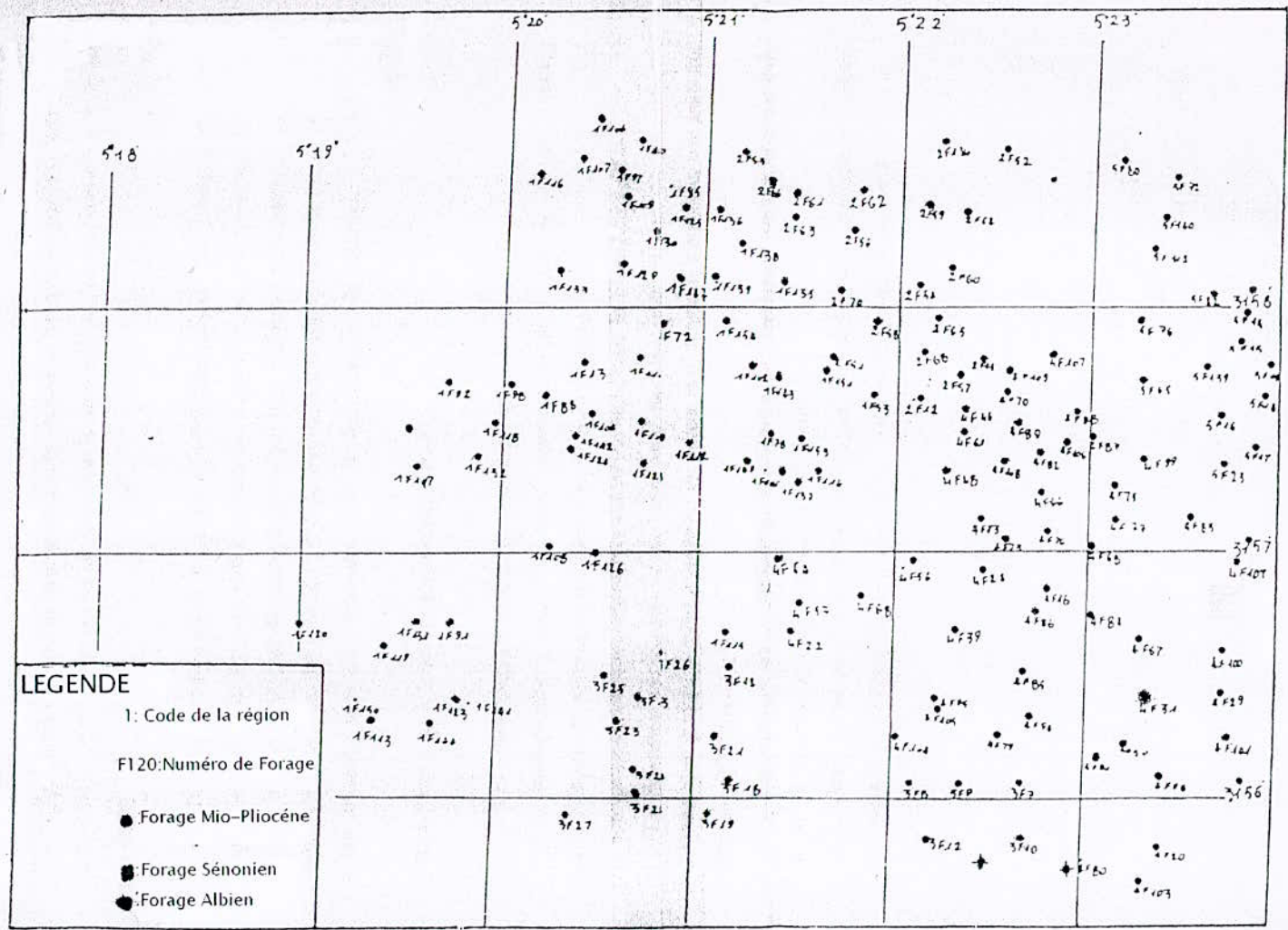


FIG II.2 CARTE D'INVENTAIRE DES FORAGES D'EAU DANS LA CUVETTE DE OUARGLA [3]



II. 2 Piézométrie

II. 2. 1 Introduction

La morphologie de la surface piézométrique d'une nappe permet d'étudier les caractéristiques de l'écoulement des eaux souterraines. Ainsi, elle permet de déterminer à l'échelle de la cuvette, les zones d'alimentations et de drainages, les fluctuations de la surface piézométrique dans le temps et permettent aussi de déterminer la variation des réserves en eaux.

II. 2. 2 La nappe Mio-Pliocène

La carte (Fig. II.3), a été établie à partir de 12 forages de la compagnie 2001. Dans cette carte, on constate une zone d'alimentation où les écoulement divergent à partir du forage D9F13, ceci pourrait être due à : **(Fig.II.3)** [1] ; [10] ; [15]

- Une remontée d'eau ;
- Présence d'une faille qui alimenterait la nappe d'une manière directe.

On constate aussi un cône de dépression où les eaux convergent vers les forages D9F5 et D8F36, ceci pourrait être due à :

- La présence de Chott dans cette zone ;
- Un pompage intense

Dans l'ensemble, l'axe général d'écoulement des eaux souterraines de la nappe du Mio-Pliocène est SSE-NNW en direction de la Sebkhia Safioune.

Le gradient hydraulique présente une variation importante, il atteint des valeurs de 0.2 à 0.5 au niveau de la cuvette de Ouargla où les pompages sont excessifs. On note une baisse jusqu'à 0.07 à l'ouest de Ouargla, alors qu'à l'Est vers le Chott, le gradient hydraulique est de 0.16. [5]

Alimentation de la nappe

L'alimentation s'effectue au niveau de la limite d'extension des sables sur les pentes du M'ZAB, par infiltration directe des pluies.

Le réseau très dense des oueds du versant oriental du M'ZAB, joue un rôle important dans l'alimentation de la nappe Mio-Pliocène lors des crues exceptionnelles (les crues de oued N'Sa et oued M'ZAB qui atteignent souvent Sabkhet Safioune) [5].

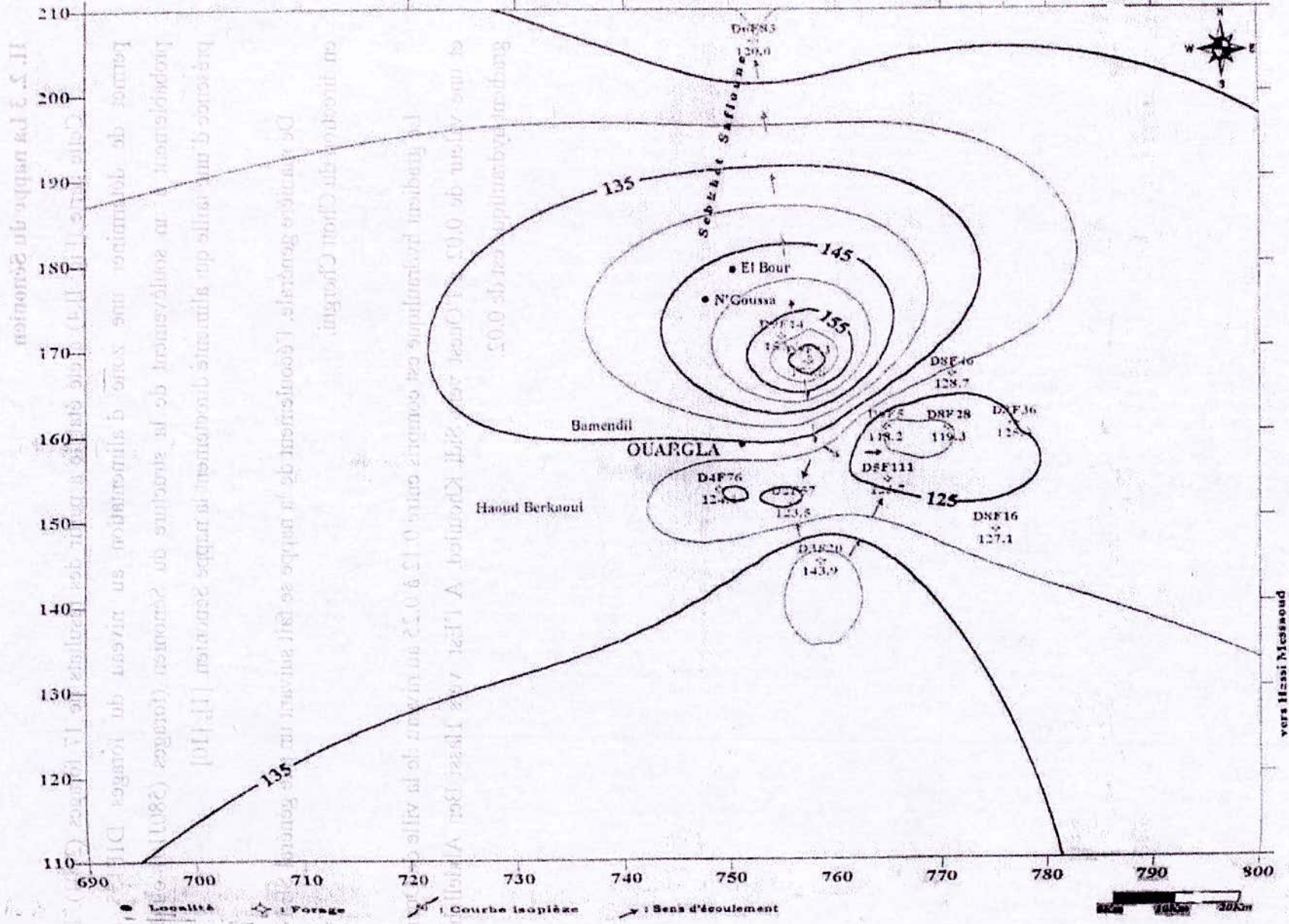


FIG II.3 CARTE PIEZOMETRIQUE DE LA NAPPE MIO-PLIOCENE [3]

II. 2. 3 La nappe du Sénonien

Cette carte (Fig. II.4) a été établie à partir des résultats de 17 forages (2001). Elle permet de déterminer une zone d'alimentation au niveau du forage D1F155 due probablement à un soulèvement de la structure du Sénonien (forage (580J10) ou à la présence d'une faille qui alimente directement la nappe Sénonien. [1], [10]

De manière générale, l'écoulement de la nappe se fait suivant un axe général SE-NW, en direction du Chott Chergui.

Le gradient hydraulique est compris entre 0.12 à 0.25 au niveau de la ville de Ouargla et une valeur de 0.02 à l'Ouest vers Sidi Khouiled. A l'Est, vers Hassi Ben Abdellah, le gradient hydraulique est de 0.02.

FIG II.3 CARTE PIÉZOMÉTRIQUE DE LA NAPPE MIO-ÉOÈNE [3]

II.5 : La nappe de l'Alpide

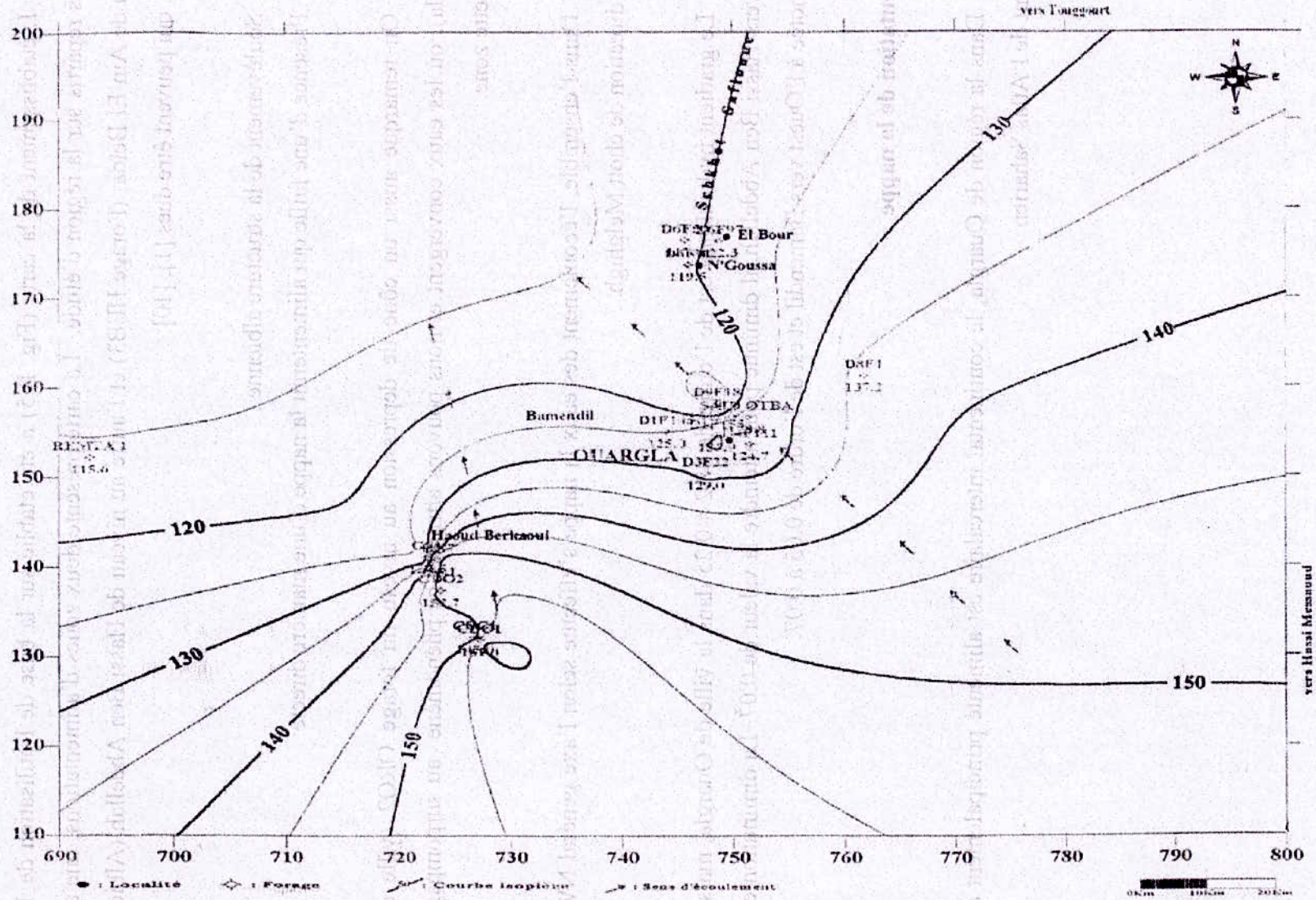


FIG II.4 : CARTE PIEZOMETRIQUE DE LA NAPPE DU SENONIEN [3]

II. 2. 4 La nappe de l'Albien

L'établissement de la carte (Fig. II.5) a été établie sur la base de l'utilisation de 14 forages répartis sur la région d'étude. La carte présente deux zones d'alimentations, une au niveau de Ain El Beïda, (Forage HEB3) et l'autre au niveau de Hassi Ben Abdellah (Albien HBA), qui peuvent être dues [1], [10]:

- Soulèvement de la structure albiennne ;
- Présence d'une faille qui alimenterait la nappe d'une manière directe.

On remarque aussi un cône de dépression au niveau du forage ORG2 (ville de Ouargla), où les eaux convergent et nous pouvons attribuer ce phénomène au surpompage dans cette zone.

Dans l'ensemble, l'écoulement des eaux la nappe s'effectue selon l'axe général NW-SE en direction de chott Melghigh.

Le gradient hydraulique est de l'ordre de 0.12 à 0.25 dans la ville de Ouargla, mais à l'Est vers Hassi Ben Abdellah, il diminue pour atteindre la valeur de 0.07. La diminution est aussi notée à l'Ouest vers Bamendil et est de l'ordre de 0.05 à 0.07.

Alimentation de la nappe

Dans la région de Ouargla, le continental intercalaire est alimenté principalement au piémont de l'Atlas Saharien.

FIG. II.4 : CARTE PIEZOMETRIQUE DE LA NAPPE DE L'ALBIEN [3]

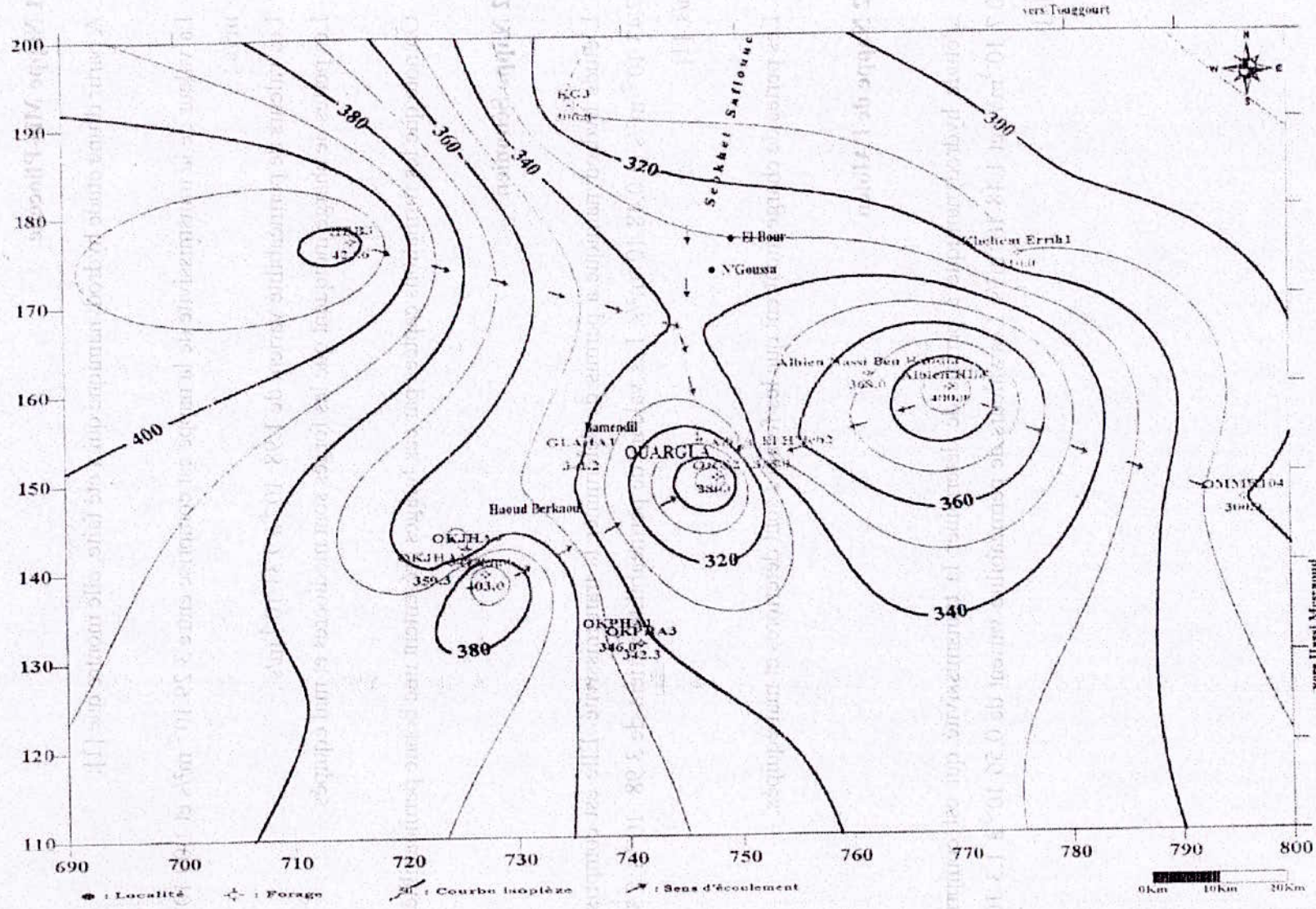


FIG II.5 CARTE PIEZOMETRIQUE DE LA NAPPE ALBIEN [3]

II. 3 Paramètres hydrodynamiques

II. 3. 1 Nappe Mio-Pliocène

A partir d'une étude hydrodynamique qui a été faite, elle montre que [1]:

- La valeur de la transmissivité de la nappe est comprise entre $3.29 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ et $1.09 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$;
- Les valeurs de perméabilité varient de $1.98 \cdot 10^{-4}$ à $9.31 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$;
- Les pertes de charge indiquent que les forages sont médiocres et mal équipés.

On note que les formations captées par ces forages présentent une bonne perméabilité.

II. 3. 2 Nappe Sénonien

L'étude hydrodynamique a permis de déterminer la transmissivité. Elle est comprise entre $7.43 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ et $0.48 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. Les valeurs de perméabilité varient de $3.98 \cdot 10^{-4}$ à $5.31 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$. [1]

Les pertes de charge montrent que les forages sont détériorés et mal équipés.

II. 3. 2 Nappe de l'Albien

L'étude hydrodynamique a permis de déterminer la transmissivité qui est compris entre $0.7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ et $1.48 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Les valeurs de perméabilité varient de $0.56 \cdot 10^{-5}$ à $1.3 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$. [1]

FIG. II.3. CARTE PIÉZOMÉTRIQUE DE LA NAPPE ALBIEN [2]

II. 4 Hydrochimie

II. 4. 1 Introduction

L'étude hydrochimique des trois nappes permet de montrer la répartition quantitative des divers éléments dissous, l'appréciation de la qualité des eaux pour l'irrigation et sa potabilité à l'AEP. Elle délimite les zones d'échange entre les différents aquifères et de l'approche de l'origine des eaux.

Cette étude [10] a porté sur l'analyse d'échantillons (1998-2001) dont le dosage des éléments chimiques a été effectué à A.N.R.H de Ouargla. [1]

II. 4. 2 Nappe Mio-Pliocène

L'étude hydrochimique de la nappe Mio-Pliocène a permis de distinguer la prédominance des chlorures et des sulfates, qui sont représentés par le faciès chloruré magnésien et le faciès sulfaté sodique.

Les valeurs du résidu sec oscillent entre 1800 mg/l et 6590 mg/l. Ces fortes teneurs sont dues probablement à l'hétérogénéité des formations Mio-Pliocène, ainsi qu'à la présence de points de contact entre la nappe superficielle (très salée) et la nappe Mio-Pliocène qui peuvent correspondre aux zones à forte salinité (chott, Sebkhass)

La conductivité varie entre 1.8 mS/cm et 7.1 mS/cm et son évolution suit le sens d'écoulement des eaux souterraines de la nappe Mio-Pliocène

La valeur du pH varie entre 5.6 et 8.3 mais pour la plupart, elle est de 6 reflétant ainsi le caractère acide des eaux.

Les éléments chimiques étudiés présentent des concentrations qui dépassent les normes admissibles (normes O.M.S), ce qui procure à l'eau une dureté très élevée (DH > 80°F).

II. 4. 3 Nappe Sénonien

L'étude hydrochimique de la nappe Sénonien a permis de définir deux familles d'eaux :

- Famille des eaux chlorurées ;
- Famille des eaux sulfatées.

Ces deux familles sont représentées par deux faciès dominants :

- Le faciès chloruré sodique ;
- Le faciès sulfaté magnésien.

La conductivité varie entre 2.5 mS/cm et 5.13 mS/cm et celle du résidu sec oscille entre 1900 mg/l et 4388 mg/l.

La minéralisation élevée peut être due au ralentissement de la circulation des eaux souterraines du Sénonien carbonaté, ainsi qu'au lessivage des formations de toit du Sénonien anhydritique.

La valeur de pH varie entre 7.5 et 8.3 traduisant le caractère basique de cette eau.

En général, l'évolution des teneurs des éléments chimiques se fait du Sud vers le Nord. Les eaux présentent une variation de la dureté entre 94.5°F et 153.05°F. Les teneurs en sulfates et chlorures conviennent à l'irrigation mais cela avec un minimum de traitement. On note aussi que les eaux sont également utilisées pour l'arrosage du palmier qui supporte les salinités élevées, à condition d'utiliser un drainage efficace.

II. 4. 5 Nappe Albien

L'étude hydrochimique de la nappe de l'albien a permis de définir deux familles d'eaux :

- Famille des eaux sulfatées ;
- Famille des eaux chlorurées.

Ces deux familles sont représentées par deux faciès dominants :

- Le faciès sulfaté magnésien ;
- Le faciès chloruré sodique.

Ces eaux caractérisées par une conductivité élevée qui varie entre 1.4 mS/cm et 4.14 mS/cm et celles du résidu sec qui oscillent entre 1596 mg/l et 3224 mg/l.

La valeur de pH varie entre 7.7 et 8.7 traduisant ainsi le caractère basique de cette eau. La dureté oscille entre 70.35°F et 158.4°F.

Cette forte minéralisation est due aux fortes teneurs en chlorures, liées probablement au problème d'effondrement de Haoud Berkaoui. Cette déduction montre que le contact avec la nappe de l'albien est présent.

Les eaux de la nappe albienne atteignent des températures proches de 60°C. On note que ces eaux sont utilisées pour les besoins domestiques, agricoles et industriels.

Conclusion

Du point de vue hydrodynamique et hydrochimique on note que :

➤ Nappe Mio-Pliocène

- ◆ Des gradients hydrauliques présentent une valeur de 0.07. Les grandes valeurs sont localisées au niveau de la ville où les prélèvements sont excessifs ;
- ◆ Des transmissivités variant entre $3.29 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ et $1.09 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, mettant en évidence l'hétérogénéité des formations Mio-Pliocène ;
- ◆ Une prédominance du faciès chloruré magnésien et du faciès sulfaté sodique ;
- ◆ Des salinités très élevées (6590 mg/l) ;
- ◆ Une potabilité passable à médiocre, d'où l'utilisation de cette eau dans l'irrigation.

➤ Nappe du Sénonien

- ◆ Des gradients hydrauliques présentent une valeur de 0.02. Les grandes valeurs sont localisées au niveau de la ville ;
- ◆ Des transmissivités variant entre $7.43 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ et $9.72 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$;
- ◆ Une prédominance du faciès chloruré sodique et du faciès sulfaté magnésien ;
- ◆ Des valeurs de salinités élevées (4388 mg/l) ;
- ◆ Une potabilité passable à médiocre.

➤ Nappe de l'Albien

- ◆ Des gradients hydrauliques présentent une valeur de 0.06. Les grandes valeurs sont localisées au niveau de la ville ;
- ◆ Des transmissivités variant entre $0.56 \cdot 10^{-5}$ à $1.3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$;
- ◆ Une prédominance du faciès sulfaté magnésien et du faciès chloruré sodique ;
- ◆ Des valeurs de salinités variant entre 1596 mg/l et 3224 mg/l, et des températures pouvant atteindre 60° C.
- ◆ Une potabilité passable et des températures d'eau de 55°C ;

Notons que les eaux de l'Albien sont utilisées de façon excessive pour les besoins domestique, agricole et industriel.

III. 1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présenterons le matériel et la méthodologie d'approche que l'on a utilisé pour établir le modèle numérique de terrain (MNT), ainsi que des cartes thématiques réalisées relatives à l'eau souterraine.

III. 2. Les données

Dans ce travail, nous nous sommes basés sur les données relatives à la zone d'étude elles sont :

- ✓ Carte topographique de Ouargla au 1/100000 établie par l'INCT, avec l'équidistance de 40 mètres ;
- ✓ Carte de réseau des points de levé topographique au 1/5000 établi par le cadastre ;
- ✓ Le plan de masse de la cuvette de Ouargla à l'échelle de 1/5000 établis par le cadastre ;
- ✓ Les données relatives à la profondeur de l'eau, la chimie de l'eau (conductivité électrique ...) accompagnées de leurs coordonnées géographiques.

III. 3. Matériel

Afin de réaliser ce travail, nous avons utilisé un certain nombre d'outils, parmi les quels :

III. 3. 1 Surfer (version 8.0 : élaboré par golden software 2001) :

Il s'agit d'un logiciel de cartographie qui possède des avantages en qualité de traitement statistique, en particulier l'approche géostatistique ce qui a permis de réaliser les cartes en isovaleurs.

III. 3. 2 MapInfo (Version 7.0 élaboré par MapInfo Corporation 2002)

Le logiciel MapInfo est un système d'information géographique puissant et convivial, qui permet de réaliser des analyses géographiques. Il est reconnu comme étant l'outil cartographique le plus puissant et le plus intuitif en environnement bureautique. Ses principales caractéristiques sont la cartographie 3D et les outils pour création de graphique, de rapports et de pages HTML. MapInfo peut être personnalisé et intégré à d'autres applications

Parmi les programmes qui l'on peut intégrer sur MapInfo, nous avons le programme Vertical Mapper qui peut réaliser le modèle numérique de terrain.

III. 3. 3 Vertical Mapper (Version 2.6 : élaboré par Northwood Technologies 2000)

Vertical Mapper est un logiciel complémentaire important de MapInfo. Les principaux apports de Vertical Mapper concernent :

- ✓ Mise à disposition des nouvelles techniques d'analyse des informations localisées qui varient de manière continue dans l'espace ;
- ✓ Capacité de comparaison et analyse sur multiples couches de données ;
- ✓ Des visualisations,...

Outre les types de données connues sous MapInfo que sont les **Points**, les **Polylignes** et les **Polygones**, Vertical Mapper introduit un nouveau type le **GRID FILE** mieux adapté pour représenter des données qui varient de manière continue dans l'espace comme l'ensoleillement, la pollution, la température ou l'altitude. [12]

III. 3. 3. 1 Qu'est ce qu'un grid ?

Il s'agit d'une information de type image raster composée d'une succession d'éléments carrés disposés de manière organisée en lignes et colonnes sur une zone donnée.

La puissance réelle des **grids** réside dans leur capacité à faire des requêtes spatiales sur des données variées en exploitant des caractéristiques aussi diverses que la proximité, la vision directe en point à point ou la pente.

Les **grids** portent de l'information spatiale par interpolation, là où elle n'est pas connue par une mesure. [12]

A l'aide de help de Vertical mapper, nous expliquerons les différentes fonctions de Vertical Mapper au même temps de leur représentation au cours des étapes de l'interprétation de nos résultats.

III.4 Méthode

La méthodologie adoptée afin de réaliser ce travail est la suivante :

III.4 .1 Scannérisation

Elle est appelée encore balayage électronique et permet la transformation des documents cartographiques en image numérique à l'aide d'un scanner.

Le format résultant de cette opération est appelé format Raster

Avant de passer à l'étape suivante qui est la digitalisation, nous procédons à l'entrée des données dans le MapInfo professionnel comme suit :

- Choix de la projection adéquate et type de carte utilisée. La projection choisie est celle LAMBERT Algérie Nord Sahara avec unité de calcul le mètre ;
- Calage des cartes qui se fait avec quatre points de calage, dans notre cas l'erreur de pixel est comprise entre (1 et 3) ce qui est conforme aux normes.

III. 4. 2. La digitalisation

C'est l'opération qui permet la récupération de la géométrie des objets d'une carte à l'aide de la souris. Chaque point, ligne et surface sont représentés par les coordonnées X et Y : une coordonnée seule représente un point, une série de coordonnées constituent une ligne et plusieurs lignes composent le contour de la surface, dans ce cas on parle du format « vecteur ».

III. 4. 3. L'alphanumerisation

Il s'agit de la saisie des données descriptives à l'aide du clavier dans la base des données sous forme de tableau, Les colonnes sont appelées champs, et les lignes sont des enregistrements.

Afin de réaliser le MNT de cette table qui a été créée sous Mapinfo, nous passerons à l'étape d'utilisation de VM qui sera comme suite

III. 4. 4. La transformation de polygones ou polyligne en points

Cette fonctionnalité nommée «**Poly to Point** » crée une table de points, à partir d'une table d'objets de type « **polyligne** » ou « **polygone** ». Les attributs attachés aux tables en entrée sont conservés au niveau des objets ponctuels dans la table à créer. (**Fig III.1**)

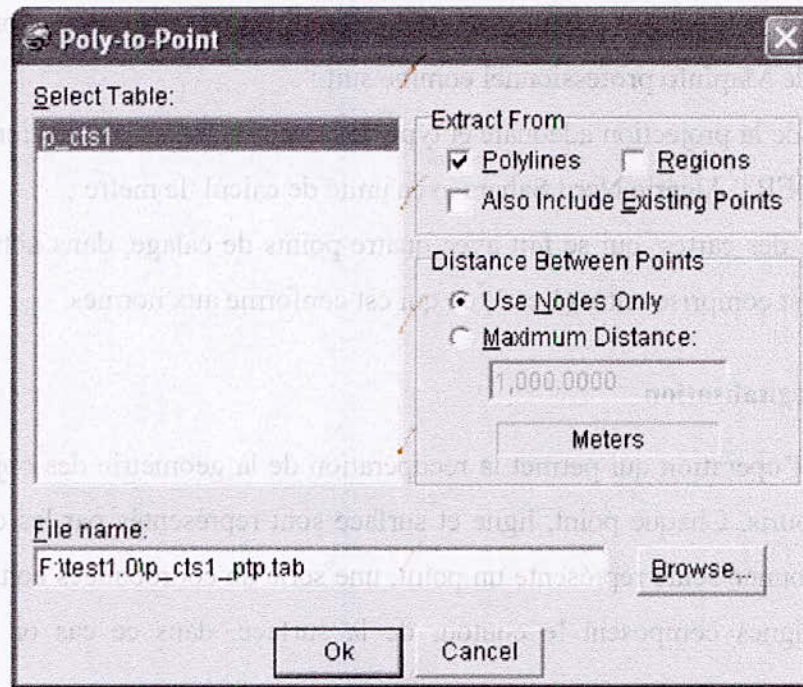


Fig III.1 FENETRE DE DIALOGUE DE POLY2POINT

III. 4. 5. Créer des grids en interpolant des données MapInfo

La possibilité de générer des **grids** à partir des lots de données des utilisateurs est une des fonctionnalités importante de Vertical Mapper. En général le processus de création de grille crée un maillage imaginaire rectangulaire. L'interpolation est alors faite à partir des cellules de ce maillage. Choisir une technique de création de grille parmi les différentes solutions possibles dépend de plusieurs facteurs, tels que les caractéristiques des données, leur distribution, l'utilisation postérieure attendu du résultat et de savoir si l'on veut obtenir un **grid** numérique ou un **grid** classifié. (Fig. III.2)

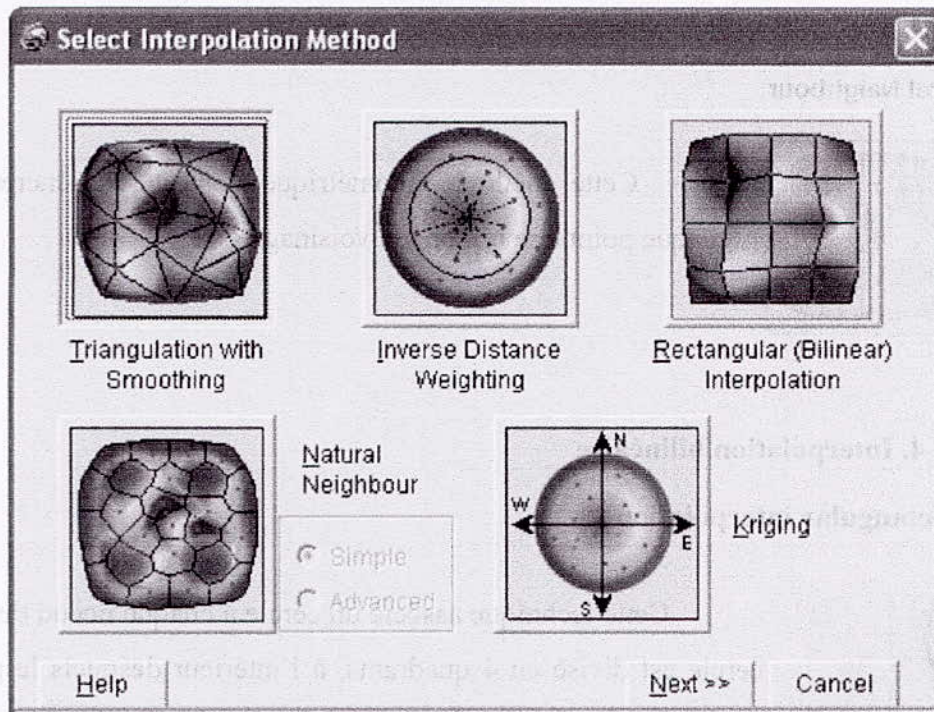
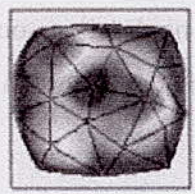


Fig. III.2 DIFFERENTES METHODES D'INTERPOLATION

III. 4. 5. 1 Interpolation par triangulation irrégulière (TIN)

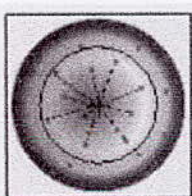
Triangulation with Smoothing



La triangulation de Delaunay est appliquée pour construire des **grids** avec des données qui ne nécessitent pas de moyennes locales. Les MNT sont de bons exemples. La triangulation irrégulière utilise un réseau de triangles aussi équilatéraux que possible qui vont connecter les points du lot de données. Cette triangulation est appelée triangulation de Delaunay

III. 4. 5. 2. Interpolation inversement proportionnelle à la distance

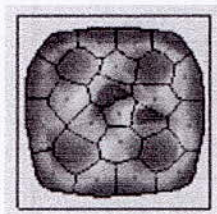
Inverse distance Weighting



Cette technique associe à chaque noeud de la grille une valeur qui est calculée par moyenne pondérée (ou non) des valeurs des points qui se trouvent à proximité du noeud. Cette pondération est linéairement inverse à la distance de chaque point et du noeud considéré.

III. 4. 5. 3. Par plus proche voisin

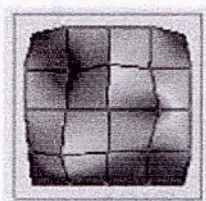
Natural Neighbour



Cette méthode géométrique consiste à générer autour de chaque point une région de voisinage.

III. 4. 5. 4. Interpolation bilinéaire

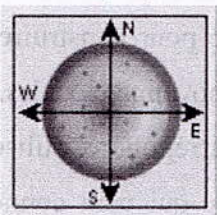
Rectangular interpolation



Cette technique associe un cercle à chaque noeud de la grille. Ce cercle est divisé en 4 quadrants, à l'intérieur desquels le point le plus proche est sélectionné. Ces points sélectionnés vont servir à affecter une valeur au noeud de la grille. Cette méthode est utilisée quand la distribution spatiale des points à interpoler est régulière et où la valeur de chacun d'entre eux n'est pas à prendre en compte.

III. 4. 5. 5. Krigeage

Kriging



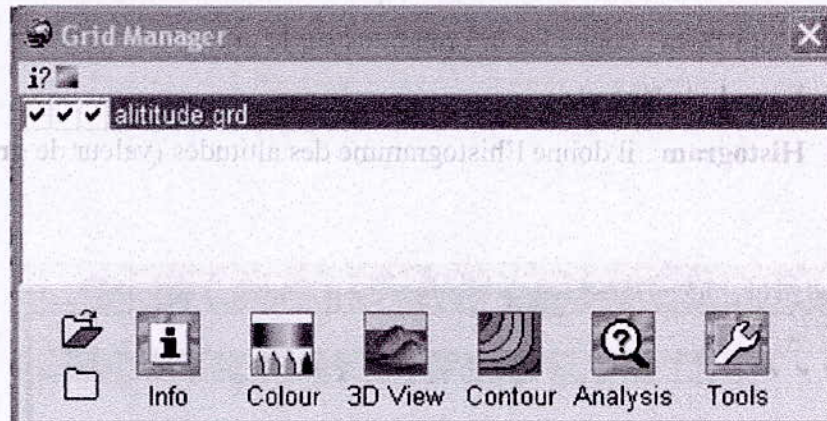
Cette technique d'interpolation prend en considération toutes les distances et le degré de variation entre les points donnés lorsqu'on estime les valeurs des points non connus.

On utilise la méthode d'interpolation de Krigeage grâce à leurs bons résultats qu'il offre.

Après le choix de la méthode d'interpolation nous obtenons le MNT, que l'on exploite par la fonction **GRID MANAGER**

III. 4. 6. GRID MANAGER

Il joue un peu le rôle du Gestionnaire de couche de MapInfo, mais il y a de nombreuses différences, notamment le **Grid Manager** liste tous les **grids** qui sont ouverts dans la session qu'ils soient ou non actifs dans la fenêtre. (fig.III.3)



FigIII.3 FENETRE DE DIALOGUE DE GRID MANAGER

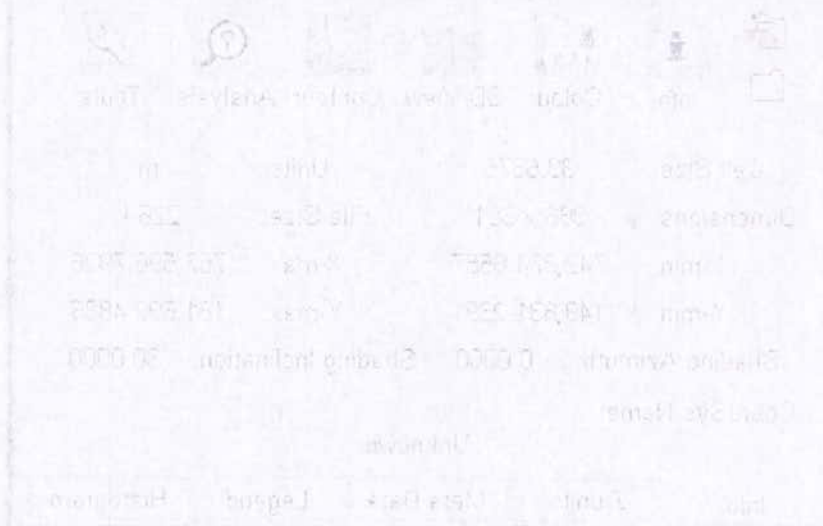


Fig III.4 INFO DE GRID MANAGER

III. 4. 6.1 Outils de GRID MANAGER

III. 4. 6. 1. 1. Outil info

Il contient les fonctions suivantes (**Fig. III.4**) :

- **Info** : cette fonction donne les caractéristiques géographiques ;
- **Z- units** : affiche les caractéristiques des altitudes (leur intervalle et unité) ;
- **Meta Data** : donne les informations sur le grid;
- **Legnd** : la légende ;
- **Histogram** : il donne l'histogramme des altitudes (valeur de **grid**)

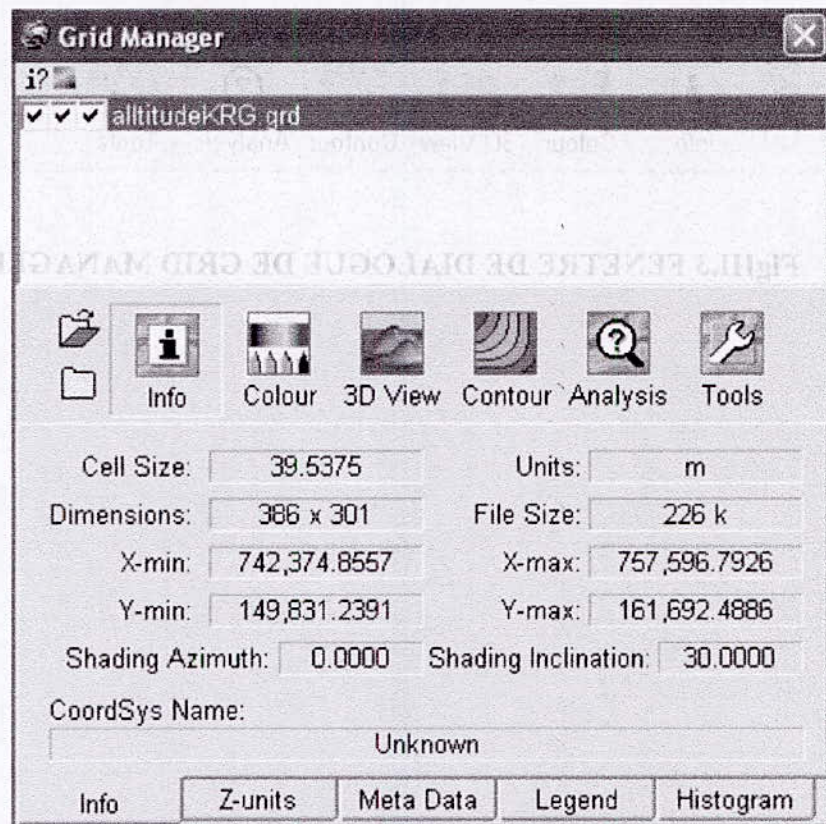


Fig III.4 INFO DE GRID MANAGER

III. 4. 6. 1. 2 Couleur

Une fenêtre flottante, représentant l'histogramme de la distribution de la valeur contenue dans le grid apparaît. Les valeurs des bornes des classes, les symbolisations de chaque classe

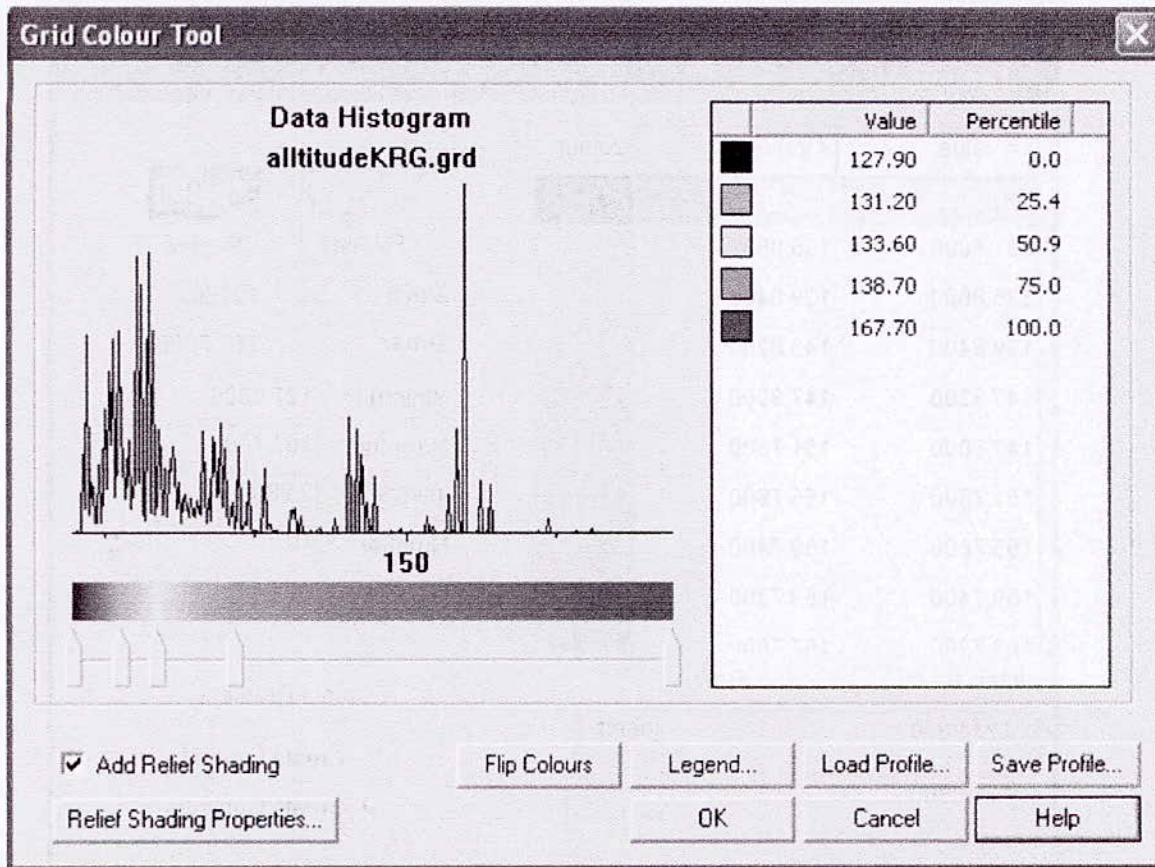


Fig III.5 COULEUR DE GRID MANAGER

III. 4. 6. 1. 3 3D View

Cette fonction permet de réaliser le **Drape** c'est-à-dire réaliser des couches sur le grid à partir des tableaux de MapInfo, et visualiser le grid en forme tridimensionnel.(Fig III.6)

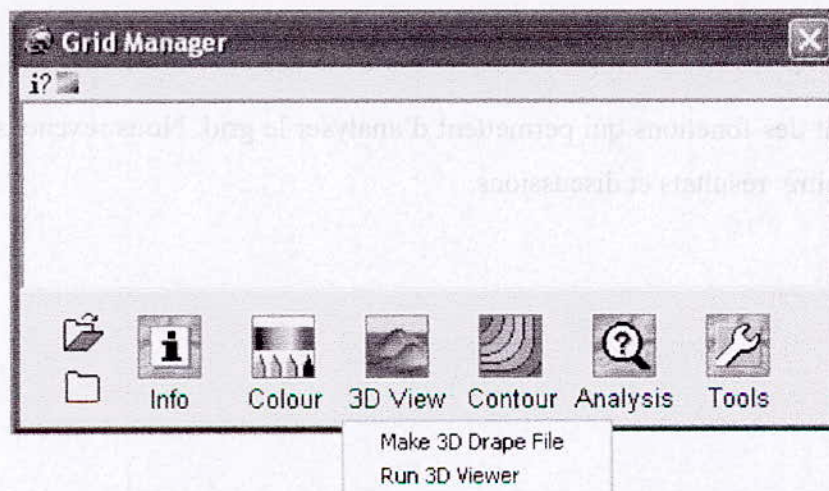


Fig. III.6 FENETRE DE DIALOGUE DE LA FONCTION 3D VIEW

III. 4. 6. 1. 4 Contour

Cette fonction permet d'extraire les courbes ou les régions isovaleurs de grid (Fig.III.7).

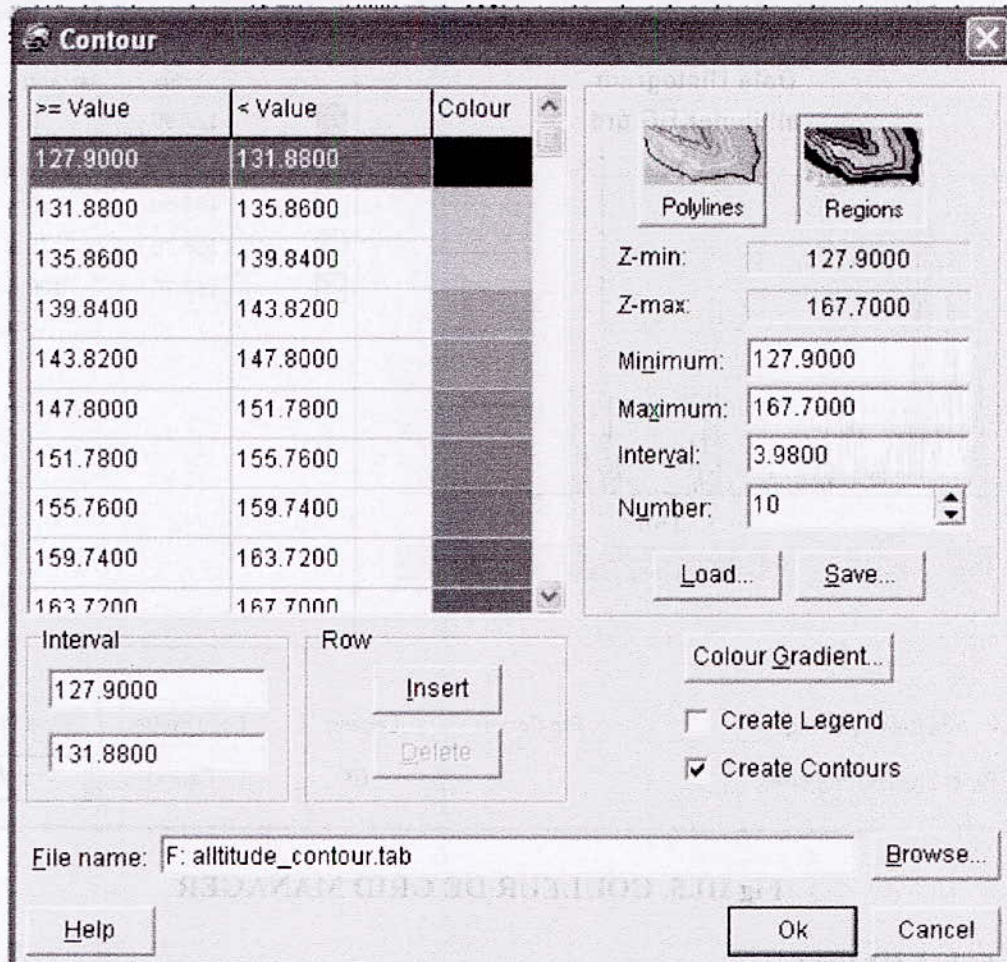


Fig III.7 CONTOUR DE GRID MANAGER

III. 4. 6. 1. 5 Analysis

Il contient des fonctions qui permettent d'analyser le grid. Nous revenons à ce propos au cours du chapitre résultats et discussions.

III. 4. 6. 1. 6 Tools

Cette fonction permet de faire les actions suivantes :

- **Export** : Elle permet d'exporter le grid à des fichiers de formats différents (txt, dxf, tab, bmp, tif ...)
- **Grid Legend** : Elle permet de créer la légende de grid ;
- **Rclass** : Cette fonction permet de créer un nouveau classement (ou des intervalles) de données utilisées ;
- **Reproject** : Fonction de changement le système de projection de **grid**
- **Resizer** : Cette fonction permet de changer les dimensions de la cellule de **grid** ;
- **Splicer** : Cette fonction permet de combiner un grid ou plusieurs grid en un seul grid ;
- **Trimmer** : Elle permet de délimiter la zone pour laquelle on veut faire le **grid** (Fig. III.8).

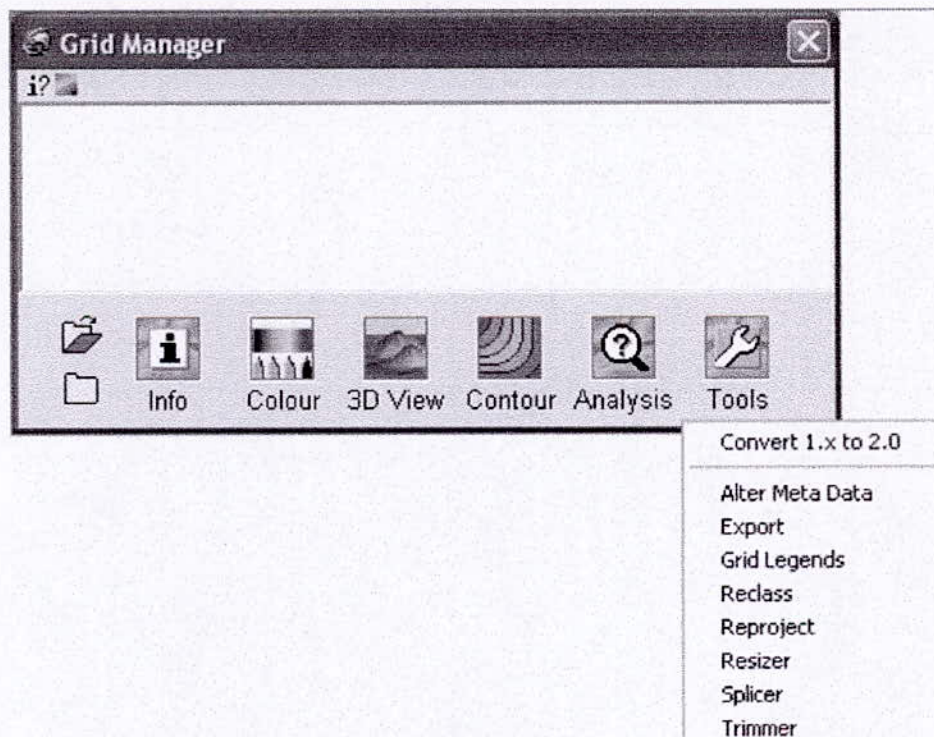


Fig. III.8 FENETRE DE DIALOGUE DE LA FONCTION TOOLS

IV. 1. Introduction

Au cours de ce chapitre, nous établirons un modèle numérique de terrain qui nous décrira les conditions géomorphologiques de la cuvette de Ouargla. Il sera établi des cartes d'égales profondeurs des niveaux d'eau ainsi que des cartes d'isovaleurs de conductivité électrique des eaux souterraines. Ces cartes seront superposées « drapées » sur le MNT ce qui nous permettra de localiser géophysiquement les zones sujettes aux problèmes de remontée des eaux et de salinité

IV. 2. Apport du MNT

IV. 2. 1 Etablissement du MNT

Nous avons réalisé un MNT à partir de la carte topographique d'échelle 1/100000 qui nous a donné une vision générale de la cuvette de Ouargla, mais ce grid n'a pas permis de localiser le relief avec une grande précision car l'équidistance de cette carte est de 40 m. Cela, nous a contraint à rechercher des données plus précises (**Fig.IV.1 et Fig.IV.2**).

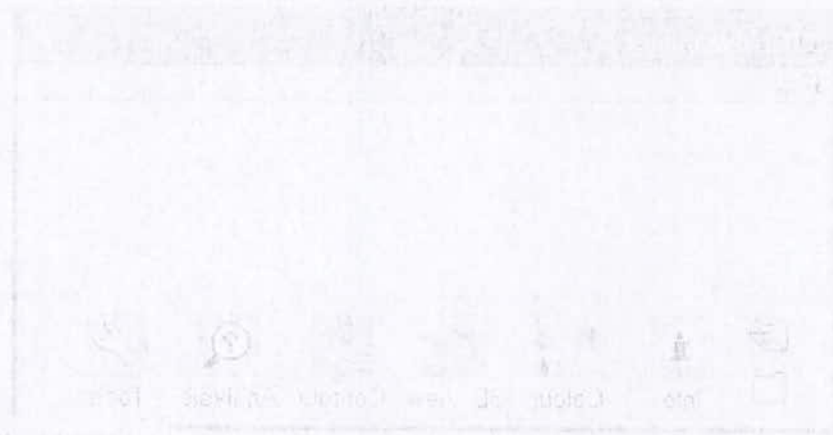
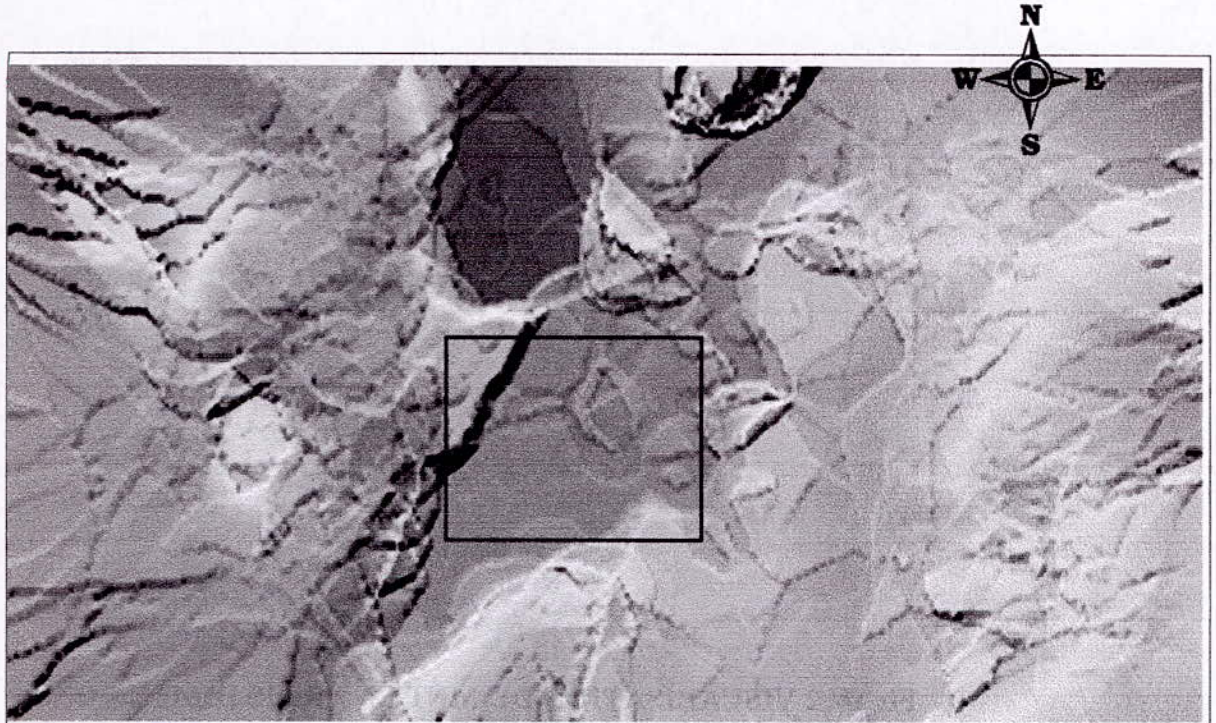


FIG. IV.3 FENÊTRE DE DIALOGUE DE LA FONCTION TOOLS

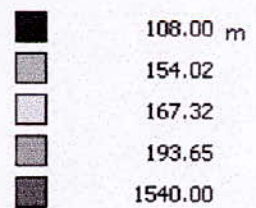


Echelle 1/300000

108.00 m
154.02
167.32
193.65
1540.00

Fig.IV.1 MNT A PARTIR DES CARTES TOPOGRAPHIQUES 1/100000

Echelle 1/300000



Nous avons créé un autre MNT à partir de ces points au cas où il y a des zones d'agglomération. Les points sont très proches entre eux (environ 2000 points) la précision de la carte est bonne, en particulier au niveau des agglomérations où la densité des points est importante. Dans les zones non couvertes, on a une densité des points au cas où il y a des zones d'agglomération.



Fig.IV.2 VISUALISATION DU MNT EN TROIS DIMENSIONS

Echelle1/300000



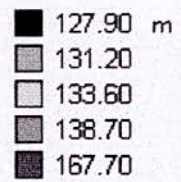
Nous avons établi un autre MNT à partir du réseau de points nivelés par le cadastre dans les zones d'agglomération. Les points sont très proches entre eux (environ 2800 points) la précision de la carte est bonne, en particulier au niveau des agglomérations où la densité des points est importante. Dans les zones non occupées, où la densité des points nivelés est

faible la cartographie a été estimée à partir de la méthode d'interpolation choisie (Fig.IV.3, Fig.IV.4 et Fig.IV.5).



Fig.IV.3 MNT A PARTIR DU RESEAU DE POINTS

Echelle1/75000



La cartographie a été estimée à partir de la méthode d'interpolation choisie (Fig. IV.3).

Fig. IV.4 et Fig. IV.5

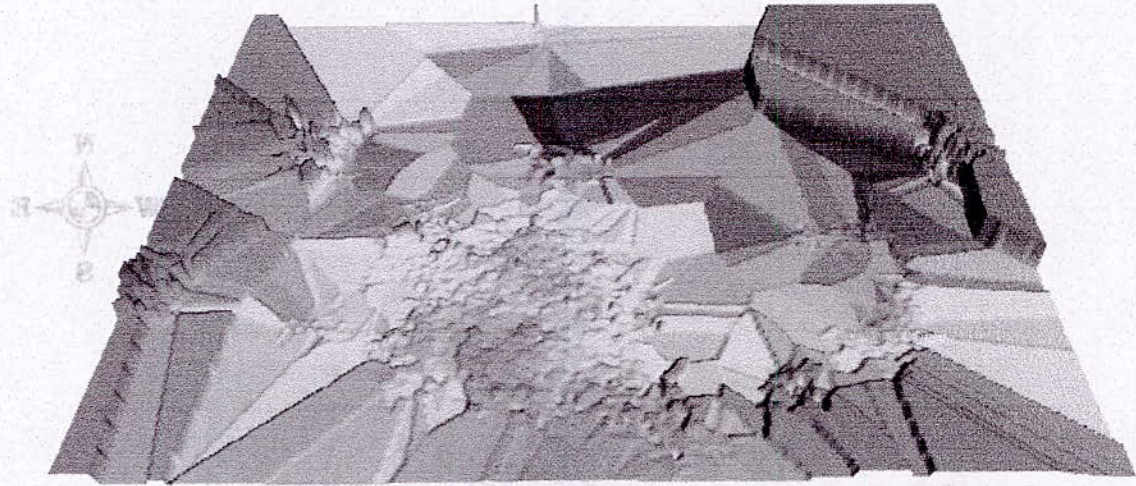


Fig.IV.4 VISUALISATION DU MNT EN FORME TRIDIMENSIONNELLE

Echelle 1/75000

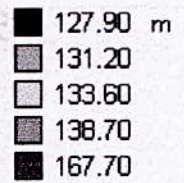


Fig. IV.3 MNT A PARTIR DU RESEAU DE POINTS

Echelle 1/75000





Fig.IV.5 VISUALISATION DU MNT AVEC SUPERPOSITION DE LA CARTE TOPOGRAPHIQUE

IV. 2. 2 Analyse du MNT

Nous analysons le MNT par la fonction **Analysis** de **GRID MANAGER** où l'on expliquera cette fonction en même temps que les résultats obtenus (**Fig.IV.6**).

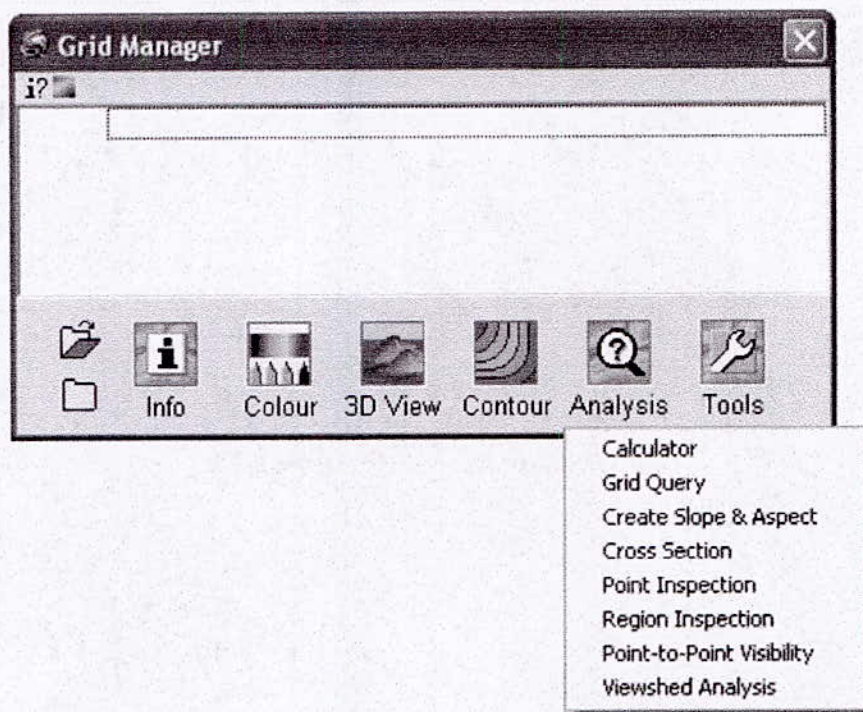


Fig. IV.6 FENETRE DE DIALOGUE DE LA FONCTION ANALYSIS

La fonction **Grid Query** permet de créer des requêtes sur le grid par exemple nous avons effectué la requête : afficher les altitudes supérieures, à 140 m, le grid montre les altitudes qui sont importantes sur les côté Est et Ouest de l'agglomération, ce qui a confirmé la réalité géomorphologique de la région en forme de cuvette encadrée par des reliefs (**Fig. IV. 7**)

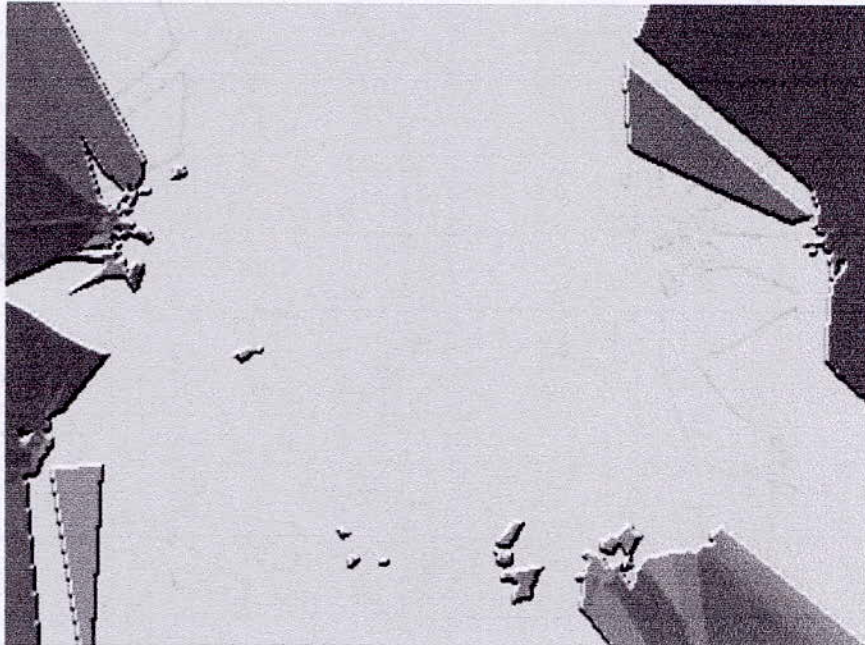
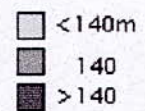


Fig. IV.7 REPARTITION DES ALTITUDES

Echelle 1/75000

Echelle 1/75000



La fonction **Create Slope and Aspect** permet de créer une carte des pentes et une carte de direction de pente. La carte des pentes obtenue donne 95% des pentes inférieures de 5% ce qui montre un terrain relativement plat de la cuvette. (Fig.IV.8)

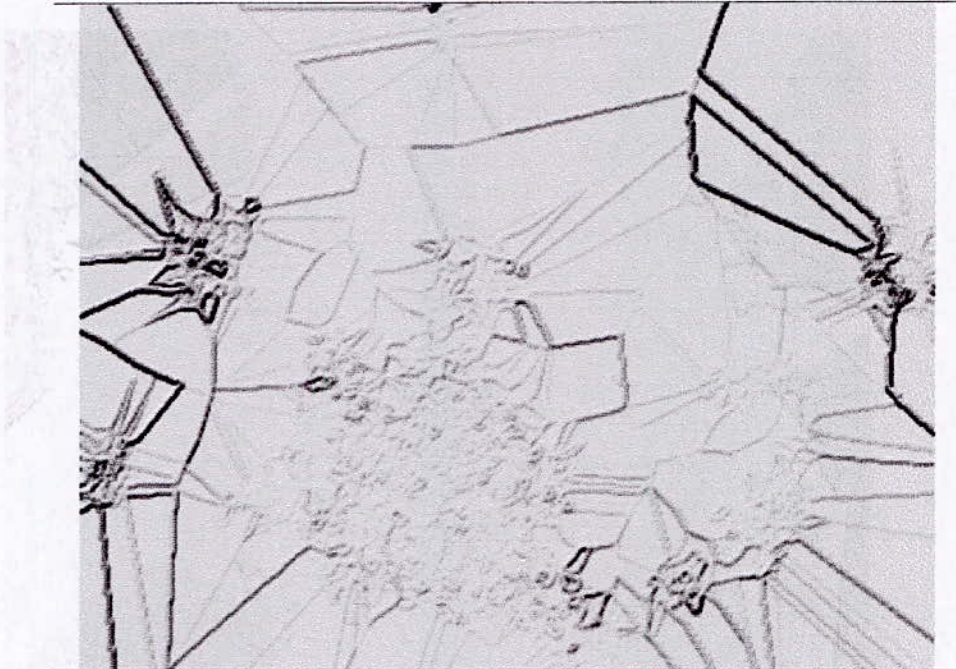


Fig. VI.8 CARTE DES PENTES

Echelle 1/75000

Echelle 1/75000

< 1.00	□
1.00 - 5.00	□
> 5.00	□

□	1.00	79.5
□	5.00	95.1
□	10.00	98.0
■	15.00	98.9
■	37.31	100.0

La fonction **Cross Section** permet de réaliser des coupes longitudinales ou latitudinales. Nous avons effectué une coupe selon la direction Est/Ouest ce qui nous a donné le profil de la cuvette. (Fig.VI.9)

La fonction **Cross Section** permet de réaliser des coupes longitudinales ou latitudinales. Nous avons effectué une coupe selon la direction Est/Ouest ce qui nous a donné le profil de la cuvette. (Fig.VI.9)

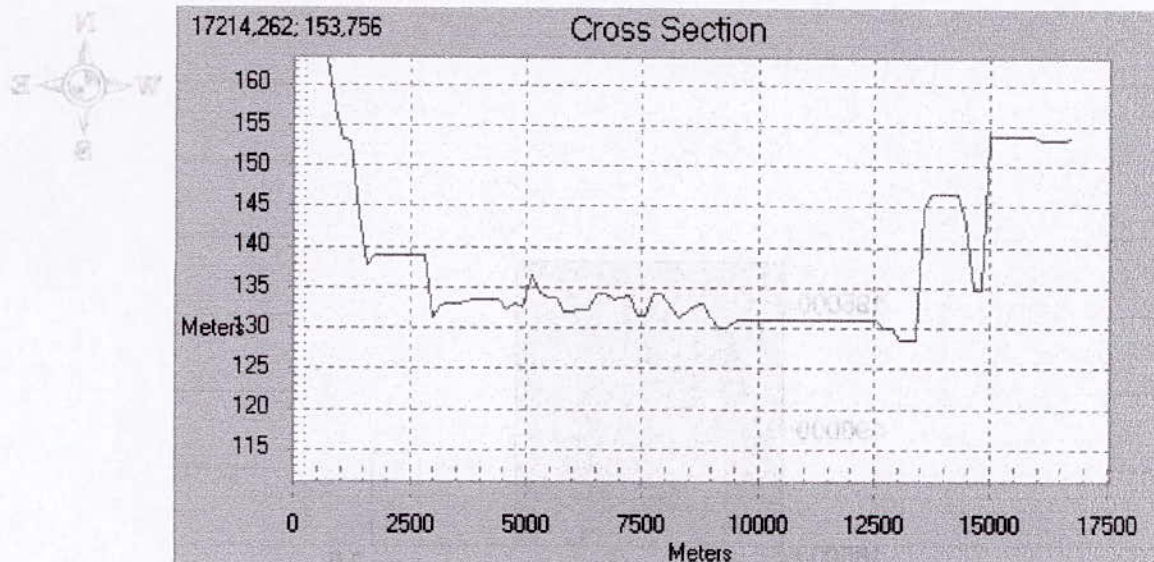


Fig.IV.9 PROFIL TOPOGRAPHIQUE SELON LA DIRECTION EST/OUEST

VI. 2. 2 Analyse des cartes en isovaleurs

Nous avons élaboré des cartes en courbes isovaleurs de la profondeur de la nappe superficielle, pour 2 années différentes (1992 et 2002), afin de les comparer entre elles. La conductivité électrique également a été étudiée en deux années différentes (1998 et 2002).

L'analyse des cartes des profondeurs des périodes 1992 et 2002 a permis les observations suivantes :

- Les cartes montrent que les profondeurs sont relativement faibles et que le niveau d'eau est proche de surface du sol ;
- Il est évalué que 75 % des valeurs de la profondeur sont inférieures à 2 m alors que la moyenne est située à 1.38 m ;
- Il y a des zones où le niveau d'eau affleure à la surface du sol voire supérieur à la surface topographique. Nous attribuons cela au phénomène des crues au cours des pluies violentes où les eaux superficielles s'accumulent aux niveaux des dépressions (Sebkha, chott, ...) d'une part et aux apports d'eau dans la nappe superficielle (irrigations, rejets,...) d'autre part;
- La comparaison des cartes des 2 périodes montre la diminution de la profondeur où la remontée d'eau due essentiellement aux apports d'eau à la nappe superficielle (**Fig. IV.10 et Fig. IV.11**).

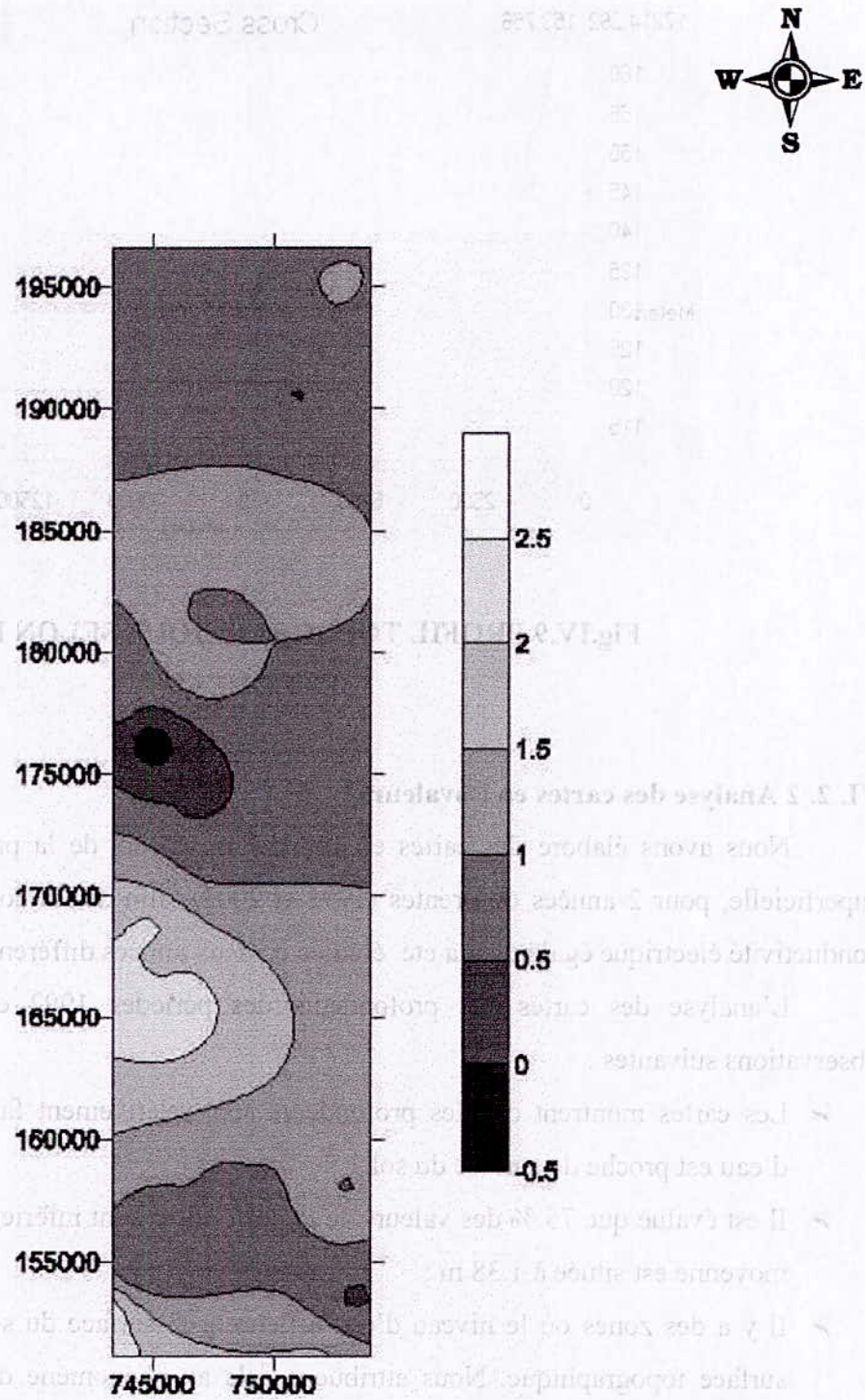


Fig. IV.10 CARTE EN ISOVALEURS DE LA PROFONDEUR (PERIODE : 1992)

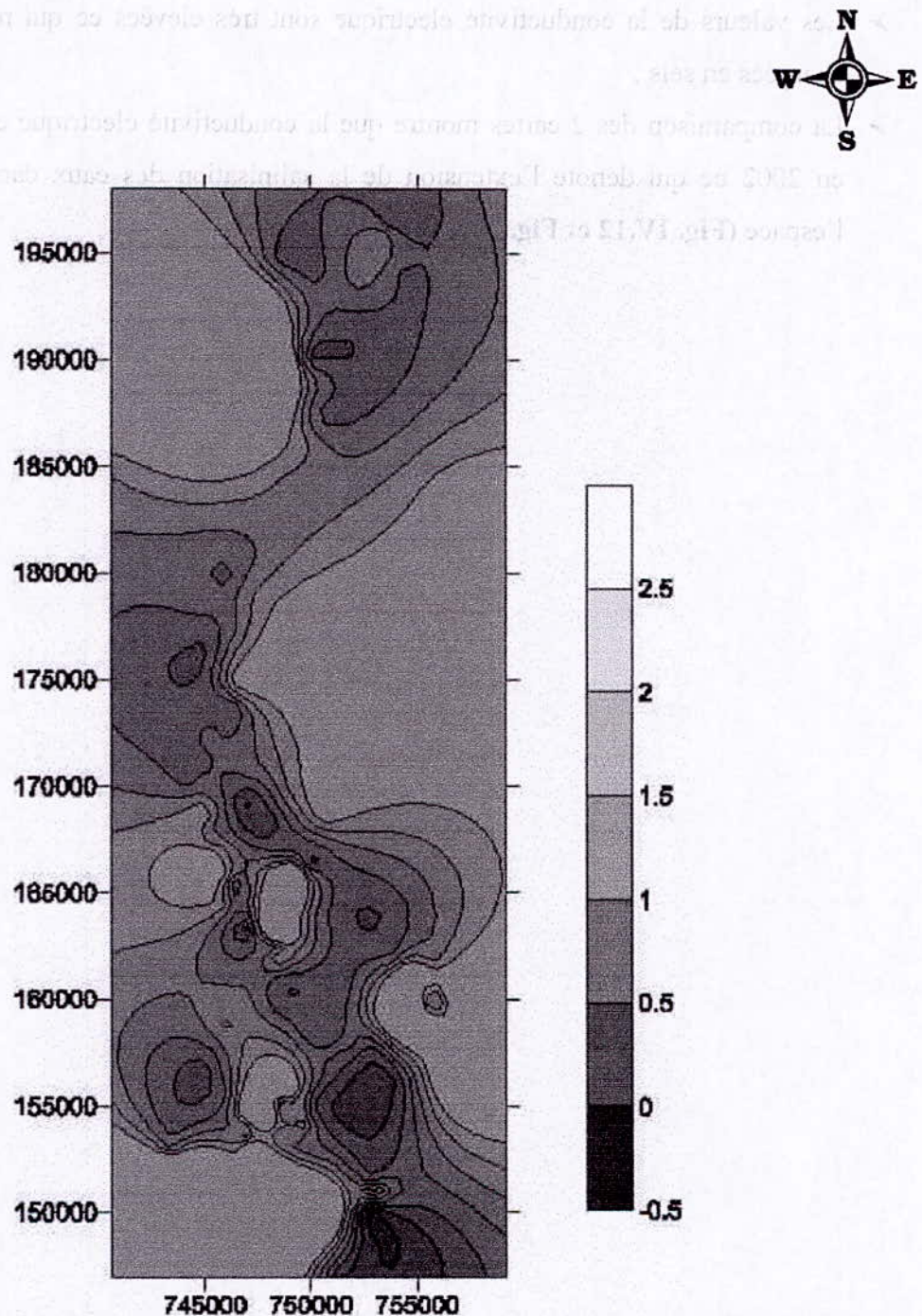


Fig. IV.11 CARTE EN ISOVALEURS DE LA PROFONDEUR (PERIODE : 2002)

Les cartes en isovaleurs de la conductivité électrique des eaux souterraines relatives aux périodes 1998 et 2002, permettent de faire des observations suivantes :

- Les valeurs de la conductivité électrique sont très élevées ce qui révèlent des eaux chargées en sels ;
- La comparaison des 2 cartes montre que la conductivité électrique est plus répandue en 2002 ce qui dénote l'extension de la salinisation des eaux dans temps et dans l'espace (Fig. IV.12 et Fig. IV.13) ;

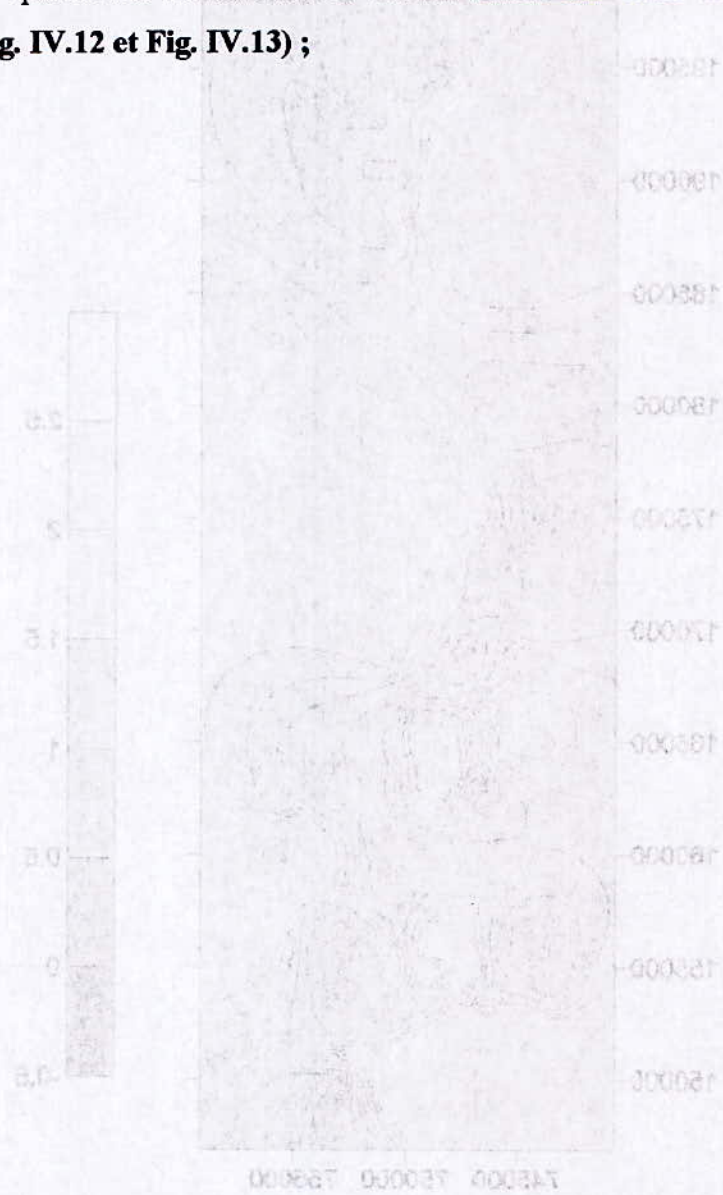
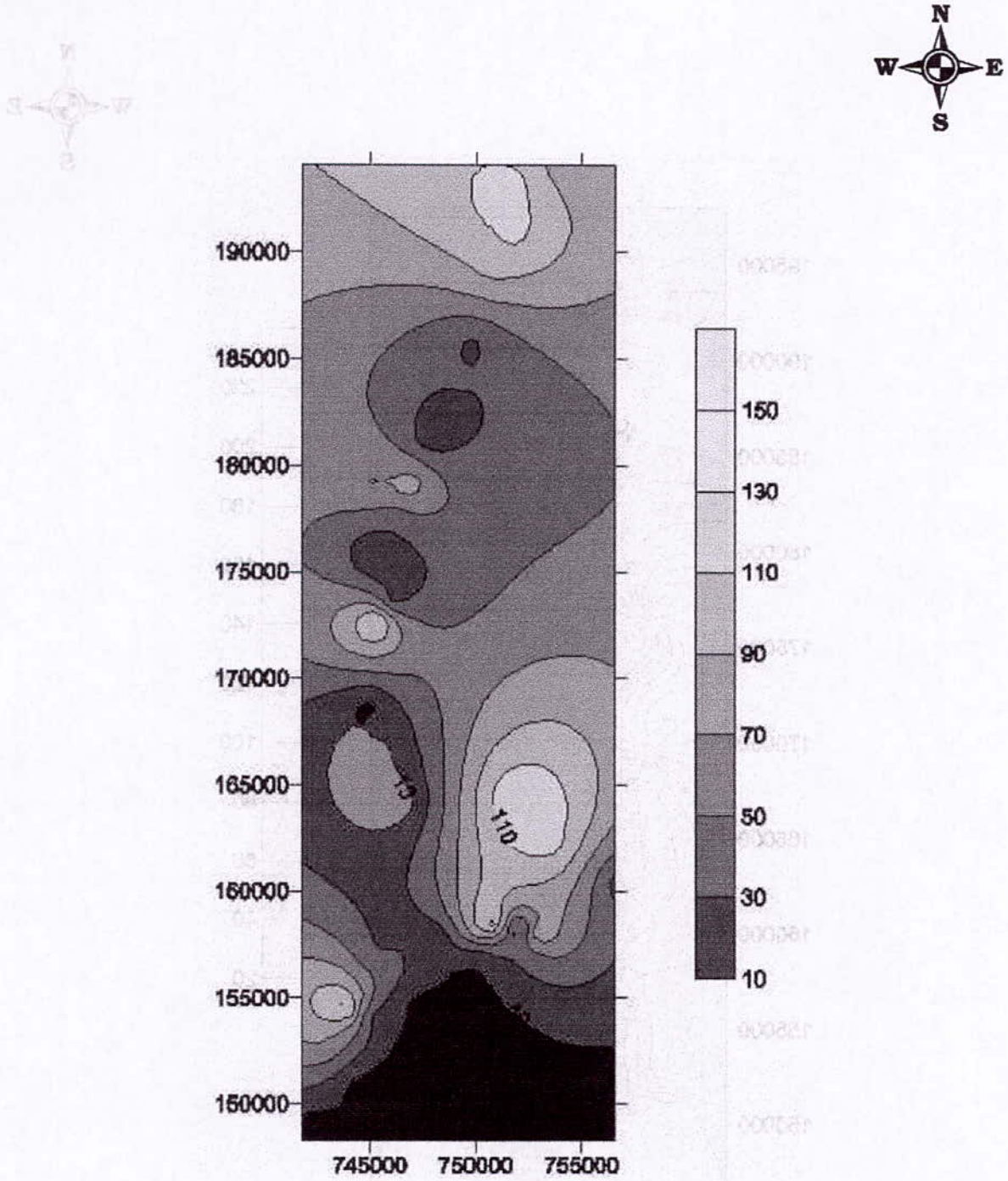


Fig. IV.11 CARTE EN ISOVALEURS DE LA PROFONDEUR (PERIODE : 2002)



**Fig. IV.12 CARTE EN ISOVALEURS DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE
(PERIODE : 1998)**

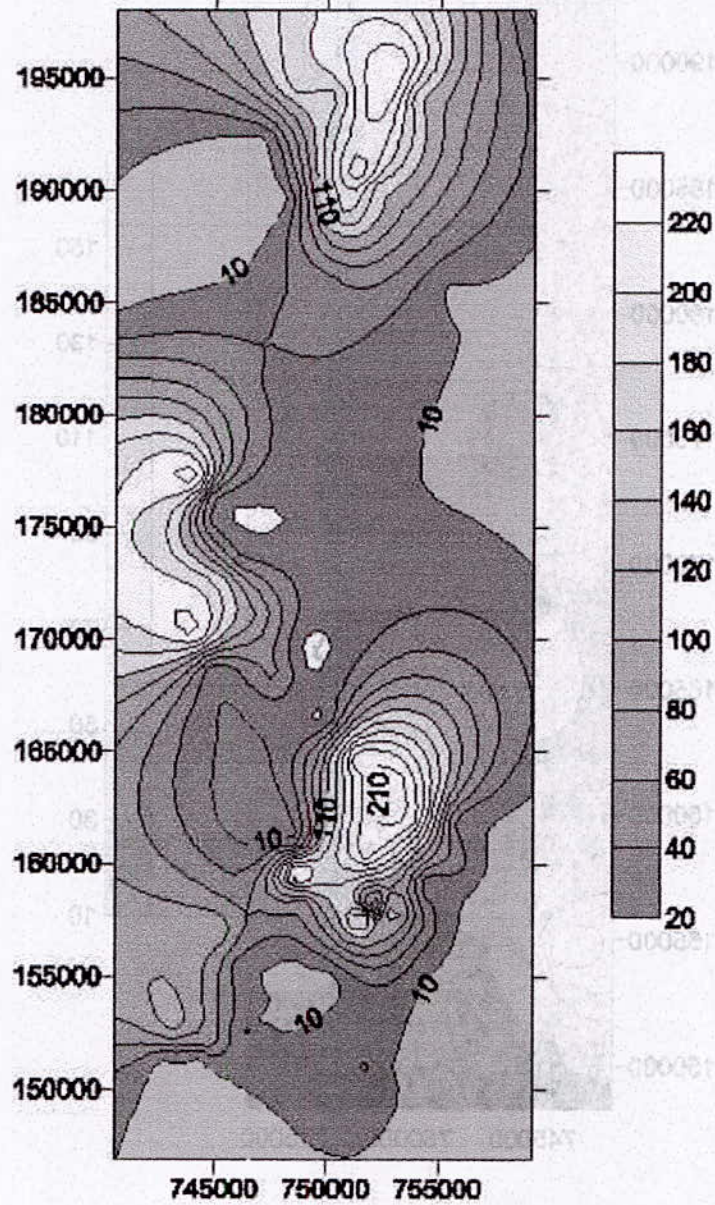


Fig. IV.13 CARTE EN ISOVALEURS DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE

**Fig. IV.13 CARTE EN ISOVALEURS DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE
(PERIODE : 2002)**

La comparaison entre la carte en isovaleurs de la profondeur et de la conductivité électrique de période 2002, a permis de mettre en évidence que les zones à faible profondeur ont des valeurs de conductivités la plus élevées.

IV. 3. Différentes combinaisons des couches

IV. 3. 1. MNT + Plan de masse

La superposition de la couche de grid et le plan de masse, montre que la grande partie de la ville de Ouargla est située au centre de la cuvette sauf quelques petites agglomérations qui sont situées aux extrémités de la vallée (**Fig. IV.14 et Fig.IV.15**).

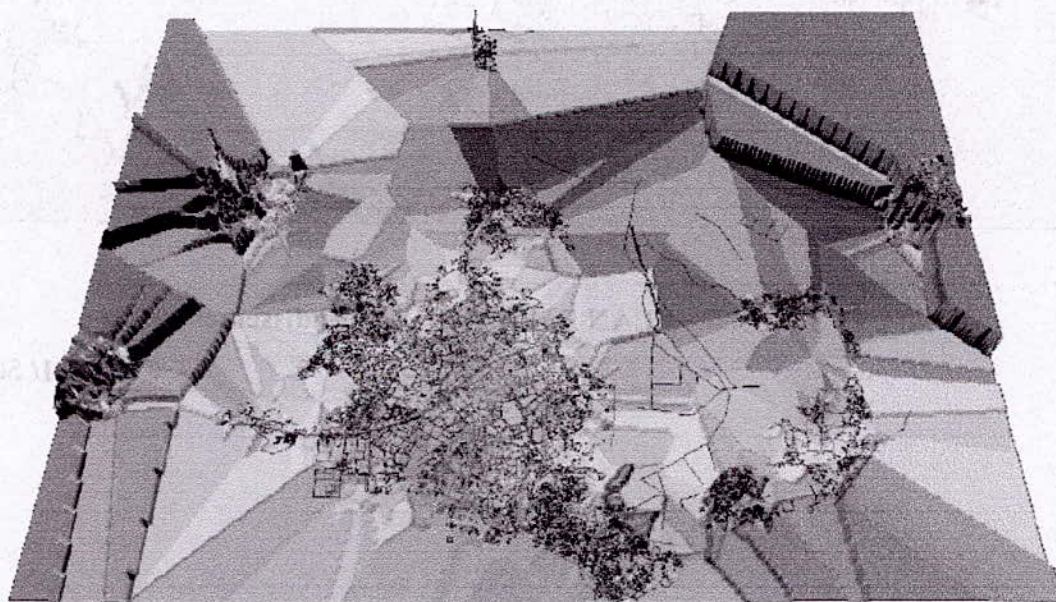


Fig. IV.14 MNT + PLAN DE MASSE

Echelle 1/75000

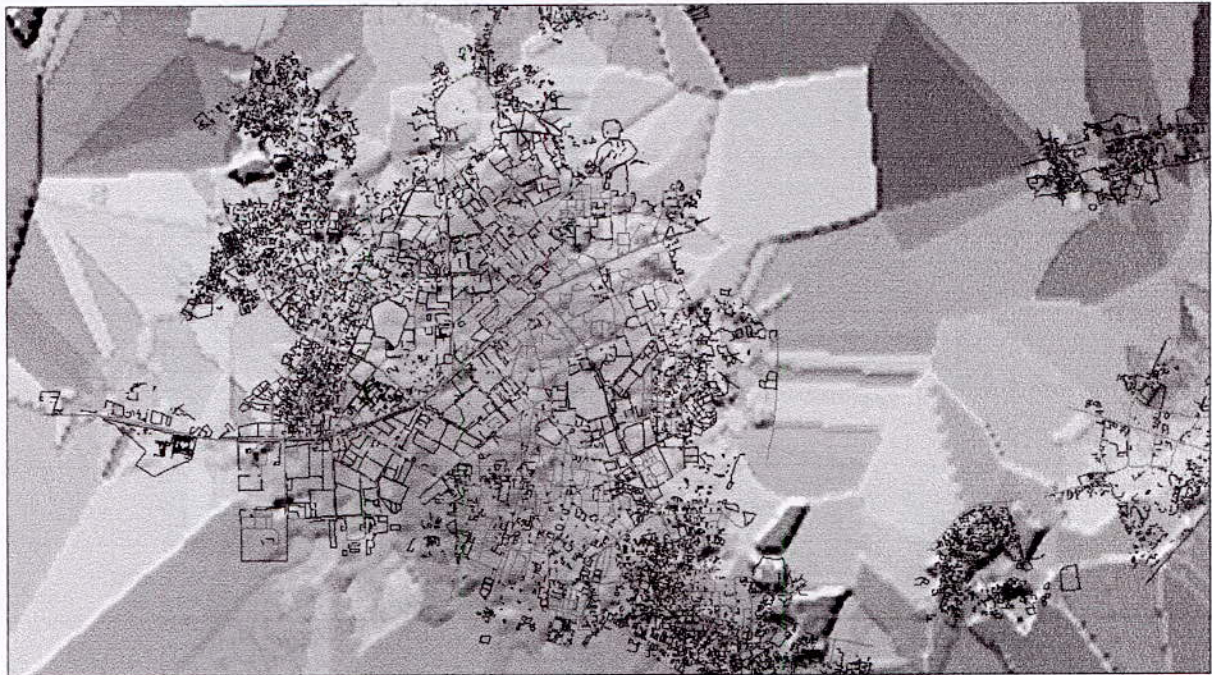


Fig. IV.15 MNT + PLAN DE MASSE (agrandissement)

Echelle 1/ 50000

IV. 3. 2. MNT + Plan de masse + Profondeurs d'eau

Nous remarquons que les zones où les altitude sont élevées, il correspond des profondeurs élevées ce qui est conforme à la réalité. Au niveau de l'agglomération de Ouargla, où l'eau est proche de la surface de sol, le phénomène de remontée est plus marqué ce qui porte préjudice à ce milieu (**Fig. IV.16 et Fig.IV.17**).

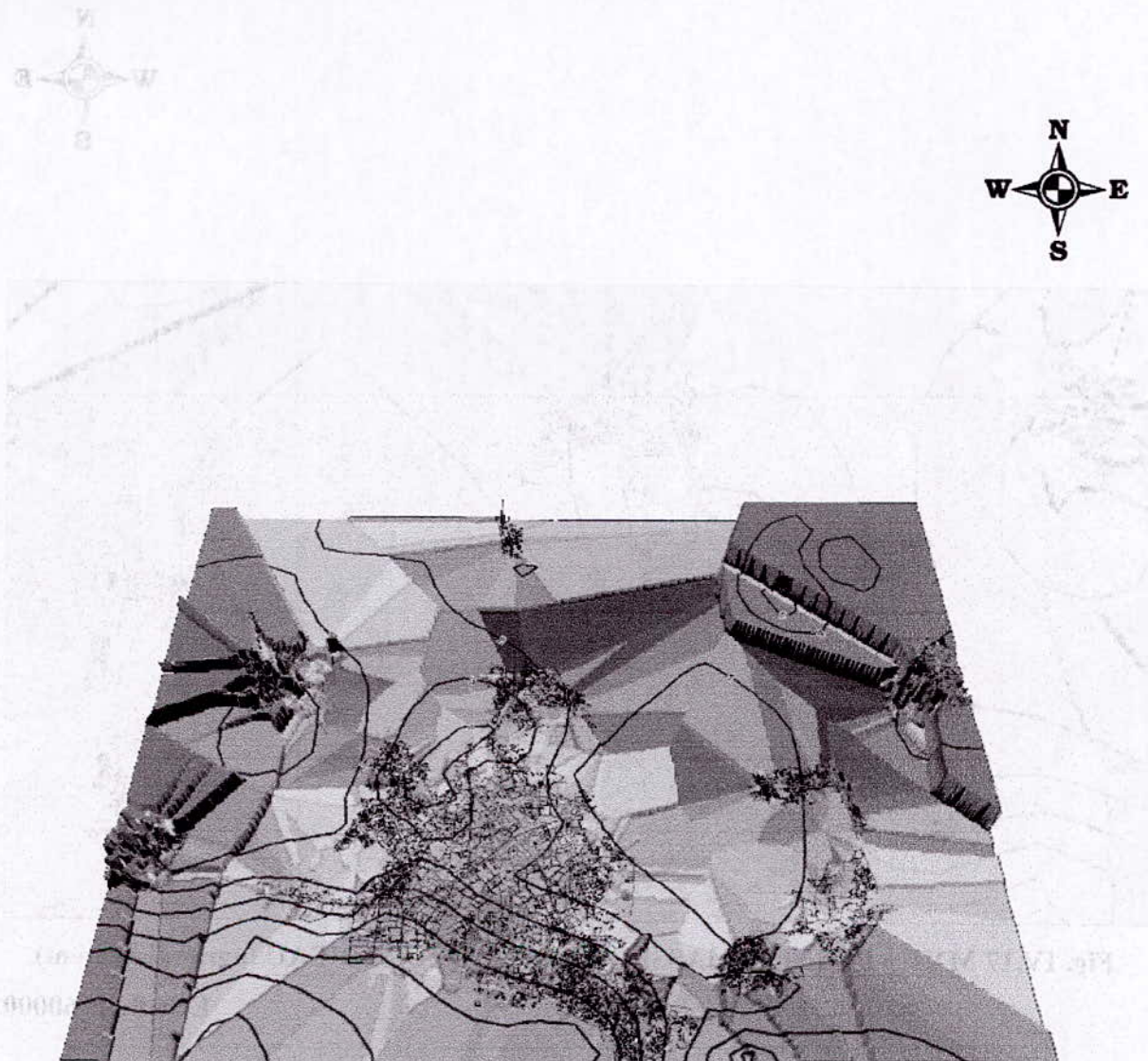


Fig. IV.16 MNT + PLAN DE MASSE + PROFONDEURS D'EAU

Echelle1/75000

IV.1.2. MNT + Plan de masse + Profondeurs d'eau
 Nous remarquons que les zones où les altitudes sont élevées, il correspond des pentes élevées ce qui est contraire à la réalisation. Au niveau de l'agglomération de Ouagadougou, on peut constater que la surface de la zone de remblais est plus marquée que celle des pentes à ce niveau (Fig. IV.16 et Fig. IV.17)



Fig. IV.17 MNT + PLAN DE MASSE + PROFONDEURS D'EAU (agrandissement)

Echelle 1/ 60000

IV. 3. 3. MNT + Plan de masse + Conductivité électrique

La superposition de ces couches a permis de mettre en évidence la localisation des fortes conductivités électriques des eaux souterraines au Nord de l'agglomération, ce qui est attribué à la présence de la Sebkhha (Fig. IV.18 et Fig.IV.19).

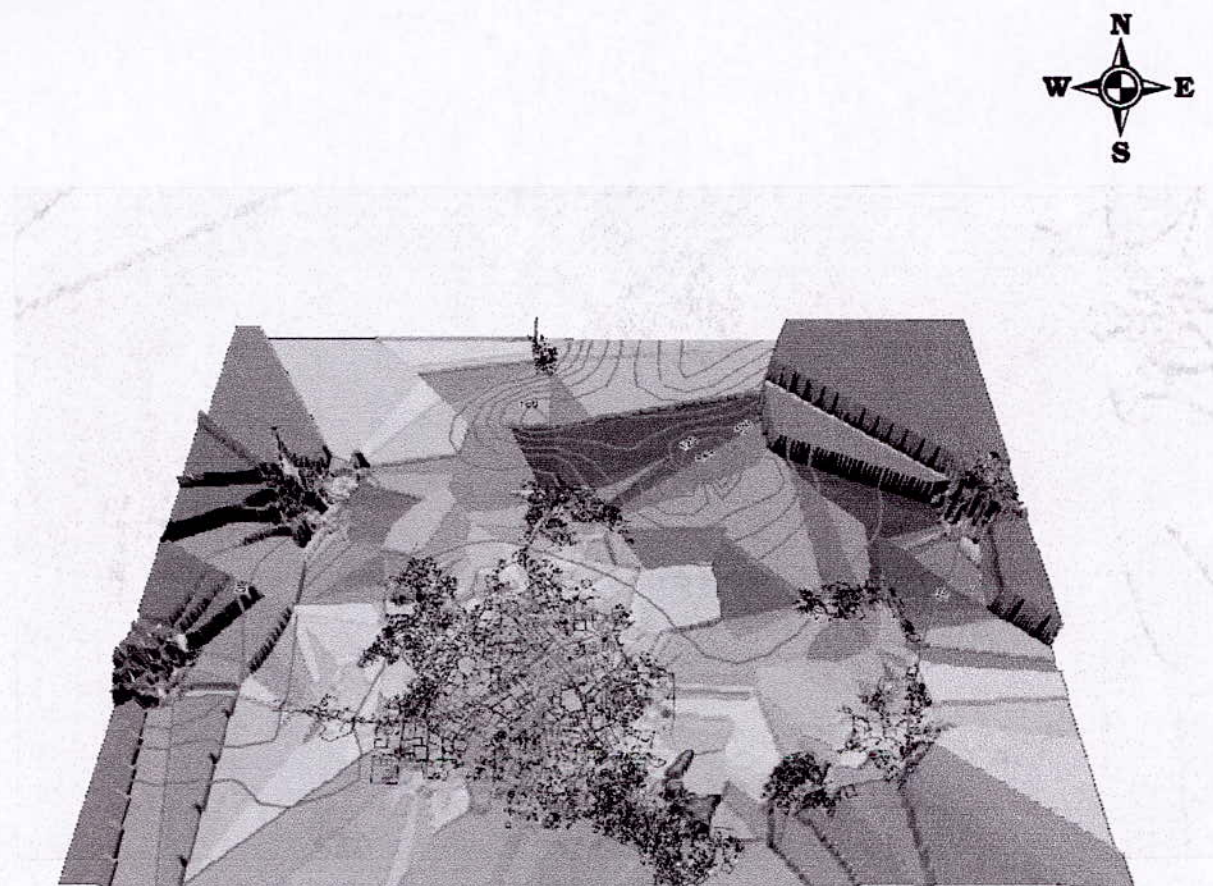


Fig. IV.18 MNT + PLAN DE MASSE + CONDUCTIVITE ELECTRIQUE

Echelle1/75000

IV.3.3. MNT + Plan de masse + Conductivité électrique

La superposition de ces couches à permis de mettre en évidence la localisation des zones conductives électriques les eaux souterraines au Nord de l'agglomération, ce qui est en accord avec la présence de la Sétif (Fig. IV.18 et Fig. IV.19).



Fig. IV.19 MNT + PLAN DE MASSE + CONDUCTIVITE ELECTRIQUE
(agrandissement)

Echelle 1/ 60000

Conclusion

Au terme de notre travail et à travers nos résultats, nous pouvons tirer les remarques suivantes :

- Le modèle numérique de terrain montre que la géomorphologie de Ouargla est de forme dépressionnaire ;
- 95 % des pentes sont inférieures à 5 %, ce qui met en évidence un terrain relativement plat ;
- La cuvette de Ouargla est dépourvue de tout exutoire naturel;
- La grande partie de la ville de Ouargla est située au centre de la cuvette sauf quelques petites agglomérations aux extrémités ;
- 75 % des valeurs de la profondeur sont inférieures à 2 m ;
- La diminution de la profondeur où la remontée d'eau est due essentiellement aux rejets des eaux ;
- Il y a des zones où le niveau d'eau affleure à la surface du sol voire supérieur à la surface topographique (Sebkha, chott, ..) ;
- Les zones à faible profondeur ont des valeurs des conductivités électriques élevées ce qui révèle des eaux chargées en sels ;
- L'extension de la salinisation des eaux dans temps et dans l'espace ;
- Au niveau d'agglomération de Ouargla, l'eau est proche de la surface de sol.

CONCLUSION GENERALE

La région de Ouargla présente un climat désertique se caractérisant par des précipitations irrégulières et une pluviométrie moyenne annuelle de l'ordre de 40 à 50 mm. L'évapotranspiration potentielle moyenne annuelle est de l'ordre de 1800 à 2000 mm.

Les reconnaissances géologique et hydrogéologique faites sur la région ont permis de préciser trois niveaux aquifères à savoir la nappe superficielle, la nappe du complexe terminal (avec ces deux couches Mio-Pliocène et Sénonien) et la nappe du Continental Intercalaire (la couche albienne). Les principales nappes exploitables dans la cuvette sont la nappe du Mio-Pliocène avec 346 forages, la nappe du Sénonien avec 43 forages et enfin la nappe de l'albien avec 12 forages.

Tout au long de ce travail, nous avons tenté une nouvelle approche, afin d'identifier les zones touchées par le problème de la remontée des eaux et de leurs salinités au niveau de la cuvette de Ouargla.

Nous avons utilisé le modèle numérique de terrain avec la technique de superposition des cartes d'isovaleurs des profondeurs et de conductivité électrique qui ont permis de dégager les informations suivantes :

- Le modèle numérique de terrain montre que la géomorphologie de Ouargla est de forme dépressionnaire ;
- 95 % des pentes sont inférieures à 5 %, ce qui met en évidence un terrain relativement plat ;
- La grande partie de la ville de Ouargla est située au centre de la cuvette sauf quelques petites agglomérations aux extrémités ;
- 75 % des valeurs de la profondeur sont inférieures à 2 m ;
- La diminution de la profondeur où la remontée d'eau est due essentiellement aux rejets des eaux ;
- Il y a des zones où le niveau d'eau affleure à la surface du sol voire supérieur à la surface topographique en particulier aux niveaux des chotts et sebkhas ;
- Les zones à faible profondeur ont des valeurs des conductivités électriques élevées ce qui révèlent des eaux chargées en sels ;
- L'extension de la salinisation des eaux dans temps et dans l'espace ;
- Au niveau de l'agglomération de Ouargla, l'eau est proche de la surface de sol ;

- La cuvette de Ouargla est dépourvue de toute exutoire naturel, donc toute quantité d'eau atteignant la cuvette pourra participer à l'alimentation de la nappe superficielle. Les rejets des eaux (irrigation, eaux usées, ...) peuvent alimenter la nappe. Les eaux usées, source de pollution, présentent actuellement un réel et sérieux danger pour l'écosystème d'Ouargla ;

Il est souhaitable, à la suite de ce modeste travail, de poursuivre cette étude, en modélisant les transferts d'eau en termes de quantités et de qualité en vue d'une meilleure gestion de ce milieu.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] ABD EL-RAHMAN N (1998) – Etude hydrogéologique de la nappe phréatique de la cuvette de Ouargla. Rapport interne ANRH – Ouargla, 65p.
- [2] ALIANE R (1999) Synthèse hydrogéologique de la dépression d’Ouargla
PFE ENP Alger 64p
- [3] A.N.R.H : Archives de l’Agence National des Ressources Hydriques d’Ouargla.
- [4] Atlas mondial Encarta 2005.
- [5] BENCHENION S (1999) Synthèse hydrogéologique de la nappe Mio-Pliocène de la région de Ouargla (Bas –Sahara-Algérie) Mémoire d’ingénieur d’état, IST, USTHB, Alger 70p.
- [6] CORNET (1964) – Introduction à l’hydrogéologie saharienne.
Géog. Phys et Géol. Dyn. Vol.VI. fasc 1, P.5-72.
- [7] DJETTOUR R (1991) Etude hydrogéologique de la cuvette de Ouargla
Mémoire d’ingénieur d’état, IST, USTHB, Alger.74p
- [8] GUENDOUIZ A et MOULA. A.S (1992-1995) - Etude hydrochimique et isotopique des eaux souterraines de la cuvette de Ouargla. 1er rapport interne 1992 et 2eme rapport interne 1995
CDTN/DDHI.- ALGER, 30p-60p.
- [9] HADADDI H (1993) Etude préliminaire en vue de la simulation par modèle de la nappe Mio-Pliocène de la cuvette de Ouargla (Algérie), Mémoire d’ingénieur d’état, IST, USTHB, Alger.68p
- [10] IDOURAINE M (2002) Etude hydrologique et hydrochimique de l’ensemble des aquifères de la région de Ouargla, Mémoire d’ingénieur d’état, IST, USTHB, Alger.64p
- [11] OULED BELKHIR CHIKH-(2003) Contribution à l’étude et l’établissement du bilan hydrologique de la cuvette de Ouargla (Sahara Nord-Est septentrional), Magister Université de Blida 105p
- [12] BARBIER P (2002) Vertical Mapper V2.6
Rapport ÉCOLE NATIONALE DES SCIENCES GÉOGRAPHIQUES 33p
- [13] UNESCO (1970). Projet ERESS : Etude des ressources en eau du Sahara septentrional.
Rapport final - Paris.
- [14] Wilaya de Ouargla (1999) Direction de Planification «rapports sur les statistiques de la Wilaya de Ouargla» - Ouargla.
- [15] YALAOUIF (2000) Etude hydrochimique et hydrologique des aquifères MIO-PLIOCENE QUATERNAIRE de la région de Ouargla, Mémoire d’ingénieur d’état, IST, USTHB, Alger.69p

ملخص:

إن الواحات الجزائرية بالخصوص واحة ورقلة تعرف مشاكل بيئية خاصة المرتبطة بصعود المياه الجوفية وبملوحة المياه و التربة.

حاولنا دراسة هذه المنطقة بالاستناد على النموذج الرقمي للأرض بالتنسيق مع خرائط أعماق المياه و الناقلية الكهربائية التي تسمح بتحديد المناطق المتأثرة بهذه الظاهرة.

الكلمات المفتاحية:

النموذج الرقمي للأرض, الأعماق, المياه الجوفية, الناقلية الكهربائية.

Résumé :

Les oasis algérienne en particulier celle de Ouargla connaît des problèmes d'environnement en particulier ceux liés à la remontée des eaux souterraines et celui de la salinisation des eaux et des sols.

L'étude entreprise dans cette région, à l'appui du Modèle Numérique de Terrain combiné aux cartes de profondeur et de conductivité électrique a permis de localiser les zones sujettes à l'extension de la remontée des eaux et de leur salinisation.

Mots clés : MNT, profondeurs, eau souterraine, conductivité électrique.

Summary:

The Algerian oases in particular that of Ouargla know problems of environment in particular those to bind to the increase of subsoil waters and that of the salinisation of water and soil.

The study undertaken in this area, the support of the Digital Model of Ground combined with the charts of depth and electric conductivity made it possible to locate the zones prone to the extension of the increase of water and their salinisation.

Key words: DMG, depth, subsoil water, electric conductivity