

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA
FACULTÉ DES HYDROCARBURES, DES ÉNERGIES RENOUVEALABLES ET
DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

Département des Sciences de la Terre et de l'Univers.



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue De L'obtention Du Diplôme de Master en Géologie

Option : Hydrogéologie

THEME

Etude Hydrogéologique de la région d'illizi

Soutenu publiquement par : *Mr khadraoui Ahmed*

Le 30/05/2016

Devant le jury :

Président :	M ^{me} HADJ-SAID. S	Professeur Univ Ouargla
Promoteur :	Mr. MELOUAH WALID	M. A. A Univ. Ouargla
Examineur :	Mr. HOUARI Idir Menad	M. A. A Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2015/2016

Remerciements

Langage tout d'abord à Dieu qui nous a donné la force

Pour terminer ce modeste travail.

*Toutes nos infinies gratitudees à notre promoteur, Monsieur
MELOUAH WALID pour son encadrement et ses aides
précieuses.*

*Nous remercions aussi les membres de jury qui nous ont fait
l'honneur d'accepter le jugement de notre travail.*

*Notre sincère reconnaissance à nos enseignants du
département des sciences de la terre et l'univers*

*Enfin nous remercions nos parents et tous ceux qui ont
contribués de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste
travail, trouvent ici l'expression de nos profondes gratitudees
et respects.*



Sommaire

<i>Introduction générale</i>		1
 Chapitre I : Géologie 		
I	Introduction.....	3
II	Cadre géographique	3
III	Cadre géologique régional	4
IV	Cadre géologique local	5
IV.1	Le socle cristallin.....	5
IV.2	La couverture sédimentaire	5
V	Lithostratigraphie du bassin d'ILLIZI	6
V.1	Le Cambrien.....	8
V.2	Ordovicien	8
V.3	Le Silurien	9
V.4	Le Dévonien.....	9
V.5	Le Carbonifère	10
V.6	Le Trias	10
V.7	Le Jurassique	10
V.8	Le Malm	10
V.9	Le Barrémien	10
V.10	L'Albien	10
V.11	Le Cénomaniens.....	11
V.12	Le Turonien.....	11
V.13	Le Sénonien.....	11
V.14	L'Eocène.....	11
V.15	Le Mio-Pliocène.....	11
VI	Aperçu paléogéographique	13
VI.1	Au Cambrien.....	13
VI.2	A l'Ordovicien.....	13
VI.3	Au Silurien.....	13
VI.4	Le Dévonien inférieur gréseux	13
VI.5	Le Dévonien inférieur argileux gréseux (Emsien).....	13
VI.6	Au Dévonien moyen et supérieur	13
VI.7	Au Carbonifère	13
VI.8	Au Mésozoïque	13
VI.9	Le Cénozoïque	13
VII	Structure et Tectonique du bassin	13
VII.1	Les principaux éléments structuraux du bassin d'Ilizi	15
VII.2	Evolution géodynamique du bassin d'Ilizi	18
VII.3.1	Evénement tectonique anté-hercynien	20
VII.3.1.1	La phase panafricaine	20

VII.3.1.2	La phase taconique	20
VII.3.1.3	La phase calédonienne	21
VII.3.1.4	La phase frasnienne	21
VII.3.2	Événements tectoniques du cycle hercynien	21
VII.3.2.1	La phase N 40° d'âge Viséen (Mouvements hercyniens précoces)	21
VII.3.2.1	La phase N 120° d'âge Permien (Mouvement hercynien majeur)	22
VIII	Conclusion.....	22

Chapitre II : Climatologie

I	Introduction.....	23
II	La Température	23
III	Evaporation	24
IV	Précipitation	25
V	L'écoulement	26
VI	Les vents	26
VII	Insolation	28
VIII	Humidité relative	28
IX	La couverture végétale	29
X	Conclusion	29

Chapitre III : Hydrogéologie

I	Introduction.....	30
II	les différents types des nappes du bassin d'Ilizi.....	30
II.1	La nappe du Cambro-ordovicien	30
II.2	La nappe du Dévonien (à Ilizi)	31
II.3	La nappe Carbonifère	31
II.4	Le système aquifère du Continental Intercalaire (CI)	31
II.5	Le système aquifère du Complexe Terminal (CT).....	32
II.5.1	La nappe du Turonien	33
II.5.2	La nappe des sables du Mio-Pliocène	34
II.6	La nappe d'Inféro-Flux d'Oued Ilizi	34
II.7	La nappe d'Inféro-Flux de Bordj El Haoues	34
III	Interprétation de la carte piézométrique du secteur d'étude (la nappe du Dévonien inférieur)	37

IV	Conclusion	38
----	------------------	----

Chapitre IV: Matériel et méthode

I	Introduction.....	39
II	Rock Works.....	39
III	Surfer 12.....	39
IV	La Gravimétri.....	39
IV.1	Calcul de l'anomalie de Bouguer.....	39
IV.1.1	Correction luni-solaire.....	40
IV.1.1.2	Correction de derive.....	40
IV.2	Séparation de la régionale et de la résiduelle en gravimétrie.....	42
IV.3	Déconvolution d'Euler.....	43
IV.4	Le Gradient Horizontal.....	44
V	Conclusion.....	44

Chapitre V: Hydrochimie

I	Introduction	45
II	Répartition des concentrations	45
II.1	Les Cations	45
II.1.1	Le Calcium (Ca^{+2}).....	45
II.1.2	Le Magnésium (Mg^{++}).....	46
II.1.3	Le Sodium (Na^{+2}):.....	46
II.2	Les Anions	46
II.2.1	Les Chlorures (Cl^-),.....	46
II.2.2	Les Sulfates (SO_4^-).....	46
III	Variation des différents paramètres physico-chimiques	46
III.1	LE PH	46
III.2	La Conductivité	47
IV	Les analyses chimiques des eaux	47
IV.1	Nappe Devonien Inferieur	47
V	Le faciès chimique	48
V.1	Diagrammes de faciès chimique	49
V.1.1	Diagramme de Piper	49
V.2	Classification Des Eaux Sous Terrain Selon Le Diagramme Schoeller Berkaloff	51
V.2.1	Diagramme de schoëller berkaloff	51
V.2.2	Interprétation le diagramme	51
VI	la Potabilité	53
VII	La dureté ou le degré hydrométrique (DH):	53
VIII	Indice de saturation (IS).....	54
IX	Interprétation	55
X.1	La carte de l'anomalie de Bouguer	56
X.2	Description des cartes d'anomalie résiduelle	57

X.3	La carte du gradient horizontal	58
X.4	Les cartes des dérivées selon x, y	60
XI.5	Carte d'Euler	63
XI.6	La Rosace	66
X.1.2	La carte structural	66
X.2	Conclusion	68
 <i>Conclusion générale</i>		 69

Liste des Figures et Abaques

LISTE DES FIGURES	Pages
Figure I 01 : Carte géologique du bassin d' Illizi(Bournas , 2003).....	06
Figure I 02 : Coupe géologique de bassin d' Illizi.(Sonatrach /expcloration).....	07
Figure I 03 : colonne lithologique du bassin d' Illizi (Sonatrach /exploration).....	12
Figure I 04 : Carte structurale de l orientale Hoggar a partir de données aero-agneetique (Bournas ,2003).....	14
Figure I 05 : Schéma structural du bassin d' Illizi.(Sonatrach /exploration).....	17
Figure II 01 : Températures (moyennes, minimales, maximales) mensuelles (1990_1999).	24
Figure II 02 : Moyennes mensuelles de l'évaporation (1990_1999).....	25
Figure II 03 : Précipitation moyennes mensuelles (1990_1999).....	26
Figure II 04 : La vitesse du vent (minimales, maximales) mensuelles (1990_1999).....	27
Figure II 5 : moyennes mensuelles de l'insolation (1990_1999).....	28
Figure III 01 : Coupe hydrogéologique du bassin sédimentaire du Sahara Septentrional. (UNESCO (1972)).....	30
Figure III 02 : Limites administratives de la wilaya d' Illizi.....	32
Figure III 03 : position de continental intercalaire et complexe terminal dans le Sahara Nord.	33
Figure III 04 : Photo du site Fort Saint _ Image satellitaire du site Fort Saint	34
Figure III 05 : Coupe présentative de superposition des nappes du bassin d' Illizi.....	36
Figure III 06 : Carte piézométrique de secteur d' étude.....	37
Figure IV 01 :Diagramme de Piper des eaux de la nappe du devonien inferieur.....	50
Figure IV 02 Diagramme Des Facies Du Nappe Dévonien Inferieur.....	52
Figure IV 03 : Carte Anomalie Bouguer(mgal).....	56
Figure IV 04 : Carte résiduelle (mgal).....	58
Figure IV 05 : Carte Gradient Horizontal (mgal).....	59
Figure IV 06 : Carte dérivée X.....	61
Figure IV 07 : carte dérivée Y.....	62

Liste des Figures et Abaques

Figure IV 08: La Carte anomalie EULER0.....	64
Figure IV 09: Carte Anomalie EULER0.5.....	65
Figure IV 10: Carte Structural Modifié Bournas.....	67
Figure IV 11 : Carte de Rosace.....	67

LISTE DES TABLEAUX	pages
Tableau I 01 : phases tectoniques majeures. (D'après Boujemaa ; 1987).....	19
Tableau II 01 : Moyennes mensuelles de la température (1990_1999). (La station météorologique d'Ilizi).....	23
Tableau II 02 : Moyennes mensuelles de l'évaporation (1990_1999). (La station météorologique d'Ilizi).....	24
Tableau II 03 : Moyennes mensuelles de la Précipitation (1990_1999). (La station d'Ilizi).....	25
Tableau II 04 : la vitesse du vent (minimales, maximales) mensuelles (1990_1999). (La station météorologique d'Ilizi).....	26
Tableau II 05 : Moyennes mensuelles de l'insolation (1990-1999). (La station météorologique d'Ilizi).....	27
Tableau III 01 : les principales ressources en eau exploitées dans la wilaya (ANRH d'Ouargla).....	35
Tableau IV 01 :Résultat analyses chimiques des eaux nappe dévonien inferieur : cation.....	47
Tableau IV 02 : Résultat analyses chimiques des eaux nappe dévonien inferieur : anion	48
Tableau IV 03 : faciès chimique nappe dévonien inferieur.....	48
Tableau IV 04 : <i>Concentrations des normes fixées par l'O.M.S et CEE et Français et Algérie</i>	53
Tableau IV 05 : Potabilité en fonction de la dureté.....	54
Tableau IV 06 : Indice de Saturation (SI).....	55

Liste des abréviations

ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydriques
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
CI	Continental Intercalaire
CT	Complexe Terminal
OSS	Observation du Sahara et du Sahel
SASS	Système Aquifère du Sahara Septentrional

Introduction générale :

L'étude hydrogéologique classique consiste à la caractérisation hydrochimique, hydrodynamique des nappes ciblées à travers un suivi continu des paramètres, Dans la région d'Illizi le manque d'information sur l'hydrogéologie des ressources aquifères rend cette tâche de plus en plus délicate

D'un point de vue géologique les nappes souterraines sont considérées comme des entités à part vue l'hétérogénéité des caractéristiques de chaque aquifère qui dépendent beaucoup plus des paramètres petrophysiques, de l'état de fracturation et de la minéralisation de l'encaissant géologique.

La cartographie structurale par la géophysique est une étape indispensable avant l'implantation des puits producteurs dans un bassin hydrogéologique. Dans ce travail nous avons utilisés plusieurs techniques afin de mieux cerner le côté structural de la région d'Illizi par le biais de la gravimétrie.

Une grande partie des géophysiciens de terrain exploite la gravimétrie pour la mise en évidence des grandes structures géologiques, des conduites karstiques, des fractures et des failles. Les informations fournies se limitent à la carte des anomalies de Bouguer, malgré que les techniques avancées dans les traitements des signaux et des données gravimétriques permettent d'atteindre des niveaux de connaissance extrêmement riches en information Géo-structurales.

A travers cette étude plusieurs techniques en gravimétrie ont été exploitées telle que : Les gradients, les dérives, le signal analytique et la déconvolution d'Euler, L'ensemble des informations extraites à partir de ces techniques permet de tracer une carte structurale améliorée et synthétique de la région d'Illizi, Les informations géologiques vont affiner le choix de plusieurs paramètres indispensables à :

l'application de quelques techniques de traitement avancées en gravimétrie.

Le document s'organise en 3 chapitres

Le premier chapitre englobe des généralités sur la région d'étude.

Le deuxième chapitre explique l'ensemble des techniques et des traitements effectués sur les données gravimétriques et sur les données hydrochimiques.

Le troisième chapitre expose les résultats obtenus par les méthodes utilisées (cartes, rosaces, log, diagramme hydrochimique).

En fin une conclusion général qui résume les résultats obtenus et quelques recommandations sur l'utilité et la bonne exploitation des techniques.

I. Introduction :

Sur le plan géologique, le bassin d'Illizi est de type plate forme intracratonique ; assez stable, il a été le siège d'une sédimentation important 2500m 3000m, essentiellement pendant le Paléozoïque qui remonte a l'affleurement au Sud, ou elle forme le Tassili. Quant aux formations Mésozoïques, elles n'affleurant qu'au centre du bassin, les dépôts tertiaires sont bien représentés dans le Nord-est.

Le bassin d'Illizi renferme d'importants champs de production pétrolière tels que le champ Fouye Tankort, Stah, Alrar, Ohante, Tin Fouye, Tin Fouye Tankort, Amassak, Hassi Mazoula.....etc.

II.Cadre géographique :

La Wilaya d'Illizi qui est l'une des plus vastes de l'Algérie avec une superficie de : 284 618 Km² (le 1/9 du territoire national).

Elle est située à l'extrême sud-est du pays. Elle fait partie du vaste ensemble appelé Bas Sahara. Elle est comprise entre 21°50 et 30°34 de latitude Nord et 5°54 et 12°00 de longitude Est. Elle est une Wilaya frontalière.

Son territoire est composé de reliefs hétérogènes :

- Relief dunaire ;
- Relief de plateau ;
- Relief de plaine.

Géographiquement, la Wilaya occupe une position stratégique, elle est limitrophe avec trois pays sur une frontière de près de 1256 Km :

- La Tunisie au nord-est sur près de 37.43 Km ;
- La Libye à l'est sur près de 1006 Km ;
- Le Niger au sud sur près de 213 Km.

A l'intérieur du pays, la wilaya est limitée par Deux wilayets :

- La wilaya de Tamanrasset à l'ouest et sud ouest ;
- La wilaya de Ouargla au nord.

- Le chef lieu de la wilaya de Ouargla qui est le centre administratif le plus proche est distant de 1052 Km de la ville d' Illizi (CLW).
- Le chef lieu de la commune de BORDJ OMAR DRISS est situé à plus de 700 Km du chef lieu de wilaya, et In Amenas qui est la commune la plus proche est à 240 Km.
- Au dernier recensement de Juillet 1998, sa population résidente est de 34 108 habitants, soit une densité de population de 0,12 Habitant/Km².
- Les résultats finals du RGPH 2008 donnent une population résidente de : 52 332 habitants. Cette population résidente comprend la population de ménages ordinaires et collectifs (M.O.C).
- Sa population résidente estimée au 31/12/2010 est de 57 100 Habitants et cette dernière est en majorité agglomérée (agglomérations chef lieu de communes), soit 59% de la population totale de la wilaya. Les chefs lieu des communes d' Illizi (CLW) et Djanet comptent une population de 23 116 habitants, soit 40.48 % de la population totale de la wilaya.

III . Cadre géologique régional :

Le bassin d' Illizi fait partie de la synclise Est Algérienne . La série stratigraphique comprend des terrains d'âge Paléozoïque qui affleurent dans sa partie méridionale et d'âge Mésozoïque à Cénozoïque qui affleure dans sa partie septentrionale (Figure I 01).

Tectoniquement, les accidents qui ont affecté ce bassin présentent des directions méridiennes, d'orientation NE-SW et NW-SE. Les principaux éléments structuraux qui caractérisent le bassin d' Illizi sont :

- Le môle d' Ahara au Nord de direction E-W.
- La voûte de Tin-Fouye, dans la partie Nord Ouest.
- Le môle de la Tihamboka à l'Est.

D' une manière générale la dépression centrale d' Illizi s' individualise entre le môle d' Amguid el Biod à l' Ouest et le môle de la Tihamboka à l' Est (Figure I 02).

IV . Cadre géologique local:

La géologie de la wilaya d'Illizi se présente sous deux grandes unités distinctes du point de vue litho stratigraphique, à savoir :

IV.1.Le socle cristallin :

Le socle cristallin d'âge Précambrien qui affleure à Djanet et Bordj Omar Driss. Celui-ci se subdivise en deux grandes séries métamorphiques séparées par une importante discordance. Il s'agit de :

- Suggarien : Schiste très métamorphosé.
- Pharusien : Conglomérats, quartzites, schistes et méca-shistes.

IV.2.La couverture sédimentaire :

Cette couverture est représentée essentiellement du bas en haut par : le paléozoïque (le Combro-Ordovicien, le Silurien, le Dévonien et le Carbonifère) et le mésozoïque (le Trias, le Jurassique et le Crétacé). Dans les régions d'In Aménas et Stah, l'ensemble (Jurasso-Triasique) est appelé série de Zarzaitine, tandis qu'à Ohanet et Stah, (le Malm, le Barrémien et l'Albien) sont groupés sous le nom de la série de Taouratine. Par ailleurs, les deux séries forment localement ce qu'on appelle le Continental Intercalaire.

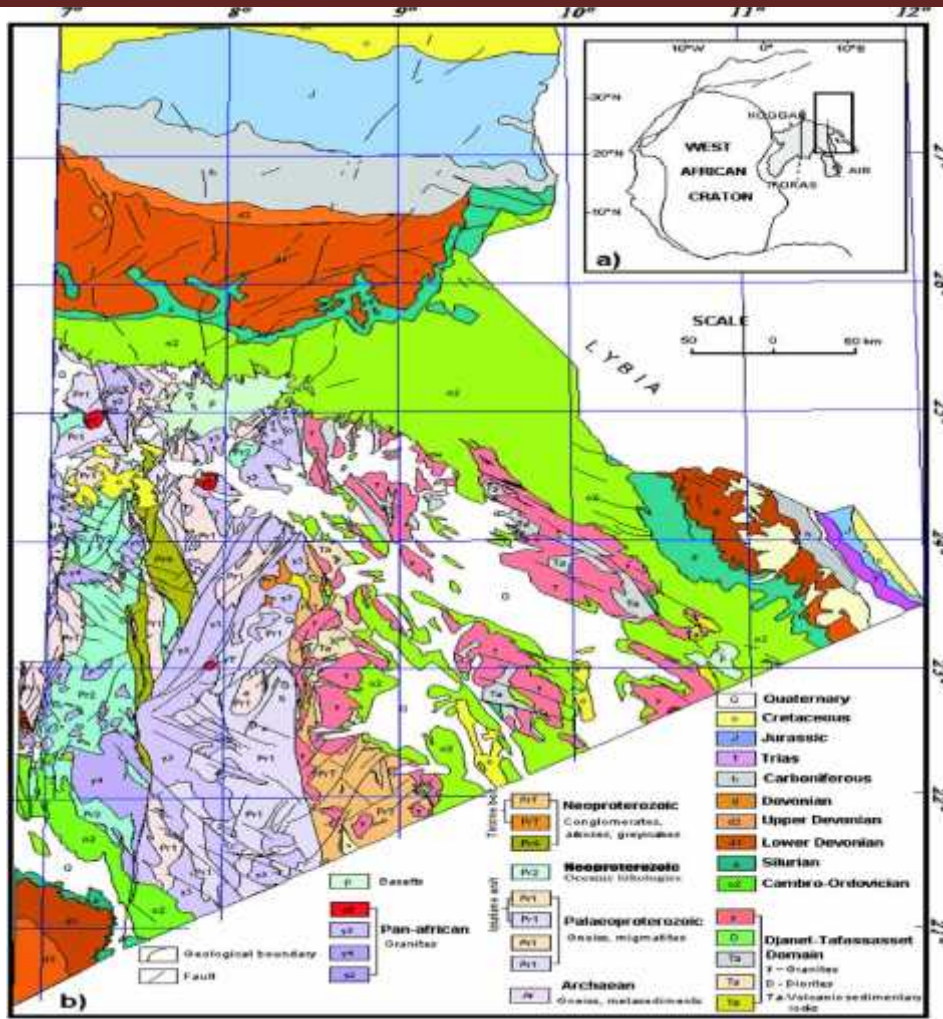


Figure I. 01 : Carte géologique du bassin d'Illizi(Bourmas , 2003).

V: Lithostratigraphie du bassin d'ILLIZI :

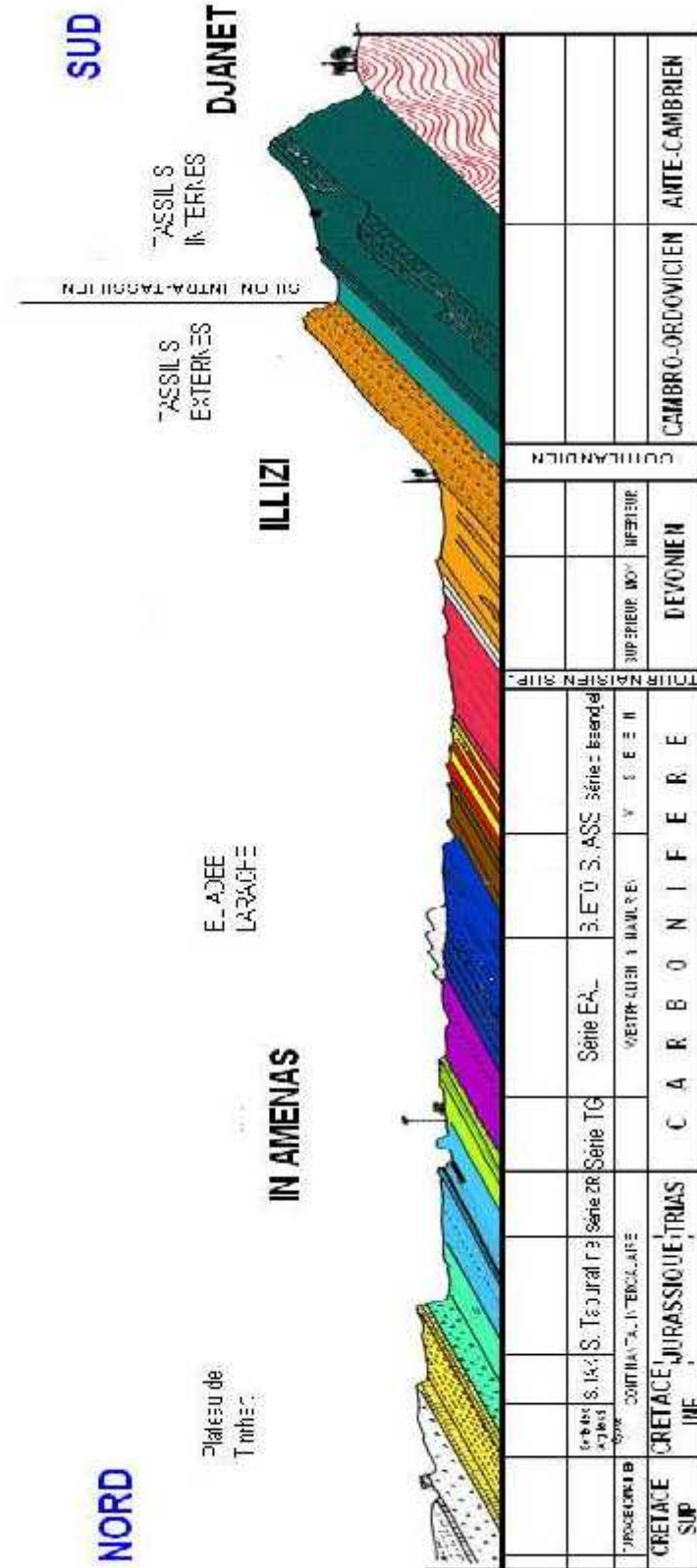
La couverture sédimentaire du bassin d'Illizi repose en discordance majeure sur la surface Infra-tassilienne qui nivelle un socle plissé constitué de roches sédimentaires métamorphiques, cristallophylliennes et volcanique (Figure I 02).

La coupe lithologique type du bassin d'Illizi est constituée d'une série sédimentaire globalement détritique allant du Cambrien au Paléogène dans laquelle les terrains Paléozoïques occupent les deux tiers de l'épaisseur totale de la série. La lithostratigraphie des séries Paléozoïques Tassilienne a été établie grâce aux études réalisées sur les affleurements par Beuf et Al, (1963, 1971), Dubois (1967) et Biju - Duval et Al (1968).

Le découpage lithostratigraphique est principalement basé sur une description morphologique des séries sédimentaires (Figure I 03).

La série stratigraphique type du bassin d'Illizi épaisse de plus de 3 000 m est la suivante :

Figure I 02 : Coupe géologique de bassin d'Illizi. (Sonatrach /exploration).



V.1. Le Cambrien :

Il est constitué par une succession de formation détritiques, essentiellement gréseuse.

➤ **L'unité I:**(conglomérats d'EI Moungar) épaisse de 300m, est principalement formée de lentilles de grès conglomératiques, c'est une série très localisée et représente les derniers termes de démantèlement de la chaîne panafricaine.

➤ **L'unité II:** sa puissance est de l'ordre de 200 à 300m. Les dépôts de base sont essentiellement des grès moyens à grossiers à stratifications obliques avec quelques graviers et galets de quartz. La partie supérieure de cette unité est représentée par des grès fins à ciment siliceux et épaisse de plusieurs mètres avec des intercalations de minces bancs argilo-silteux ; Ces bancs montrent des traces de bioturbation (Tigillites). L'âge présumé de cette unité est Cambrien.

V.2. Ordovicien :

A l'échelle du bassin d'Illizi, l'Ordovicien est subdivisé en quatre unités.

➤ **L'unité III-1:** son épaisseur est variable, d'âge Trémadoc, elle est représentée par une alternance de grès fins à stratification oblique et de galets d'argile avec des intercalations de niveaux silteux. Elle contient des traces de bioturbations essentiellement des Tigillites.

➤ **L'unité III-2:** elle est formée essentiellement de grès fins à grossiers à ciment siliceux. Le développement du ciment peut donner naissance à de véritables quartzites, avec la présence fréquente de joints stylolitiques et de Tigillites. Ce dépôt s'est effectué dans un milieu marin de faible profondeur.

➤ **L'unité III-3:** son épaisseur peut atteindre 40 à 200 mètres en moyenne constituée de grès micacés fins à ciment argileux ou siliceux à Scolithos alternant avec de rares passées d'argilite ; Cette série passe vers le sommet à des grès grossiers à fins à Scolithos et à stratifications obliques qui s'enrichit en argile vers le sommet.

1. **L'unité IV:** son épaisseur est de 100 à 300 mètres en moyenne. Elle est composée de grès et d'argile d'origine glaciaire. Cette formation repose en discordance sur l'unité III-3 elle comprend

2. **L'unité IV-2** qui est une série de comblement des paléotopographies façonnées par l'avancement des glaciers est constituée de dépôts variés.

3. L'unité IV-3 appelée dalle terminale est essentiellement gréseuse.

V.3.Le Silurien :

Le Silurien est composé de bas en haut par les formations suivantes :

- ✓ Formation de l'Oued Imirhou formée d'argiles à graptolites d'une épaisseur moyenne de l'ordre de 300 m avec de rares intercalations silteuses ; caractérisée par une série condensée appelée argiles radioactives très fossilifère et très riche en matière organique d'une épaisseur de plus de 30 m.
- ✓ Zone de passage (unité M) formant le réservoir basal du F6 épais d'environ 100m. Cette unité est constituée d'alternance de grés, d'argile et de silt ; les grés sont fins à moyens à stratifications obliques.
- ✓ Barre inférieure (unité A) du réservoir F6 ; il s'agit de grés fins à moyens à stratifications obliques d'une épaisseur moyenne de 30 m.
- ✓ Talus à Tigillites (unité B) du réservoir F6 ; son épaisseur varie de 40 à 50 m. Cette unité est formée d'alternances d'argiles silteuses et de grés fins argileux associés à des terriers. Les argiles à graptolites s'étendent globalement à l'échelle de toute la plateforme saharienne et fournissent l'une des plus importantes roches mères.

V.4.Le Dévonien :

A l'échelle du bassin d'Illizi il est représenté en général par le Dévonien inférieur d'une puissance de l'ordre de plus de 200 m et sa stratigraphie est comme suit :

- ✓ La barre moyenne (unité C1) au réservoir F6 d'âge Géddinien, présente une épaisseur d'environ 50 m. Elle est constituée de grés fins à grossiers à stratifications obliques à entrecroisées.
- ✓ Les trottoirs (unité C2) du réservoir F6 d'âge Géddinien, son épaisseur varie entre 20 et 30 m. Elle est représentée par des alternances de grés et d'argile silteuses soulignant un environnement fluvio estuarien.
- ✓ La barre supérieure (unité C3) ; d'âge Siégénien, elle est essentiellement gréseuse, son épaisseur varie de 80 à 100m. Elle est assez caractéristique sur le gamma ray, sa configuration est cylindrique.

Le Dévonien moyen et supérieur qui correspondent aux séries de Tin-Meras et de Gara Mas Melouki ne sont représentés d'une manière générale que par le réservoir F2 appelée formation d'Irheme d'âge Strunien. Ce sont de grés fins à moyens passant latéralement à des silts et des argiles de l'ordre 40 à 70 m.

V.5.Le Carbonifère :

Dans le bassin d'Ilizi le Carbonifère est représenté par une épaisse formation argilo-gréseuse (de 100m environ) qui renferme des roches carbonatées et se termine par des sédiments continentaux. Cette série englobe :

- Le Tournaisien argilo-gréseux.
- Le Viséen argilo-gréseux caractérisé par l'existence des deux chenaux régionaux.
- Le Westphalien représenté à la base par un chenal et une série argilo-calcaire avec une zone à gypse, des dolomies et des bancs oolitiques.
- La série de Tiguentourine, constituée par des argiles rouges à gypse.

V.6.Le Trias :

Localement, le Trias est représenté par une alternance de grès argileux et des argiles; le tout est surmonté par des formations carbonatées.

V.7. Le Jurassique :

Le Jurassique est représenté essentiellement par des argiles sableuses avec des passées de sables et de calcaire dolomitique.

N.B : Dans les régions d'In Aménas et Stah, l'ensemble Jurasso-Triasique est appelé série de zarzaitine

V.8. Le Malm :

C'est le terme de passage au créacé. Il est relativement peu épais et il est constitué d'une alternance de sable, de bancs gréseux et des intercalations d'argile.

V.9Le Barrémien :

Il est constitué par des formations détritiques : sables, sables argileux et argiles. Dans la région de Stah, le Barrémien admet une épaisseur de 300m.

V.10.L'Albien :

Essentiellement gréseux et argilo-gréseux, l'Albien est reconnu dans la région de Deb Deb à 600m et dans la région de Ohanet à 300m.

Dans la région d'Ohanet et Stah, le Malm, le Barrémien et l'Albien sont groupés sous le nom de la série de Taouratine. Par ailleurs, les deux séries (zarzaitine et taouratine) forment localement ce qu'on appelle le Continental Intercalaire.

Les études géologiques, faites sur la région, ont mis en évidence, d'une part, que les formations du C.I affleurent bel et bien suivant une bande relativement large, orientée est-ouest, au sud du plateau de Tinhert. D'autre part, la limite naturelle du C.I est marquée par la discordance hercynienne. Cette limite se prolonge selon un axe passant à 50km au sud de B.O.D et à 30km au sud d'In Aménas.

V.11.Le Cénomanién :

Venants en transgression sur les formations continentales de l'Albien, les dépôts marins du Cénomanién sont représentés par une puissante série sous forme d'empilement d'argiles, de gros bancs de gypse et/ou d'anhydrite. Localement, la série admet une épaisseur de 100 à 300m.

V.12.Le Turonien :

Le Turonien est pratiquement carbonaté: calcaires et calcaires dolomitiques en bancs massifs. Il affleure dans la région de Ohanet.

V.13.Le Sénonien :

Témoignant d'un régime tantôt marin tantôt lagunaire, les sédiments du Sénonien sont essentiellement des calcaires et des dolomies au dessus desquels reposent en alternance des argiles rouges, du gypse, des anhydrites et parfois du sel gemme massif.

V.14.L'Eocène :

L'Eocène est constitué principalement par des calcaires dolomitiques. Il est relativement moins épais : 50 à 100m.

V.15.Le Mio-Pliocène :

Le Mio-Pliocène est reconnu dans le nord-ouest de la wilaya

(Région de Rhourd Nouss) par des forages pétroliers et hydrauliques. Il se présente en un ensemble détritique composé par sables siliceux et des passages d'argiles et de grès.

Les formations Mio-Pliocènes tendent à s'amincir vers le sud et le sud-est de Rhourd Nouss, pour disparaître complètement sur le plateau de Tinhert.

Le Turonien, le Sénonien, l'Eocène et le Mio-Pliocène sont groupés sous le nom du système du Complexe Terminal.

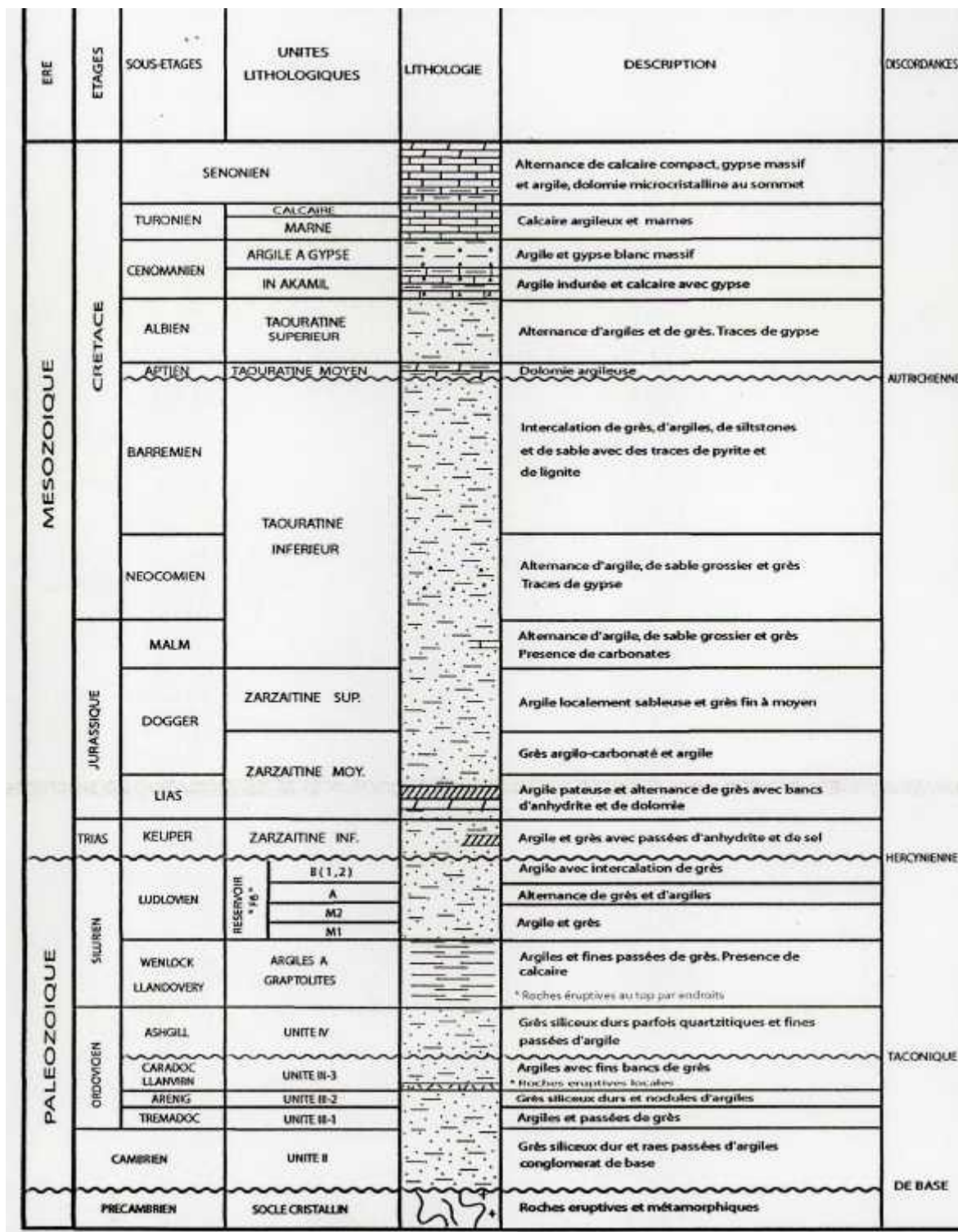


Figure I 03 : colonne lithologique du bassin d'Illizi (Sonatrach /exploration).

VI. Aperçu paléogéographique :

Les affleurements, les études des carottes et les nombreux travaux réalisés sur la plate forme saharienne nous permettent de donner un aperçu sur le milieu et la paléogéographie de la région d'étude :

VI.1.Au Cambrien : les dépôts sont attribués à un milieu fluvial en tresses ayant permis la mise en place d'épandages sableux sur la surface infratassilienne.

VI.2.A l'Ordovicien : Le milieu est marin, car la transgression Trémadocienne, dure jusqu'au Caradoc. A la fin de cette période il y a installation de la calotte glaciaire.

VI.3.Au Silurien : après la fonte des glaciers, une transgression glacio-eustatique diachrone précoce vers le Sud-Est et tardive vers le Nord-Ouest a marqué cette période du Paléozoïque.

La fin du Silurien est marquée par les mouvements épirogéniques calédoniens qui ont conduits à l'émergence de vastes régions dont l'érosion constitue la source d'apport des séries détritiques du Dévonien inférieur.

VI.4.Le Dévonien inférieur gréseux : il est rattaché à un réseau fluvial méandrique.

VI.5.Le Dévonien inférieur argileux gréseux (Emsien) : marqué par le début d'une transgression marine qui se poursuit jusqu'au Dévonien supérieur.

VI.6.Au Dévonien moyen et supérieur : la sédimentation est essentiellement argileuse à intercalations de niveaux carbonates fossilifères témoignant l'installation d'un milieu marin à la fin du Dévonien.

VI.7.Au Carbonifère : dès le début du Tournaisien, une sédimentation argilo-sableuse entrecoupée de niveaux d'oolithes ferrugineux indique une régression marine et l'installation d'un milieu de transition.

VI.8.Au Mésozoïque : les sédiments rattachés à cet ensemble sont de type continental à lagunaire. L'installation respective d'un milieu continental puis lagunaire s'est manifestée durant tout le Mésozoïque.

VI.9.Le Cénozoïque : marqué par la reprise d'une sédimentation détritique témoignant d'une régression généralisée sur toute la plate forme saharienne.

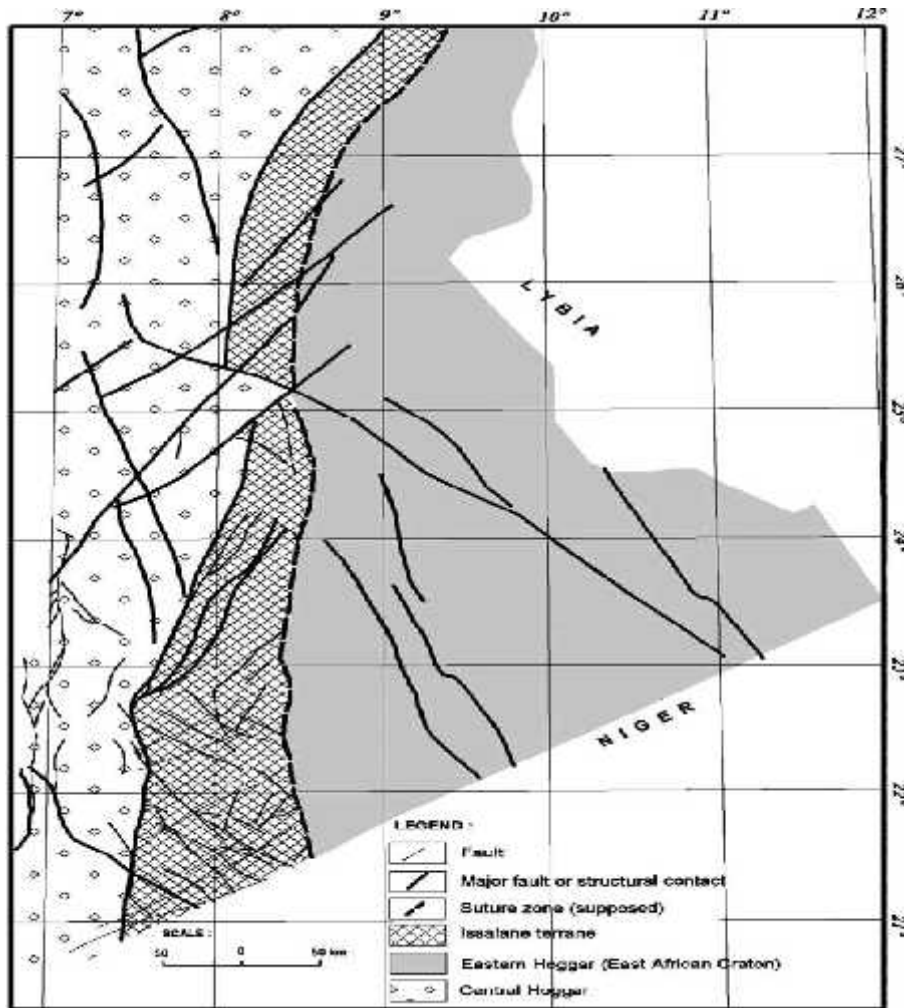
VII : Structure et Tectonique du bassin :

Le bassin d'Illizi ne représente qu'une entité de la plate forme saharienne. Il se range dans la catégorie des bassins intracratoniques stables de type synclise qui se sont formés dans la partie Nord du

Gondwana, et comprenant d'Est en Ouest : les bassins de Kufra et de Murzuk (Libye), du Mouydir, de l'Ahnet, de Sbaa, de Reggane et de Tindouf (Algérie). L'image structurale actuelle est reliée aux

différentes phases tectoniques ayant affecté la région depuis le Cambrien jusqu'au Quaternaire. L'individualisation du bassin s'est faite à la fin du Silurien et au cours du Dévonien inférieur.

Le bassin d'Illizi est traversé par des accidents subméridiens pour la plupart panafricains (600 Ma). Au Nord, cette région est recouverte par le plateau Crétacé supérieur de Tihert. A son extrême sud, les formations paléozoïques offrent des affleurements d'une qualité exceptionnelle sur la bordure septentrionale du Hoggar. (Figure I 4).



.Figure I 04: Carte structurale de l orientale Hoggar a partir de données aero-magneetique (Bournas ,2003)

VII .1 : Les principaux éléments structuraux du bassin d'Illizi :

Le bassin d'Illizi est constitué d'éléments géotectoniques à grand rayon de courbure (bombement de Tin Fouyé, haut fond de Tihamboka, Monoclinal d'Illizi), il est divisé en une succession de dépressions ou de sillons par une série d'axes majeurs qui sont d'Ouest en Est :

- ✓ L'axe d'Amguid El Biod qui forme la bordure occidentale du bassin et qui le sépare du bassin de Mouydir à l'Est.
- ✓ L'axe de Tan Elak.
- ✓ L'axe d'Essaoui Méllene.
- ✓ L'axe passant par Maouar Tin Tayart.
- ✓ L'axe de Fadnoun.
- ✓ L'axe de la Tihamboka.

Les directions de tous ces axes sont proches de la direction N-S. Ils sont accompagnés de failles importantes dues au rejet de failles profondes du socle. Celles-ci sont le prolongement des accidents panafricains qui affectent le socle du Hoggar sur des centaines de kilomètres et qui le divisent en plusieurs compartiments. Ces failles majeures accompagnées de faisceaux de failles secondaires, ont rejoué au cours des temps géologiques lors des phases tectoniques successives en affectant la couverture sédimentaire du bassin.

En fonction des directions des failles et de celles des contraintes tectoniques, il y a eu des phases de compression, de distension et de décrochement. La plupart des structures anticlinales de la région sont en relation avec des failles. Un examen rapide du schéma structural du bassin montre l'individualisation structurale de trois régions en raison des orientations majeures des accidents, de leur densité et de leur continuité :

- ✓ A l'ouest, la région **d'Amguid El Biod** comprise entre les dépressions Oued Miya - Mouydir (sa bordure Ouest) et le trend englobant le périclinal de Tin Tayart, les anticlinaux de Elssaouane (Est et Ouest) et celui de Maouar.
- ✓ Au centre, le bassin **d'Illizi** proprement dit (nettement moins structuré) où se trouve l'ancien môle d'Ahara orienté approximativement E.W, celui-ci est compris entre le trend précédent et la grande zone d'accidents correspondant au trend de Fadnoun.

A l'Est, le môle de **Tihamboka** s'étendant entre le trend du Fadnoun et la frontière Algéro-Libyenne (cette région montre un style structural différent du précédent) il est caractérisé par

trois directions de failles :

- Méridienne à subméridienne pour les accidents majeurs.
- NW-SE à WNW-ESE.
- NE.SW pour les accidents secondaires.

C'est dans le contexte particulier de cette région que se place notre zone d'étude puisqu'elle se situe dans le permis In Amenas qui correspond en gros au môle de Tihamboka, Les épaisseurs de toutes les séries paléozoïques diminuent sur sa partie centrale la plus haute.

Du Sud au Nord on a les structures locales de : Dômes à Collenias, Tan Amellel, Edjeleh, Tihalatine et Zarzaïtine (Figure I 05).

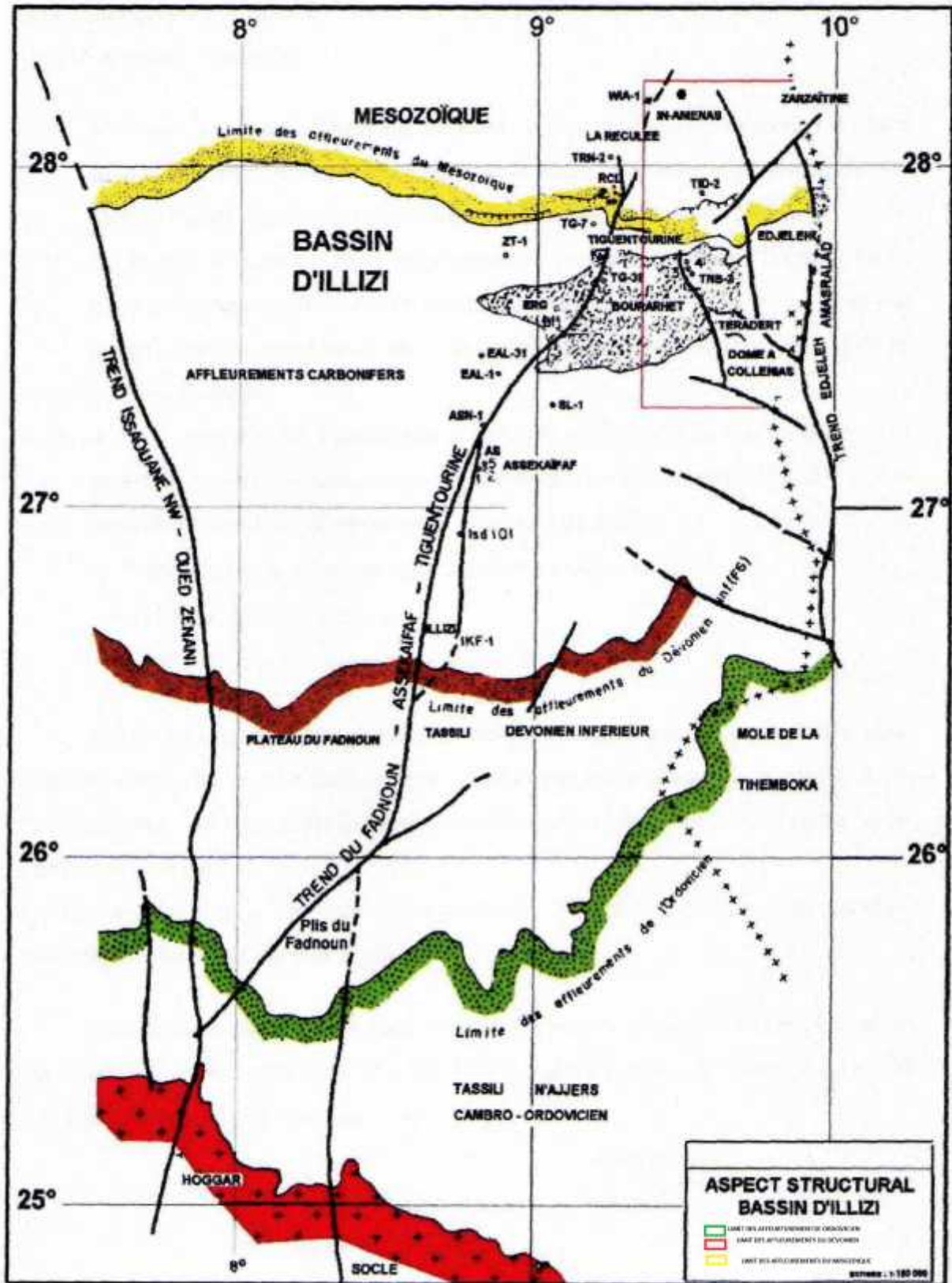


Figure I 05 : Schéma structural du bassin d'illizi.

(Sonatrach /exploration).







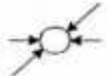


VII . 2 : Evolution géodynamique du bassin d'Ilizi :

Les principaux événements tectoniques qui ont affecté le bassin d'Ilizi se sont déroulés :

- ✓ Du Précambrien terminal-Cambrien inférieur : événement panafricain.
- ✓ A l'Ordovicien supérieur : phase taconique du Silurien supérieur.
- ✓ Au Dévonien inférieur : phase calédonienne.
- ✓ Au Dévonien supérieur : phase frasinienne.
- ✓ Au Carbonifère - Permien : phase hercynienne.
- ✓ Au Crétacé inférieur (Aptien) : phase autrichienne.
- ✓ Au Tertiaire (Eocène a' Oligocène : phase pyrenienne. (voir tableau 01).

Ces différentes phases tectoniques, (compressives et distensives) se traduisent sur la sédimentation du bassin par des discordances ou des discontinuités sédimentaires. (Aiouna A., 1995; Aliev et al. 1971 ; Boudjemaa A., 1987; Echikh K., 1998 ; Skender M.S. et Arab M., 1996, Becipe 1975, H.Boumaghar 1998).

Tableau I 01 : phases tectoniques majeures. (D'après Boujemaa ; 1987).

PERIODE MAX D'ACTIVITE	DIRECTION DE LA CONTRAINTE	EFFET SUR LE SYSTEM FAILLES	EFFET SUR LA SEDIMENTATION
PANAFRICAINE	E-W 	Tectonique cassante créant des failles et des fractures conjuguées NW-SE & NE-SW.	Compartimentage du Craton du Sahara central.
CAMBRO-ORDOVICIENNE	NW-SE 	Mouvement normal le long des failles N-S.	Les variations de l'épaisseur sont contrôlées par la faille. Basculement NW de la plate-forme saharienne volcanisme.
TACONIQUE (Caradoc-Ashgillien)	E-W 	Mouvement inverse le long des failles N-S résultant. Formation des structures N-S.	Soulèvement des boucliers, Reguibat et Touareg.
CALEDONIENNE (Situr-Devonien)	E-W 	Mouvement inverse ou décrochant le long des failles N-S.	<u>Erosion le long des zones hautes d'orientation N-S & E-W (Tihemboka - Ahara).</u>
FRASNIEN	NW-SE 	Mouvement normal le long des failles NE-SW.	<u>Non-dépôt et érosion locale (Mole d'Ahara).</u> Volcanisme.
VISEEN (Hercynienne précoce)	N 40° 	Mouvement inverse ou décrochant le long des failles N-S. Début de formation de la chaîne varisque.	<u>Erosion sur Tihemboka</u> et soulèvement de l'Ouhgarta.
CARBONIFERE SUP A PERMIEN (Hercynienne principale)	N 120° 	Mouvement inverse ou décrochant le long des failles NE-SW (résultat de la formation de la Pangée).	Erosion sur les axes NE-SW.
RIFTING TRIAS-LIAS (Dislocation de la pangée)	NW-SE 	Réactivation des failles NE-SW se terminant au TAGS et S4.	Contrôle de la sédimentation par les failles entraînant une variation rapide d'épaisseur le long des failles NE-SW.
CRETACE INFERIEUR (Autrichienne)	E-W 	Réactivation des décrochements des failles N-S & NE-SW résultant du mouvement différentiel de la plaque européenne et de la plaque africaine.	<u>Erosion des sédiments du Crétacé sous l'Aptien (l'Arche d'El Biod & Illizi).</u> Effet léger sur le bassin de Berkine.
EOCENE (pyrénéenne)	N-S & NW-SE 	Début de chevauchement au nord résultant de la convergence de la plaque européenne. Décrochement de la faille S. Atlas.	
MIOCENE	NW-SE & N-S 	Episode de compression majeur dans le domaine atlasique.	Sédimentation prédominante de flyshs au Nord.
POST-VILLAFRANCHIEN (Alpine)	N-S 	Basculement et inversions de blocs. Période finale de compression dans le domaine atlasique. Evénement majeur de collision.	Soulèvement du Hoggar. Basculement du bloc d'El Borma.

VII . 3.1. : Evénement tectonique anté-hercynien :

VII.3.1.1.La phase panafricaine :

Elle s'est déroulée 600-500 Ma en créant la chaîne panafricaine, par collision du paléocontinent de l'Ahaggar contre le craton Ouest-Africain. La fin de cette phase correspond à une pénéplation de cette chaîne et au début de l'histoire cratonique de la plate-forme saharienne. Le trait structural caractéristique du substratum précambrien est représenté par les grands accidents subméridiens. Ces accidents ont joué à plusieurs reprises durant l'histoire Paléozoïque et Mésozoïque du bassin et contrôlent les éléments structuraux.

❖ Durant le Cambro-Ordovicien, une phase de distension mineure a eu lieu se traduisant par des variations d'épaisseurs et de faciès de part et d'autres d'accidents majeurs du socle.

VII.3.1.2.La phase taconique :

Une importante discordance de ravinement glaciaire sépare la formation d'In Tahouite ou Argilo-gréseux supérieur (**AGS, unité III-3**) du Complexe Terminal dénommé Formation de Tamadjert due à la phase taconique qui s'est produite dans tout le Sahara.

Les effets de cette phase, sont amplifiés par les glaciations fini-ordoviciennes. Ainsi, la discordance taconique suivie de l'érosion glaciaire va façonner les bassins sahariens essentiellement méridionaux.

Dans le bassin d'Illizi, ces phénomènes ont engendré des érosions plus ou moins importantes selon les secteurs. Ces variations on une ampleur d'érosions sont influencée par l'architecture structurale héritée de la phase taconique. Le façonnement de la topographie s'est effectué avant et au cours du dépôt du Complexe Terminal (Unité IV) par des érosions importantes qui ont affecté les séries cambro-ordoviciennes et atteignent souvent le socle.

Dans ces vallées se déposeront les grés de bas niveau marin, surmontés par un niveau transgressif d'argiles micro-conglomératiques, et qui correspondent à l'unité IV-2. L'ensemble est scellé par le dépôt de la dalle terminale (Unité IV-3).

Dans la région d'étude, on reste dans le même système de paléovallée bien connue ailleurs, notamment au Sud-Est du bassin d'Illizi, la différence réside peut être dans l'étendue de ces dépressions, beaucoup plus larges et aussi moins complexes dans le détail.

En subsurface, l'effet de la structuration taconique, ne peut être mis en évidence que par l'observation en sondage des dénivelées structurales dans les formations sous-jacentes. Dans la région d'étude, et à

défaut d'informations sismiques suffisamment précises provenant d'horizons situés sous le toit de l'Ordovicien (réflecteurs à l'intérieur de la séquence ordovicienne); la manière d'évaluer le degré de structuration tectonique consiste à considérer les dénivelées structurales visibles au niveau de l'Argilo-gréseux supérieur (AGS, unité III-3).

VII.3.1.3. La phase calédonienne :

Elle se situe entre le Silurien et le Dévonien inférieur, ses manifestations sont observées au niveau du môle d'Ahara et du haut fond de Tihemboka, où cette phase a joué un rôle primordial dans leur mise en place. Des discordances et une importante érosion est observée durant cette période le long de ces zones hautes. C'est durant cette phase que le bassin d'Illizi s'est individualisé. On observe aussi une érosion et une interruption de la sédimentation dévonienne le long de l'axe de Fadnoun.

VII.3.1.4. La phase frasnienne :

Elle est considérée comme une phase calédonienne tardive, elle se traduit par un non dépôt de sédiments et une érosion profonde au niveau du môle d'Ahara (discordance frasnienne).

VII . 3 . 2 : Evénements tectoniques du cycle hercynien :

Deux phases tectoniques majeures ont eu lieu durant le Carbonifère, représentant les mouvements tectoniques hercyniens qui terminent le cycle sédimentaire du Paléozoïque du bassin d'Illizi. Il s'agit de :

VII.3.2.1. La phase N 40° d'âge Viséen (Mouvements hercyniens précoces) :

Cette phase se situerait après le dépôt du Dévonien supérieur et au cours du Viséen. Elle interviendra sur la structuration des séries déposées antérieurement de la façon suivante (Beicip, 1975) :

- Formation d'importantes structures le long d'accidents NW-SE favorables à la direction de compression N040;
- Jeu en décrochement le long des accidents méridiens et possibilité de création de plis d'entraînement dans la couverture.

Elle se traduit également par une érosion partielle des sédiments du Tournaisien-Viséen inférieur dans certaines structures locales du haut fond de Tihemboka.

VII.3.2.2. La phase N 120° d'âge Permien (Mouvement hercynien majeur) :

La phase hercynienne dont les effets structuraux sont les plus accusés résulte d'une compression régionale orientée N120 (Résultats structuraux, Beicip, 1975). Les structures induites par cette phase, résultent d'un raccourcissement soit par compression soit par jeu en inverse le long des failles orientées elles même NE-SW.

La mise en place de telles structures se fait à la faveur d'une phase de serrage post-Carbonifère orientée NE-SW. Son influence sur les séries paléozoïques sera :

- Maximum sur les failles NE-SW, avec formation de plis de la famille des structures d'Assekaïfaf.
- Relativement importante sur les grands accidents méridiens surtout si ceux-ci sont légèrement obliques vers le NE; le mouvement le long de ces failles pourra être à l'origine de grande structures NS.

Lors de cette phase hercynienne majeure, les grands accidents NNW-SSE qui parcourent la région d'étude ont joué en décrochement sénestre. Et, mis à part quelques plis d'entraînement dans la couverture, on ne peut prévoir une structuration intense le long de ces failles.

Par contre, l'association dans une zone d'intersection d'un accident subméridien avec un accident orienté SW-NE aurait pu jouer un rôle favorable. Le jeu en faille inverse de l'accident SW-NE et la création d'une structure associée sera favorisée par le mouvement en décrochement sur l'accident subméridien.

VIII. Conclusion :

L'intérêt de cette carte pour les hydrogéologues est capital puisque les cartes structural disponible donne une idée sur les structures profonde par contre le résultat de ces travaux vise la tranche comprise entre 0 et 1000 m de profondeur ce qui correspond au limite des aquifère présent dans la région.

L'absence de données sur la distribution des débits et sur l'hydrochimie des nappes rend la mise en relation entre le coté structural et l'hydrodynamisme des nappes délicate.

L'intérêt de ces travaux sera valorisé a long termes après la constitution d'une base de données complète et qui englobe toute la région d'Illizi.

I. Introduction :

La région d'Illizi est située dans une région appartenant à l'étage bioclimatique saharien désertique chaud .D'après les données climatiques de la station d'Illizi. Ces données indiquent que le climat est rigoureux et caractérisé par l'écart de températures entre le jour et la nuit essentiellement durant la période allant d'Octobre à Avril.

Cette sévérité du climat et en plus de la pluviosité quasi négligeable pendant l'année ajoutée en plus au relief très varié, entraîne des répercussions sur la biodiversité du milieu. Il y a lieu de relever quelques particularités :

II. La Température :

La température est un facteur qui important quand il est en interaction avec d'autres facteurs climatiques. C'est un facteur qui détermine le climat d'une région. Pour notre étude, il existe deux périodes distinctes allant de Novembre à Mars Avril pour la période froide et de Juin à Septembre pour la saison chaude. (Tableau II 01).

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
T°C _{max}	38.2	29.7	25.8	20	19.3	21.7	24.5	29.6	35.6	40	40.1	40
T°C _{min}	32.7	15.4	10.2	4.58	6.02	5.32	9.96	14.3	20.2	24.5	23.8	24.7
T°C _{moy}	35.45	22.55	18	12.29	12.66	13.51	17.23	21.95	27.9	32.25	31.95	32.35

Tableau II 01 : Moyennes mensuelles (La station météorologique d'Illizi (1990_1999).)

La température minimale est de 4°C tandis que la température maximale est de + 29°C. Les nuits sont glaciales (froid sec) et les jours sont chauds avec des vents de sable particulièrement durant la période Février-Mars. le reste de l'année, c'est-à-dire de Mai à Septembre, c'est la période des grandes chaleurs avec une moyenne de température de +41°C et des pics allant jusqu'à +47°C. (Figure II 01).

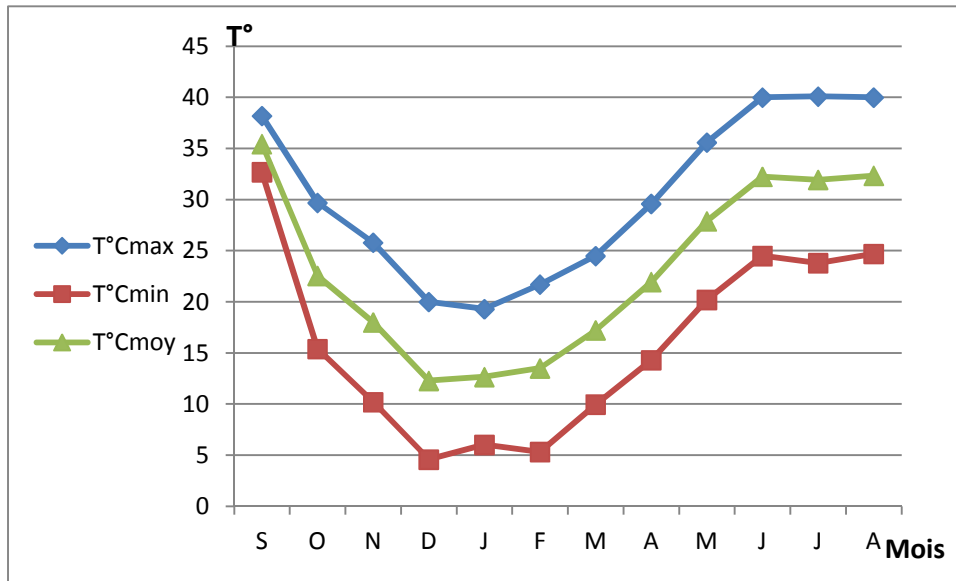


Figure II 01: Températures (moyennes, minimales, maximales) mensuelles (1990_1999).

III . Evaporation :

On dispose d’une série d’évaporation mensuelles qui englobe la période (1990_1999) voir (Tableau II 02).

Tableau II 02 : Moyennes mensuelles de l’évaporation (1990_1999). (La station météorologique d’Illizi)

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Evap(mm)	544.6	392.2	281.2	222.4	195.6	236.4	290.2	387.8	537.8	590.6	646.6	595.2

L’évaporation permet le retour de l’eau à l’atmosphère sous forme de vapeur, elle dépend d’autres facteurs climatiques. Elle est très importante dans cette région et on distingue deux périodes :(Figure II 02)

- En été, de Mai à Septembre avec un maximum de 646.6mm au mois de Juillet.
- En hiver et pendant la période froide, d’Octobre à Avril avec un minimum de 195.6mm pour le mois de janvier.

Taux d’évaporation au plan d’eau libre est de : 4820.6mm/an.

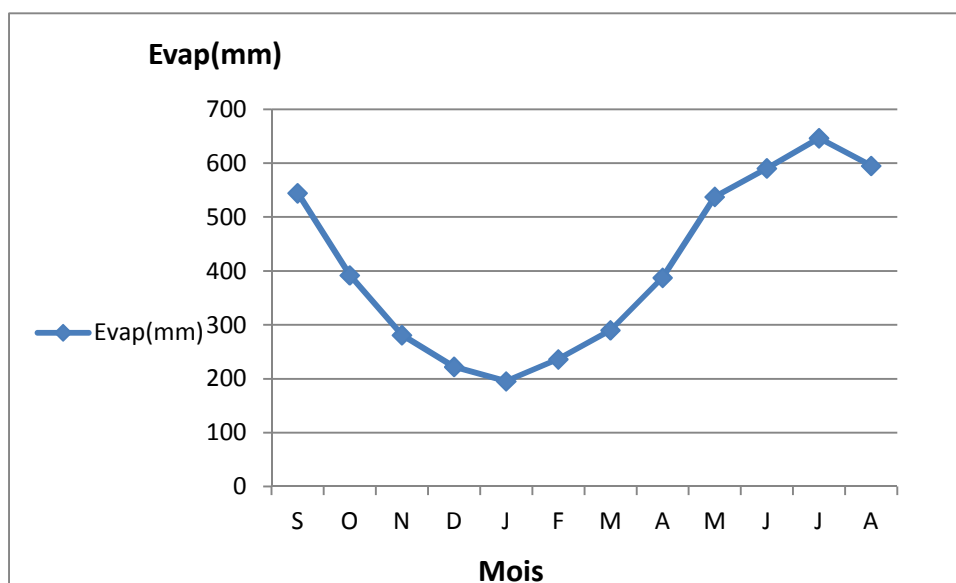


Figure II 02: Moyennes mensuelles de l'évaporation (1990_1999)

IV. Précipitation :

Tableau II 03 : Moyennes mensuelles de la pluviométrie (1990_199). (La station d'Illizi)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
P _{mm}	10.6	1.7	22.9	19.1	7.7	13.2	13.6	4.1	13.1	13.5	0	0	119.5

On dispose d'une série d'observations mensuelles qui englobe la période (1990_1999) tableau n=04.et(Figure II 03)

Elles sont faibles et irrégulières sur toutes les saisons, et la sécheresse prédomine. Sur des données récoltées sur 30 années, Les précipitations moyennes sont de respectivement 4.8mm pour la saison froide et moins de 1mm pendant la saison chaude (Juillet, Aout). Exceptionnellement, la région a connu quelques pluies importantes et averses torrentielles en 1976 (156.8mm), en 1994(66.8mm) :

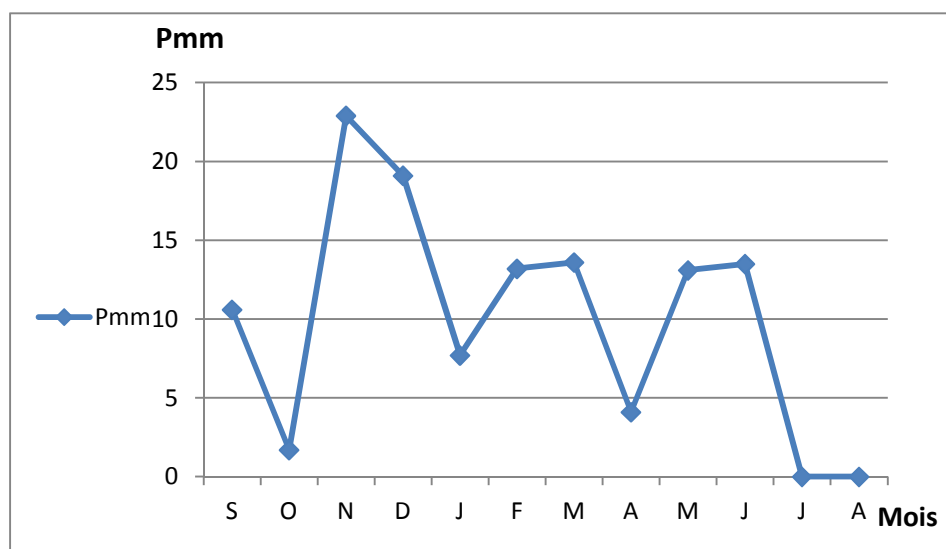


Figure II 03: Précipitation moyennes mensuelles (1990_1999).

V . L'écoulement :

Les pluies de forte intensité tombant sur la région provoquent des écoulements sur les reliefs engendrant des crues plus ou moins importantes soumissent la région a d'important écoulements et parfois particulièrement violents, occasionnant d'importants dégâts lors de leur passage.

VI. Les vents :

Tableau II 04 : la vitesse du vent (minimales, maximales) mensuelles (1990_1999).

(La station météorologique d' Illizi)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
V _{min} (m/s)	1.7	1.5	1.6	1.9	1.9	2.1	2.3	2.3	2.4	2.4	1.5	2.2
V _{mqn} (m/s)	3.7	4.5	3.1	2.6	3.8	3.4	4.8	5.2	5.2	4.6	4.6	4.2

Les vents sont très variables et les vitesses moyennes sont inférieures à 5m/s. Les vents calmes représentent 15% .les vents dominants sont orientés Nord-Est .Ces vents sont souvent chargés de particules agressives (dépôts) qui exercent une érosion caractéristiques des régions désertiques sahariennes. Les vents violents de type sirocco (Nord, Sud et Est) se situent généralement en

période sèche avec un gradient de 10m/s en moyenne. Pendant la période froide ou humide, c'est la prédominance des vents calmes de direction Ouest et Nord-Ouest.

Les autres phénomènes associés aux vents sont les tempêtes de sable qui sont des particules soulevées par les vents forts et transportées très loin au Nord et au Sud et occasionnant une diminution de la visibilité et rendant l'air irrespirable et en paralysant les activités notamment le transport terrestre et aérien. L'autre phénomène s'appelle la brume de sable qui attend 6 jours en moyenne par an et la chasse de sable avec une moyenne de 4 jours par an. Le tableau n°05 représente les moyennes mensuelles de la vitesse du vent durant la période (1990_1999). La période de la plus venteuse est Mars /Juin avec une vitesse de 4-5m/s. (figure II 04)

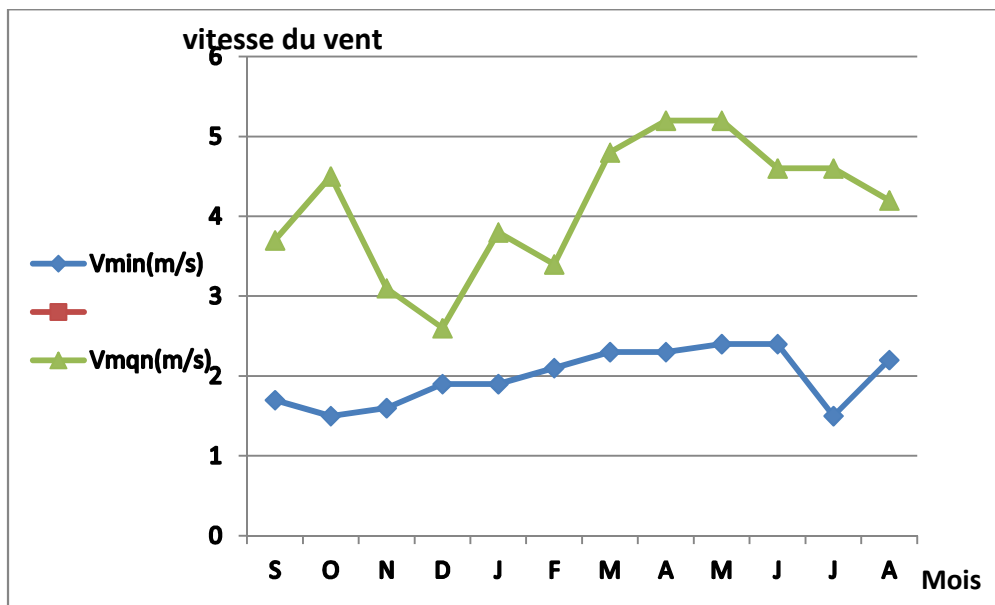


Figure II 04 : La vitesse du vent (minimales, maximales) mensuelles (1990_1999).

VII . Insolation :

Tableau II 05 : Valeurs Moyennes mensuelles de l’insolation (1990-1999). (La station météorologique d’Illizi)

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Ens :h	265	302	275	230	265	264	273	274	266	302	366	345

En moyenne, elle dure 10 heures par jour et varie naturellement selon les saisons et chaude, mais reste très élevée pendant l’année. L’insolation moyenne journalière est de : 8-9 heures en hiver et 10-12 heures en été. Le tableau suivant (n°06) représente les moyennes mensuelles de l’insolation durant la période (1990-1999). (Figure 10)

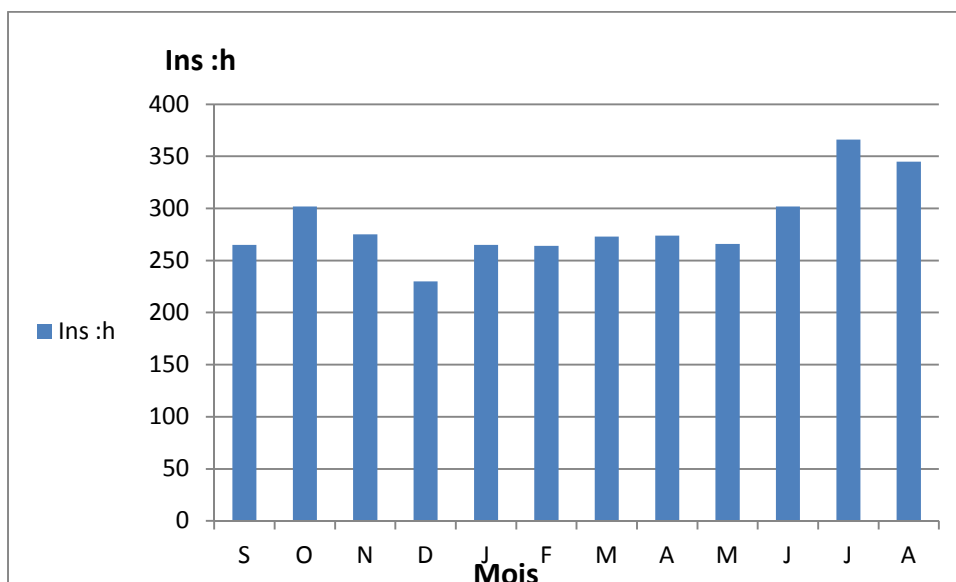


Figure II 5: Valeurs moyennes mensuelles de l’insolation (1990_1999).

VIII . La couverture végétale :

Les conditions naturelles (structure du sol, climat aride, faiblesse des eaux de surfaces) ne permettent pas l'existence d'une couverture végétale importante à l'exception des oueds et aux alentours des gueltas.

IX. Conclusion :

La wilaya d'Ilizi est caractérisée par un climat typiquement saharien avec un été sec et chaud et un hiver relativement sec et doux. Les températures élevées pendant la saison estivale peuvent atteindre les 45°C en moyenne avec d'importants écarts journaliers et des températures relativement basses en dessous de 10°C en hiver. Les précipitations sont très rares : elles ne dépassent guère les 50 mm/an en moyenne. Les vents sont abondants et deviennent plus fréquents et plus violents pendant la saison printanière

I.Introduction :

Les nombreuses études hydrogéologiques montrent que le Sahara renferme d'énormes réserves d'eaux douces souterraines. La région d'étude est caractérisée par une surface très étendue. La wilaya d'Ilizi présente des ressources en eaux souterraines qui diffèrent d'une région à une autre, à savoir :

La partie septentrionale se caractérise par un important réservoir qui est le Continental Intercalaire (région d'In Amenas).

Les parties centrales et méridionales se caractérisent par des nappes locales telles que la nappe d'Inféro-Flux, le Dévonien inférieur, de Cambro-ordovicien et du Carbonifère d'où on distingue plusieurs horizons aquifères à savoir.

II. les différents types des nappes du bassin d'Ilizi:**II.1 La nappe du Cambro-ordovicien :**

Les formations gréseuses Cambro-ordoviciennes du Tassili présentent une très faible porosité, elles sont parcourues par un système de fissuration et de failles. Ces caractéristiques leur facilitent les circulations des eaux, d'où les grès du Tassili présentent une bonne perméabilité. La nappe est exploitée à Djanet par 18 forages (y compris la source de Djanet), d'une profondeur de 140 à 400m avec un débit mobilisé de 10 à 35 l/s.

II.2 La nappe du Dévonien (à Ilizi) :

Reconnue à Ilizi et ses environs, notamment au Nord, par des ouvrages de captages de 250 à 1450m, respectivement dans les régions d'Ilizi et à Adeb Larach. Le niveau statique varie d'une région à l'autre : Il est de quelques centimètres à quelques mètres dans les zones élevées, par contre l'eau est jaillissante au Nord et à l'est d'Ilizi ; les forages sont exploités à des débits variant entre 8 et 32 l/s. Le nombre total de forages inventoriés est de 36 dont 17 sont en service et 12 à l'arrêt.

II.3 : La nappe Carbonifère :

Cette nappe est exploitée à des profondeurs allant de 800 à 1100m dans la région d'In Aménas. Cette nappe à usage industriel (injection), son niveau statique varie entre 200 et 300m,

tandis qu'au Sud-Est de Bordj Omar Driss et d'après un forage réalisé par REPSOL cette nappe ne se trouve qu'à 190m avec un résidu sec de 2.8 mg/l.

II.4 : Le système aquifère du Continental Intercalaire (CI) :

La nappe est captée par 162 forages dont 103, seulement sont exploités à des profondeurs moyennes (400 à 500m) à T.F.T, Ohanet et B.O.D, ou (de 800 à 1200m) à Rhourd Nous et au Nord de Deb Deb. (Figure III 02, Figure III 03).

Les eaux de la nappe sont jaillissantes (pression Tabankort Zemelet Mederba et au Nord de Deb Deb tandis qu'elles sont exploitées par pompage à Tinfouyé, Ohanet, Sud de Deb Deb et Stah.

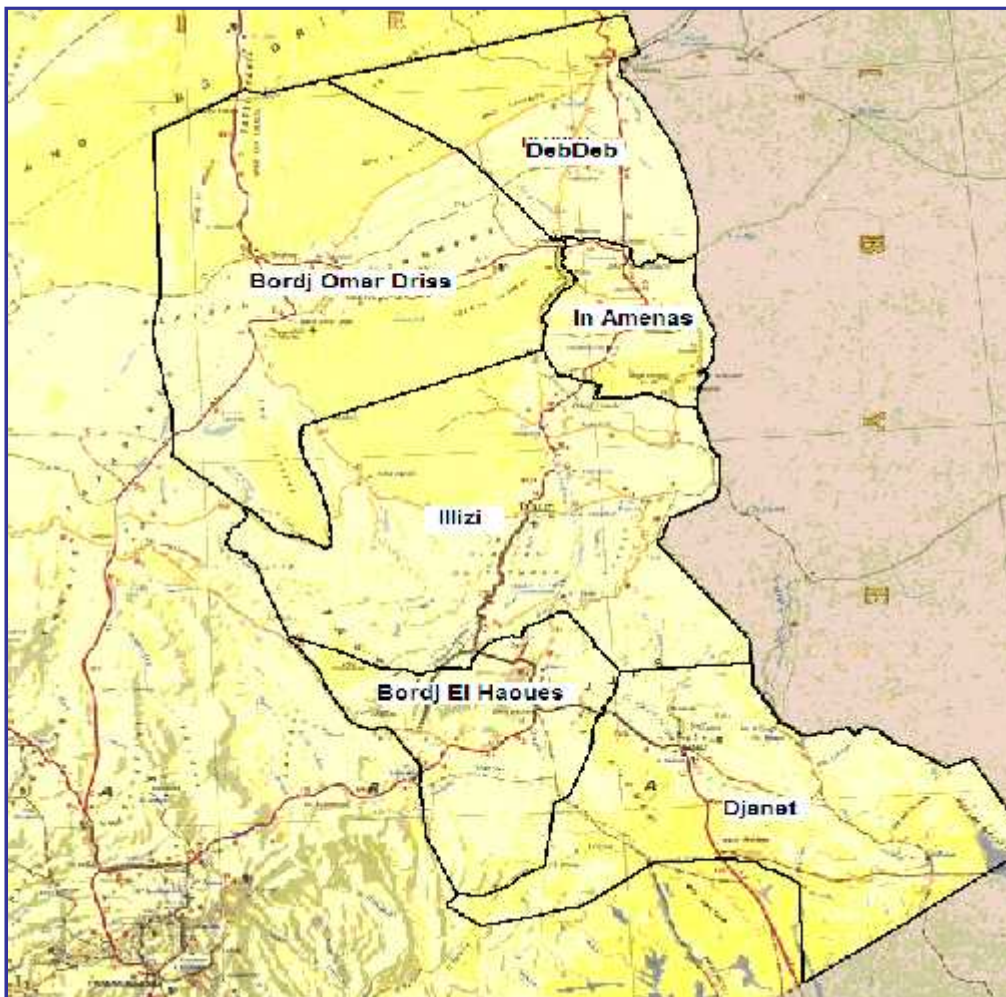


Figure III 02 : Limites administratives de la wilaya d'Ilizi (Doc Sonatrach exploration)

II.5 : Le système aquifère du Complexe Terminal (CT) :

Caractérisé par sa faible profondeur et sa facilité de captage, la nappe du complexe terminal (CT) est très sollicitée pour l'AE.P et l'irrigation. Le nombre total des forages est de 33 tous en service. (figure III 03).

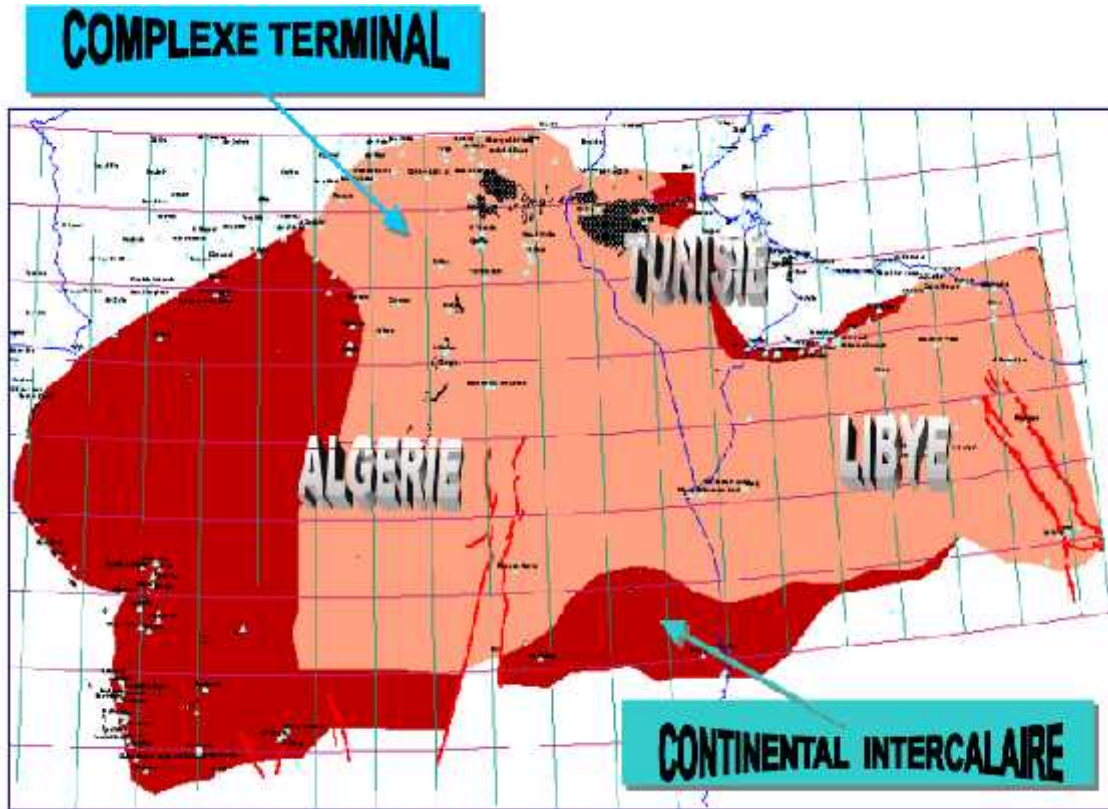


Figure III 03 : position de continental intercalaire et complexe terminal dans le Sahara Nord.

II.5.1 : La nappe du Turonien :

A base de calcaires, cette nappe est localement fissurée. Sa profondeur varie entre 200 à 400m, l'épaisseur moyenne est de l'ordre de 80 m et repose sur un substratum imperméable du Cénomanién anhydritique, le résidu sec est de plus de 6 g/l. On compte 3 forages dont 01 bouché (Fort saint III) et 02 artésiens coulent dans la nature (Fort saint I et Fort Saint II) (figure III 04).



Figure III 04 : Photo du site Fort Saint

Image satellitaire du site Fort Saint

II.5.2 : La nappe des sables du Mio-Pliocène :

Formée d'une alternance de sables et d'argiles et dont sa limite coïncide avec la ligne Nord-Ouest de la wilaya, la nappe du Mio-Pliocène captée entre 160 et 300m est exploitée par pompage à Rhourd Nouss et El Hamra. On compte au total 33 forages. Leur débit varie de 5 à 17 l/s et d'un résidu sec qui oscille entre 1.2 à 2.9 g/l.

II.6 : La nappe d'Inféro-Flux d'Oued Illizi :

Cette nappe entaillé dans les formations du Dévonien moyen est caractérisé par : Une superficie relativement importante, d'une épaisseur moyenne de 25m, avec une profondeur allant de 40 à 50m en moyenne. Son niveau statique varie entre 2 à 10m, alors que son débit oscille entre 2 à 16 l/s. On compte 01 seul forage (Ville d'Illizi).

II.7 : La nappe d'Inféro-Flux de Bordj El Haoues :

L'inventaire a fait ressorti 05 puits à usage mixte (agglomération d'Ahrir) et 02 forages destinés pour l'A.E.P de Bordj El Haoues.

Le débit d'exploitation oscille entre 1 et 6 l/s, l'eau qui est de bonne qualité est caractérisée par un résidu sec variant de 320 à 860 mg/l.

* une synthèse de la répartition locale des principales ressources en eau exploitées à travers la wilaya sont portées dans le tableau 08 et sa superposition (Figure III 06)

Tableau III 01 : les principales ressources en eau exploitées dans la wilaya (ANRH d'Ouargla)

N°	Nom de nappe	Localisation	Profondeur (m)
01	Cambro - Ordovicien	Tin Alkoum, Djanet, Tarat	100-600
02	Dévonien Inférieur	Illizi, Issendjel, Lahdeb Laarach	350-1450
03	Des formations Carbonifères	In Aménas – Ohanet	800-1100
04	Du continental Intercalaire (C.I)	Deb Deb - Bordj Omar Driss	400-1000
05	Du Complexe Terminal (C.T)	Bordj Omar Driss	250-400
06	Inféro - Flux	Les remplissages alluvionnaires des oueds	15-70

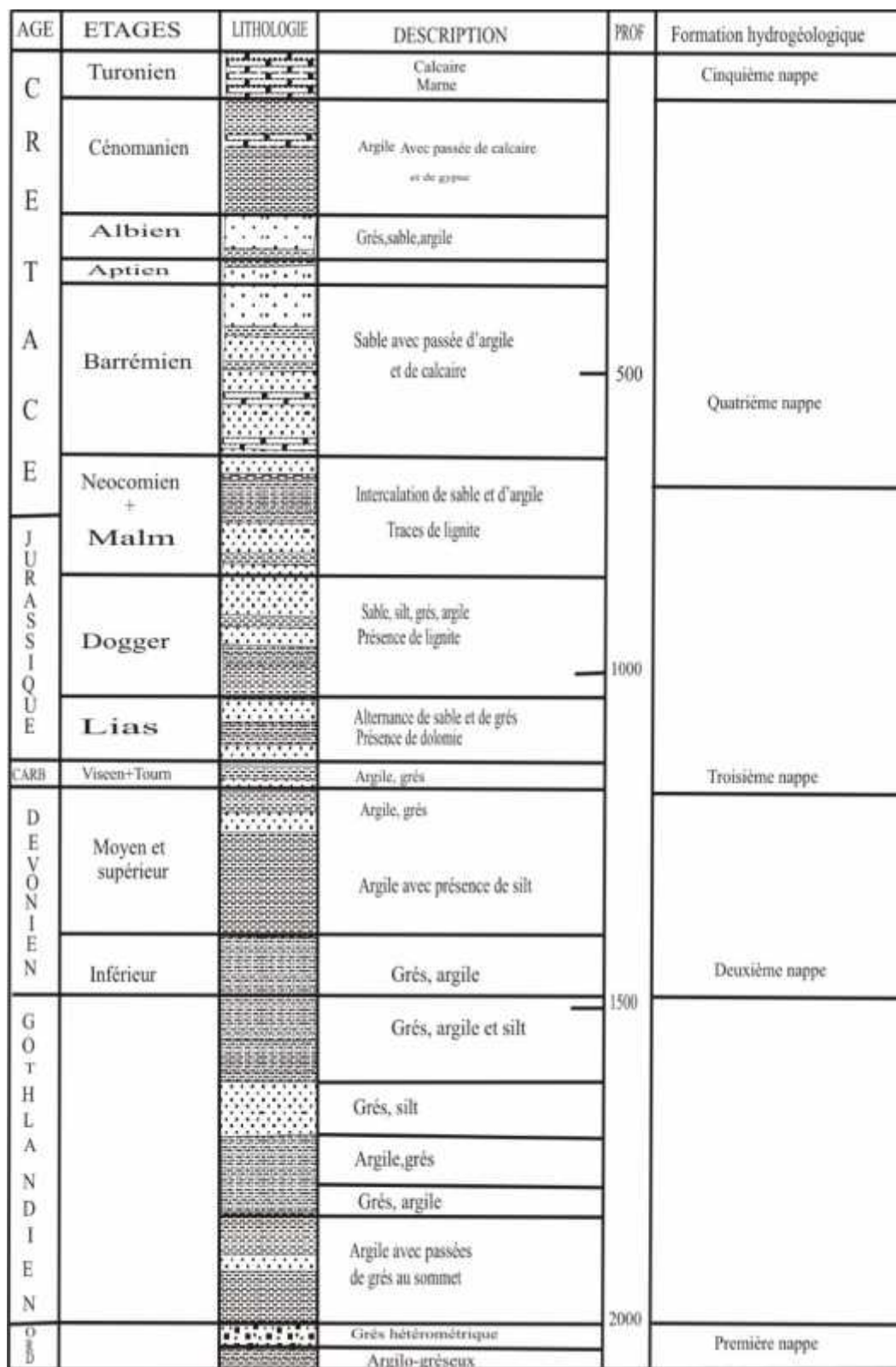


Figure III 05 : Coupe représentative de superposition des nappes du bassin d'Ilizi.

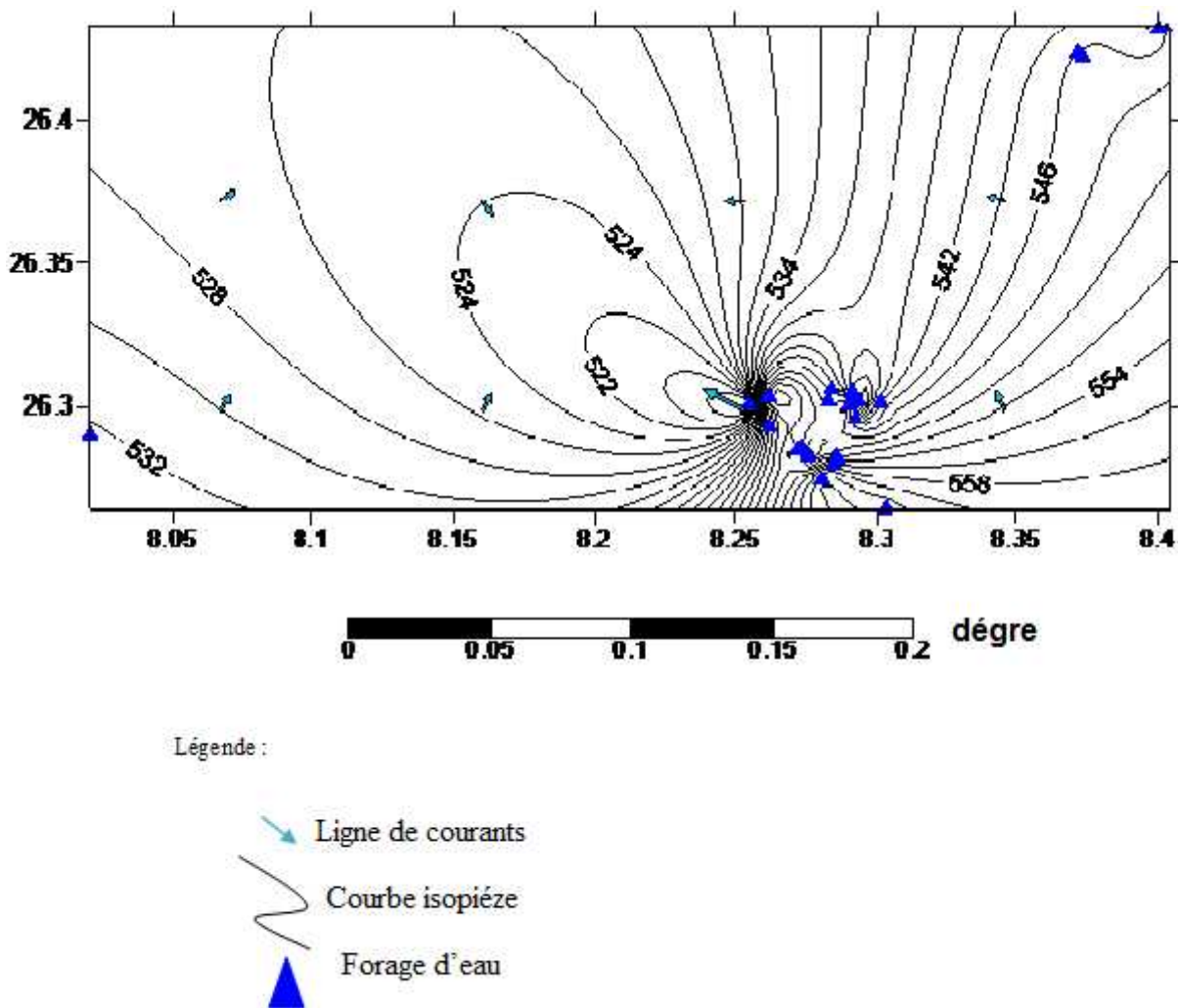


Figure III 06: Carte piézométrique de secteur d'étude

III . Interprétation de la carte piézométrique du secteur d'étude (la nappe du Dévonien inférieur) :

La carte piézométrique, en courbes hydroisohypes, synthèse essentielle de l'étude hydrogéologique, schématise la fonction conduite du réservoir et le comportement hydrodynamique de l'aquifère avec la configuration des conditions aux limites.

D'après réactualisation des données piézométriques des forages installé dans la secteur d'étude, dont nous présentons un extrait (Figure III 07).

Au niveau de notre secteur, la direction des lignes de courant et les axes principaux du flux, indique que l'écoulement général se fait, et Sud-Est au Nord-Ouest en direction des dépressions, convergent vers le Sud ou on remarque que le gradient est fort, à l'Est l'écoulement se fait SE-NO au Sud de la zone d'étude .

L'écoulement est de l'Est vers l'ouest au Nord.

IV. Conclusion :

L'étude hydrogéologique de la région a permis de distinguer les réservoirs les plus importants, et les différents points d'exploitation d'eau dans la région.

- La nappe du Cambro-ordovicien exploitée au sud de la wilaya notamment à Bordj El Houes et Djanet.
- La nappe du Dévonien exploitée à Illizi et ces environs.
- La nappe du Continentale Intercalaire (CI) exploitée au nord de l'axe Est-Ouest Bordj Omar Driss et In Aménas.
- La nappe du Complexe Terminal (CT) exploitée à l'extrême Nord de la wilaya à Rourd Nouss et Hamra.
- Les nappes des inféro flux des oueds exploité par des puits dans les régions d'Illizi, Bordj El Houes et Djanet.

I. Introduction

Dans le présent chapitre nous mettons d'abord l'accent sur l'importance de la distribution de l'eau potable à tous les êtres humains puisque les eaux de la nature ne sont pas bonnes à consommer.

par la suite L'objectif principal de ce chapitre est de déterminer la constitution physico-chimique de l'eau de différentes régions de la zone d'étude nappe dévonien.

Dans cette étude nous visons à déterminer le degré de salinité dans la région d'Ain Amenas, Stah, Deb Deb

Mais il faut préciser la répartition quantitative des différents éléments dissous et d'apprécier la qualité des eaux pour l'A.E.P et l'irrigation.

II. Répartition des concentrations

Se baser essentiellement sur la qualité physico-chimique des eaux au sein des nappes de la wilaya d'illizi.

Le laboratoire de chimie des eaux et des sols de l'Agence Nationale des Ressources hydrauliques à Ouargla (A.N.R.H) a réalisé des analyses fondamentales des échantillons des eaux ayant pour objet la détermination :

- ✓ Des cations : Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ .
- ✓ Des anions : Cl^- , SO_4^{-2} , HCO_3^- et NO_3^- .
- ✓ Le pH et la conductivité électrique, résidu sec, minéralisation, dureté totale.

II .1 Les Cations:

II .1.1 Le Calcium (Ca^{+2}):

Le calcium est un métal alcalino-terreux de symbole (Ca^{+2}), avec une masse atomique 40.08g et de nombre atomique (20) (Rodier., 1996), plusieurs types de formations géologiques sont à l'origine de Calcium parmi lesquelles nous citons: les roches carbonatées et les roches gypseuses.

II .1.2 Le Magnésium (Mg^{++}):

Le Magnésium est un métal alcalino-terreux de symbole (Mg^{+2}), avec une masse atomique de 24.312g et de nombre atomique (12) (RODIER., 1996), l'ion de Magnésium présente deux origines principales:

- La dissolution des formations dolomitiques en présence de l'acide carbonique.
- Il peut provenir également de la dissolution du $MgSO_4$ dans les terrains gypseux

II .1.3 Le Sodium (Na^+):

Le Sodium est un métal alcalin de symbole (Na^+) et de masse atomique 22.98g, de nombre atomique (11) (RODIER., 1996), il est toujours présent dans les eaux naturelles mais en proportion très variables, il provient du lessivage des formations géologiques riches en ($NaCl$).

II .2 Les Anions:

II . 2.1 Les Chlorures (Cl):

Les Chlorures (Cl) est un élément du groupe des halogènes de numéro atomique ($Z=17$) et une masse atomique ($Ar =35.5g$), dont le corps simple est un gaz de couleur verdâtre (François, R 2002). Il provient généralement de la dissolution de la halite ($NaCl$).

II .2.2. Les Sulfates (SO_4^{-2}):

La teneur en sulfate dans les eaux doit être reliée aux éléments alcalins et alcalino-terreux de la minéralisation, les sulfates proviennent essentiellement de la dissolution de l'anhydrite ($CaSO_4$) et du gypse ($CaSO_4, 2H_2O$) en contact avec l'eau. (Rodier, 1996),

III. Variation des différents paramètres physico-chimiques:

III .1 LE PH:

Par définition c'est une mesure de l'activité des ions H^+ contenus dans l'eau, le pH des eaux naturelles est liés aux terrains traversée cependant les eaux carbonatées ont un pH très élevée tan disque les eaux de certains roches volcaniques ont un pH acide.

III.2 La Conductivité:

La conductivité électrique d'une eau correspond à la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. L'unité de conductivité est le micro siemens par centimètre (μS/cm).

La conductivité traduit la minéralisation totale de l'eau. Sa valeur varie en fonction de la température. Elle est donnée à 25°C.

IV. Les analyses chimiques des eaux :

IV.1. Nappe Devonien Inferieur

Pour vérifier la balance des anions, nous avons juges utiles d'utiliser la formule empirique suivante :

$$| r^+ - r^- \% / r^+ + r^- \% |$$

Tableau IV 01:Résultat analyses chimiques des eaux nappe dévonien inferieur : cation

	cation												TOT cation
	Ca			Mg			Na			K			
	Mg/L	Meq/L	%	Mg/L	Meq/L	%	Mg/L	Meq/L	%	Mg/L	Meq/L	%	
Zhun 101 Illizi	58.6	2.93	35.61	40.9	3.41	41.42	42.3	1.84	22.35	2	0.05	0.62	8.23
Zhun 102 Illizi	80	4.00	34.98	57	4.75	41.54	60	2.61	22.81	3	0.08	0.67	11.44
Zhun 103 Illizi	57	2.85	48.00	16	1.33	22.45	38	1.65	27.82	4	0.10	1.73	5.94
Zone d'activité	42.5	2.13	35.96	30.3	2.53	42.73	28.2	1.23	20.75	1.3	0.03	0.56	5.91
In El Kors 101	54	2.70	36.40	44	3.67	49.43	23	1.00	13.48	2	0.05	0.69	7.42
Takbalt 101 Illizi	62	3.10	37.25	49	4.08	49.07	25	1.09	13.06	2	0.05	0.62	8.32
Sidi Bouslah 101	69.53	3.48	53.86	20.21	1.68	26.09	29.5	1.28	19.87	0.45	0.01	0.18	6.45
Sidi Bouslah 103	45	2.25	25.45	67	5.58	63.15	22	0.96	10.82	2	0.05	0.58	8.84
Sidi Bouslah 102	66	3.30	37.76	49	4.08	46.73	30	1.30	14.93	2	0.05	0.59	8.74
Tin Tourha 101	64	3.20	33.95	60	5.00	53.05	27	1.17	12.46	2	0.05	0.54	9.43
Tin Emri	85	4.25	49.47	23	1.92	22.31	54	2.35	27.33	3	0.08	0.90	8.59
Fad 101	30	1.50	39.02	17.4	1.45	37.72	20.1	0.87	22.73	0.8	0.02	0.53	3.84

Tableau IV 02: Résultat analyses chimiques des eaux nappe dévonien inferieur : anion

anion												TOT ation	BALAN
CL			SO4			HCO3			NO3				
Mg	meq	%	mg	meq	%	mg	meq	%	mg	meq	%		
65	1.83	21.62	182.5	3.80	44.89	170	2.79	32.90	1	0.05	0.59	8.47	0.24
124	3.49	32.58	261	5.44	50.72	97	1.59	14.83	4	0.20	1.87	10.72	0.71
68	1.92	30.93	115	2.40	38.68	113	1.85	29.91	0.6	0.03	0.48	6.19	0.26
92.5	2.61	46.50	82.5	1.72	30.68	78	1.28	22.82	0	0.00	0.00	5.60	0.31
80	2.25	32.65	149	3.10	44.98	82	1.34	19.48	4	0.20	2.90	6.90	0.52
87	2.45	31.78	180	3.75	48.62	80	1.31	17.01	4	0.20	2.59	7.71	0.61
47.48	1.34	16.35	183.73	3.83	46.79	183	3.00	36.67	0.3	0.02	0.18	8.18	1.73
104	2.93	30.74	156	3.25	34.10	183	3.00	31.48	7	0.35	3.67	9.53	0.69
87	2.45	31.78	180	3.75	48.62	80	1.31	17.01	4	0.20	2.59	7.71	1.03
104	2.93	33.11	210	4.38	49.44	82	1.34	15.19	4	0.20	2.26	8.85	0.58
63	1.77	20.42	211	4.40	50.58	153	2.51	28.86	0.23	0.01	0.13	8.69	0.10
22	0.62	17.92	62.5	1.30	37.66	83	1.36	39.35	3.5	0.18	5.06	3.46	0.39

V. Le faciès chimique:

Pour la couverture de toute la région d'études nous avons exploités toute le résultat de analyses chimique disponible .les facies caractérisant l'eau du dévonien inferieur

Tableau IV 03: faciès chimique nappe dévonien inferieur

N°	Anions					Cation					P%	Facies
1	rSO4	>	rHCO3	>	RCl	rMg	>	rCa	>	rNa+K	58	Sulfaté magnésienne
3	rSO4	>	rCl	>	rHCO3	rCa	>	rNa+K	>	rMg	25	Sulfaté calcique
4	rCl	>	rSO4	>	rHCO3	rMg	>	rCa	>	rNa+K	8,33	chloruré magnésienne
6	rCl	>	rSO4	>	RCl	rCa	>	rMg	>	rNa+K		Chloruré calcique

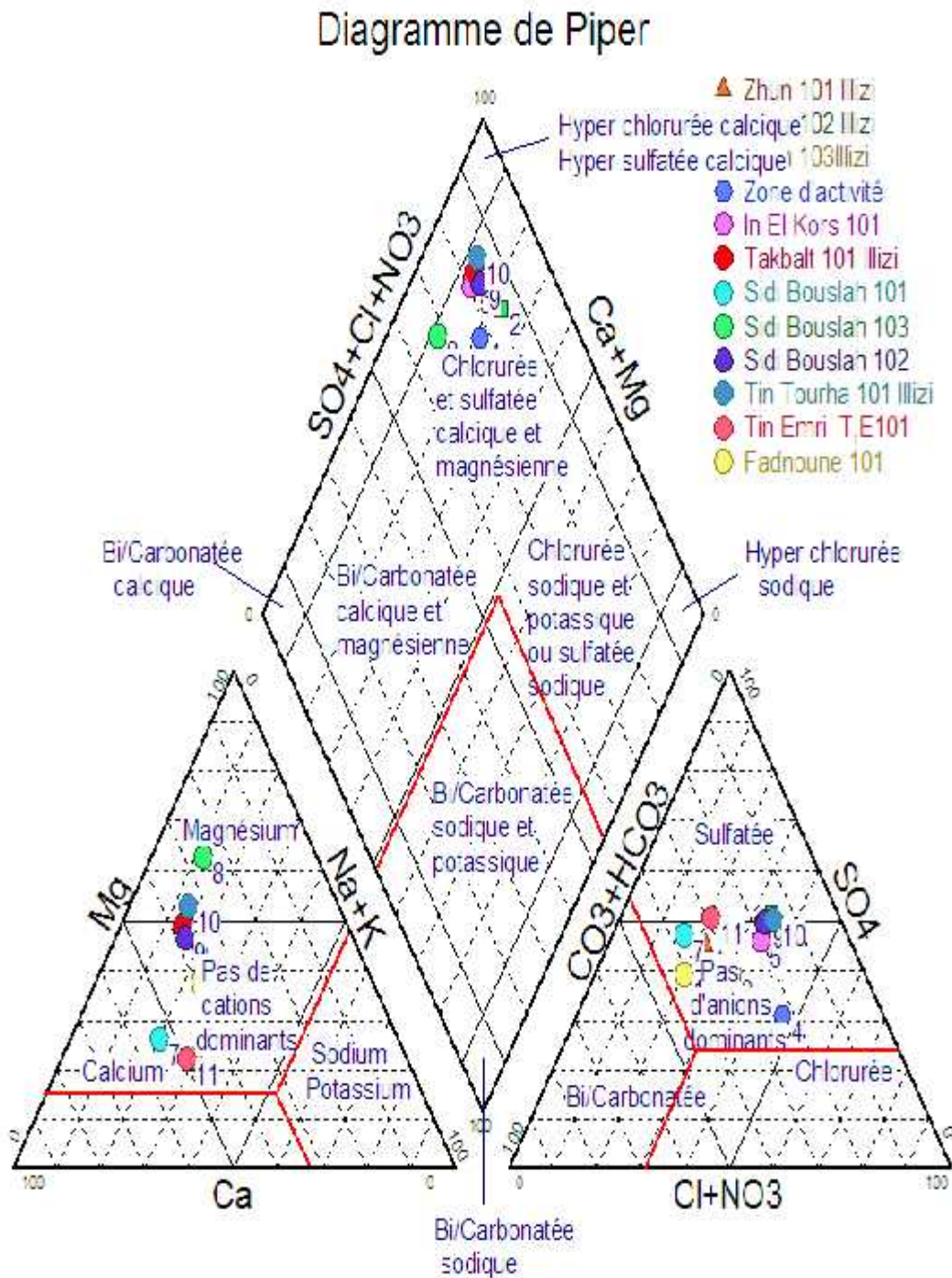
V.1. Diagrammes de faciès chimique:

V.1.1 Diagramme de Piper:

Le diagramme de Piper permet de représenter le faciès chimique d'un ensemble d'échantillons d'eaux.

Il est composé de deux triangles permettant de représenter le faciès cationique et le faciès anionique et d'un losange synthétisant le faciès global.

Ce type de diagramme est particulièrement adapté pour étudier l'évolution du faciès des eaux lorsque la minéralité augmente ou bien pour distinguer des groupes d'échantillons.



**Figure IV 01 :Diagramme de Piper
des eaux de la nappe du dévonien inférieur**

V.2. Classification Des Eaux Sous Terrain Selon Le Diagramme Schoeller Berkaloff :

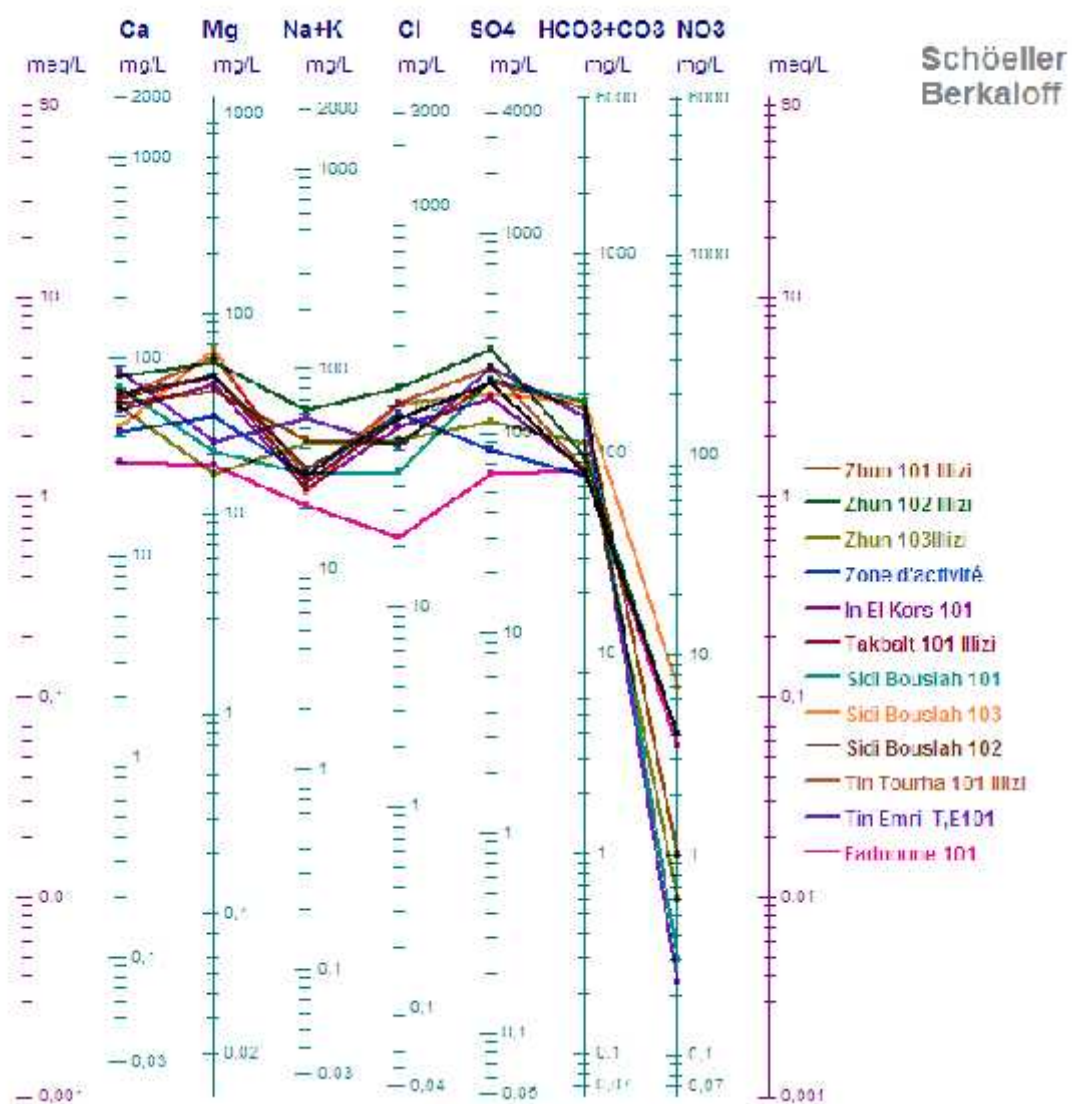
V.2.1. Diagramme de schoëller berkaloff :

Le diagramme de Schoëller Berkalov permet de représenter le faciès chimique de plusieurs eaux. Chaque échantillon est représenté par une ligne brisée. La concentration de chaque élément chimique est figurée par une ligne verticale en échelle logarithmique. La ligne brisée est formée en reliant tous les points figurant les différents éléments chimiques.

Un groupe d'eau de minéralisation variable mais dont les proportions sont les mêmes pour les éléments dissous, donnera une famille de lignes brisées parallèles entre elles

V.2.2. Interprétation le diagramme:

On observe le diagramme de Schoëller Berkalov les forages de la nappe du dévonien, la faciès chimique des eaux destiné à l'alimentation en eau potable,



**Figure IV 02 Diagramme Des Facies
Du Nappe Dévonien Inferieur**

VI. la Potabilité:

La potabilité et la qualité chimique des eaux sont en fonction de la concentration des différents éléments chimiques dissous. L'organisation mondiale de la santé (O.M.S) fixe des normes de concentration des éléments chimiques, la potabilité des eaux et leur qualité en vue de l'utilisation domestique. Le tableau suivant montre les caractéristiques de l'eau potable, les normes fixées par l'O.M.S. et CEE et Français et Algérie.

Tableau IV 04: Demistique Concentrations des normes fixées par l'O.M.S et CEE et Français et Algérie

Pays reference	Unite	OMS	CEE	Français	Algérie
Paramètres					
Ca⁺²	(mg/l)	100	100	108	119
Mg⁺²	(mg/l)	250	50	50	200
Na⁺	(mg/l)	200	150	150	150
K⁺	(mg/l)	150	12	12	12
Cl⁻	(mg/l)	250	200	200	200
So₄⁻²	(mg/l)	400	250	250	250
No₃⁻	(mg/l)	44	50	50	50
Résidu sec (RS)	(mg/l)	2000	1500	1500	1500
Conductivité (CE)	(ms/cm)	155	155	155	155
PH		6.5 à 8.5	155	6.5 à 9	6.5 à 9
TH	F⁰	50	oct-35	155	50
Turbidité	FTU	5	4	5	5

VII. La dureté ou le degré hydrométrique (TH):

Il indique la teneur totale en Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺ exprimée en meq/l.

$$TH = Ca^{++} + Mg^{++} \quad (\text{meq/l}).$$

$$TH = (Ca^{++} + Mg^{++}) \times 5 \quad (\text{en degré français}).$$

Tableau IV 05: Potabilité en fonction de la dureté

TH(F°)	0 - 7	7 - 22	22 - 32	32 - 54	> 54
Dureté de l'eau	Douce	Modérant douce	Assez douce	Dure	Très Dure

Les eaux de la région étudiée présentent une dureté allant de 20.9 °F jusqu'à 32.00°F, traduisant des eaux assez douce (à peine dures), mais elles restent dans les limites des normes édictées par la CEE.

VIII. Indice de saturation (IS):

L'indice de saturation est un modèle d'équilibre extrait de la notion de saturation théorique et fournit un indicateur du degré de saturation de l'eau par rapport au carbonate de calcium. On peut montrer que l'IS est proche du logarithme (base 10) du niveau de saturation en calcite. Le niveau de saturation de Langelier se rapproche de la notion de saturation en utilisant le pH comme variable principale. L'IS peut être interprété comme le changement de pH nécessaire pour amener l'eau à l'équilibre calco-carbonique

Une eau avec un indice de saturation de 1 sera donc de une unité pH au-dessus de la saturation. Réduire le pH de 1 unité amènera donc l'eau à l'équilibre. Cela se produit parce que l'alcalinité totale diminue avec la diminution du pH, en fonction de l'équilibre qui décrit la dissociation de l'acide carbonique:

- Si IS est négatif : Pas d'incrustation potentielle, l'eau va dissoudre le CaCO₃
- Si IS est positif : l'incrustation peut se former et la précipitation du CaCO₃ peut se produire

Si IS est proche de zéro : le potentiel d'incrustation est limite. Des changements dans la qualité de l'eau, la température (ou l'évaporation) peuvent modifier l'indice.

Tableau IV 06: Indice de Saturation (SI)

SI	Anhydrite	Aragonite	Calcite	Dolomite	Gypsum	Halite	Sylvite
Zhun 101 Illizi	-1,94	0,56	0,71	1,78	-1,64	-7,1	-7,5
Zhun 102 Illizi	-1,69	1,06	1,21	2,59	-1,39	-6,8	-7,33
Zone d'activité	-2,28	-0,78	-0,63	-0,84	-1,98	-7,3	-7,69
In El Kors Illizi	-1,9	-0,52	-0,37	-0,49	-1,6	-7,3	-7,93
Sidi Bouslah 103 Illizi	-2,02	0,02	0,17	0,85	-1,71	-7,2	-7,83
Sidi Bouslah	-1,77	-0,46	-0,31	-0,42	-1,47	-7,2	-7,9
Takbalt 101 Illizi	-1,79	-0,48	-0,34	-0,44	-1,49	-7,2	-7,9
Tin Tourha 101 Illizi	-1,74	-0,48	-0,33	-0,35	-1,44	-7,1	-7,83

IX. Interprétation:

L'observation du (tableau IV 06) montre que le indices de saturation sont négatifs, indiquant une sous saturation vis-à-vis des minéraux suivants : La calcite, la dolomite, l'aragonite, l'anhydrite, le gypse ,mais dans les puits (zhun101illizi,zhun102illizi,sidi bouslah103illizi) les Indice de Saturation positif, par contre l'halite et sylvite indice de saturation faible .

Effet, une éventuelle dissolution des ces minéraux peut contribuer à l'acquisition de la minéralisation des eaux souterraines .

Le calcul de l'indice de saturation des différents minéraux dans l'eau indique que seuls les minéraux carbonatés ont tendance à atteindre l'équilibre. Par contre, les minéraux évaporitiques sont toujours à l'état de sous saturation, malgré les fortes concentrations qu'ils acquièrent.

XI.1.La carte de l'anomalie de Bouguer :

La carte des anomalies de Bouguer complète sans séparation montre l'existence de plusieurs discontinués, les anomalies sont en général situés entre -12.5 et 59.1 mgal.

N'importe quelle interprétation de la carte ne sera que aberrante, le seul moyen et de séparer les anomalies résiduelle des régionales, dans ce travaille un polynôme d'ordre 1 semble être adéquat la carte des anomalies résiduelles sera interprété en fonction de la distribution des axes gravimétriques représentant l'écart de densité entre les divers formations.

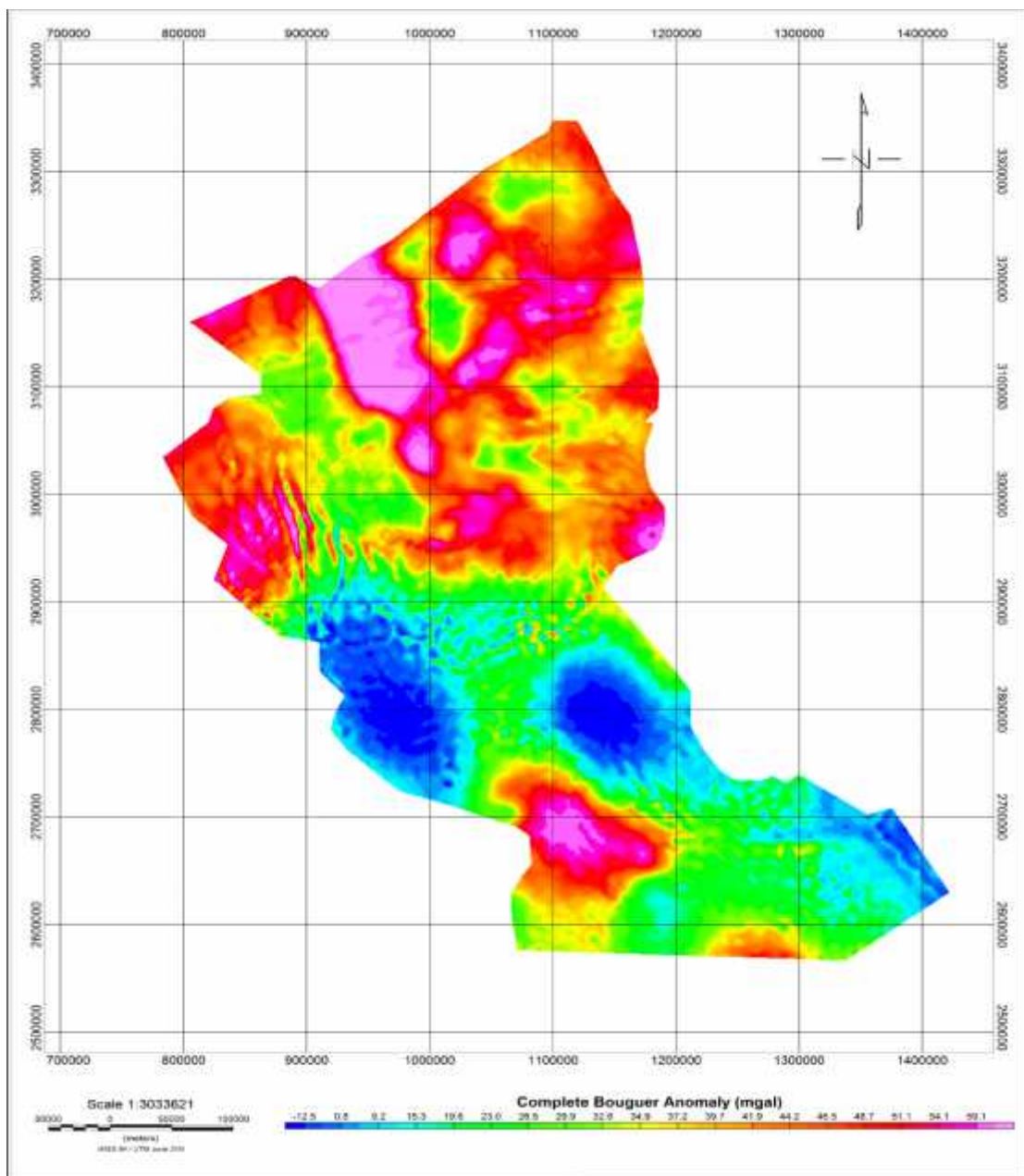


Figure IV 05: Carte Anomalie Bouguer(mgal)

XI.2. Description des cartes d'anomalie résiduelle :

La carte des anomalies résiduelle reflète la variation des densités dans les formations géologiques qui constitue la région, les valeurs de l'anomalie résiduelle sont entre -40 et 30 mgal, plusieurs axes gravimétriques ont été mis en évidence :

Au Nord de la région d'Illizi trois axes gravimétriques positifs apparaissent orientés NE-SW (P1), et NW-SE (P4) et E-W (P5), deux axes négatifs N1 et N2 sont également reconnus ces anomalies sont attribuées probablement à l'apparition de la zone de suture qui divise la région de Illizi (Bournas et al, 2003), les anomalies négatives sont issues de petits bassins sédimentaires dans la région.

Dans la partie sud de la zone d'étude trois anomalies négatives apparaissent avec des valeurs entre -15 et -40 mgal ces structures sont orientées du NW vers le SE attribuées probablement aux failles de Djanet et de Taffassest, les anomalies positives situées à l'extrême sud de la zone d'étude (P11,P12,P13) correspondent à la faille de Issalane et au réseau de failles associées .

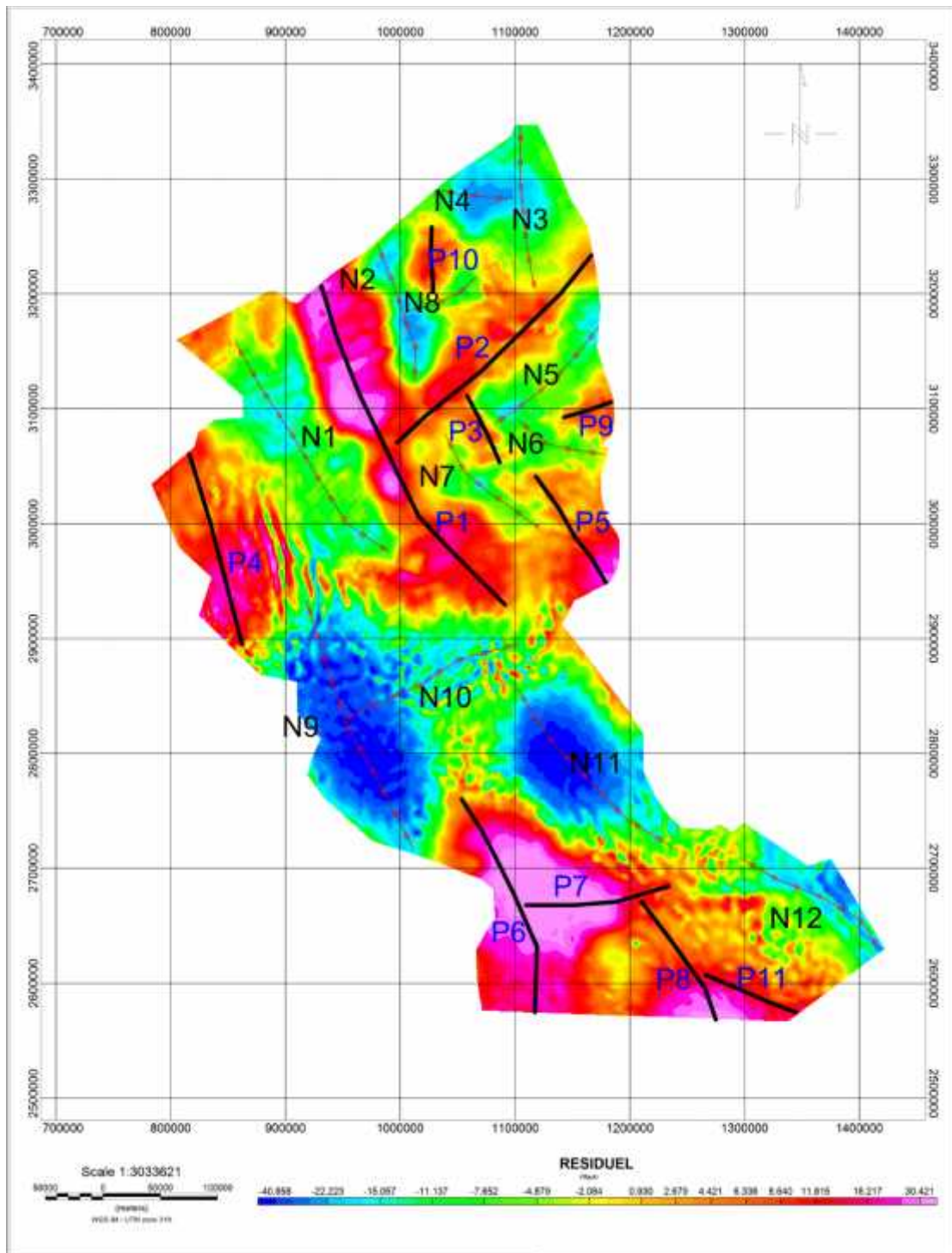


Figure IV 06: Carte résiduelle (mgal)

XI.3. La carte du gradient horizontal :

La carte de Gradient horizontal est représentée par des Maximas orientées généralement centre le NW-SE et NE-SW, les failles générées se subdivisent en premier et deuxième ordre associées au mouvement tectonique qui ont affecté la région du Hoggar, ces

resultats sont en concordance avec les cartes structural réalisés par la teledetection (Moreau et al,1994)réalisé sur le bassin de illizi tout de même l'interprétation de ces cartes est sommaire , la combinaison des cartes des dérivéesselon x,y. des gradient , Signal Analytique et le gradient horizontal permette de generen un model de carte structurale plus valide et riche en information

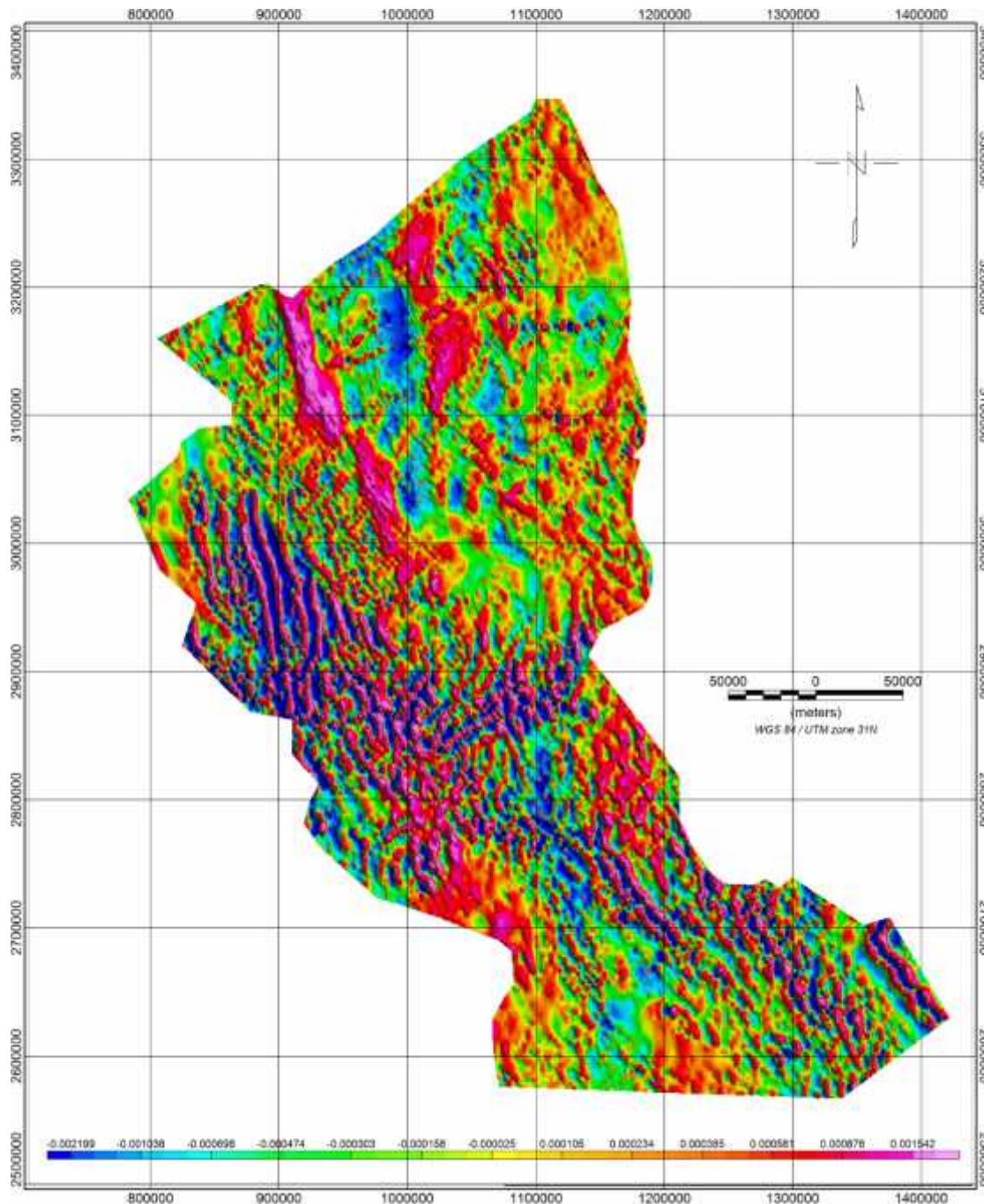


Figure IV 07: Carte Gradient Horizontal (mgal)

XI.4. Les cartes des dérivées selon x, y

Les dérivées selon x,y permettent de déterminer les structures géologiques orientées respectivement selon (x ,y). La première carte (figure IV 08) représente la dérivée selon x de la région d'Ilizi plusieurs structures sont identifiables dans la carte la majorité des anomalies sont orientées vers le NNW-SSE avec quelques failles et linéaments de second ordre orientés vers NE-SW.

La combinaison des cartes de dérivée selon x,y permet de mieux interpréter les cartes obtenues.

La carte de dérivées selon y permet de déterminer l'ensemble des structures orientées selon la direction x la majorité des structures sont orientées vers le NE-SW, E-W et le NW-SE

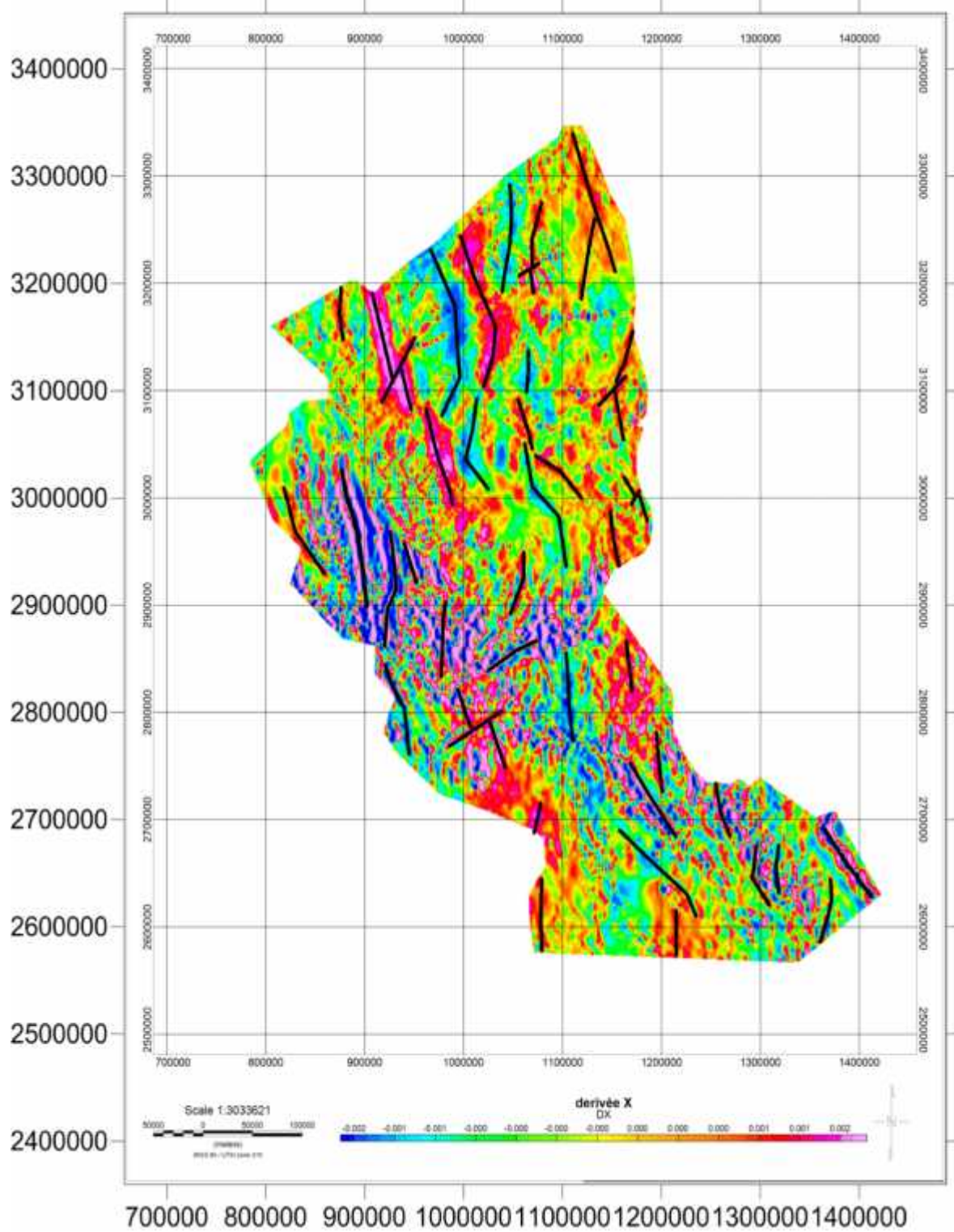


Figure IV 08: Carte dérivée X

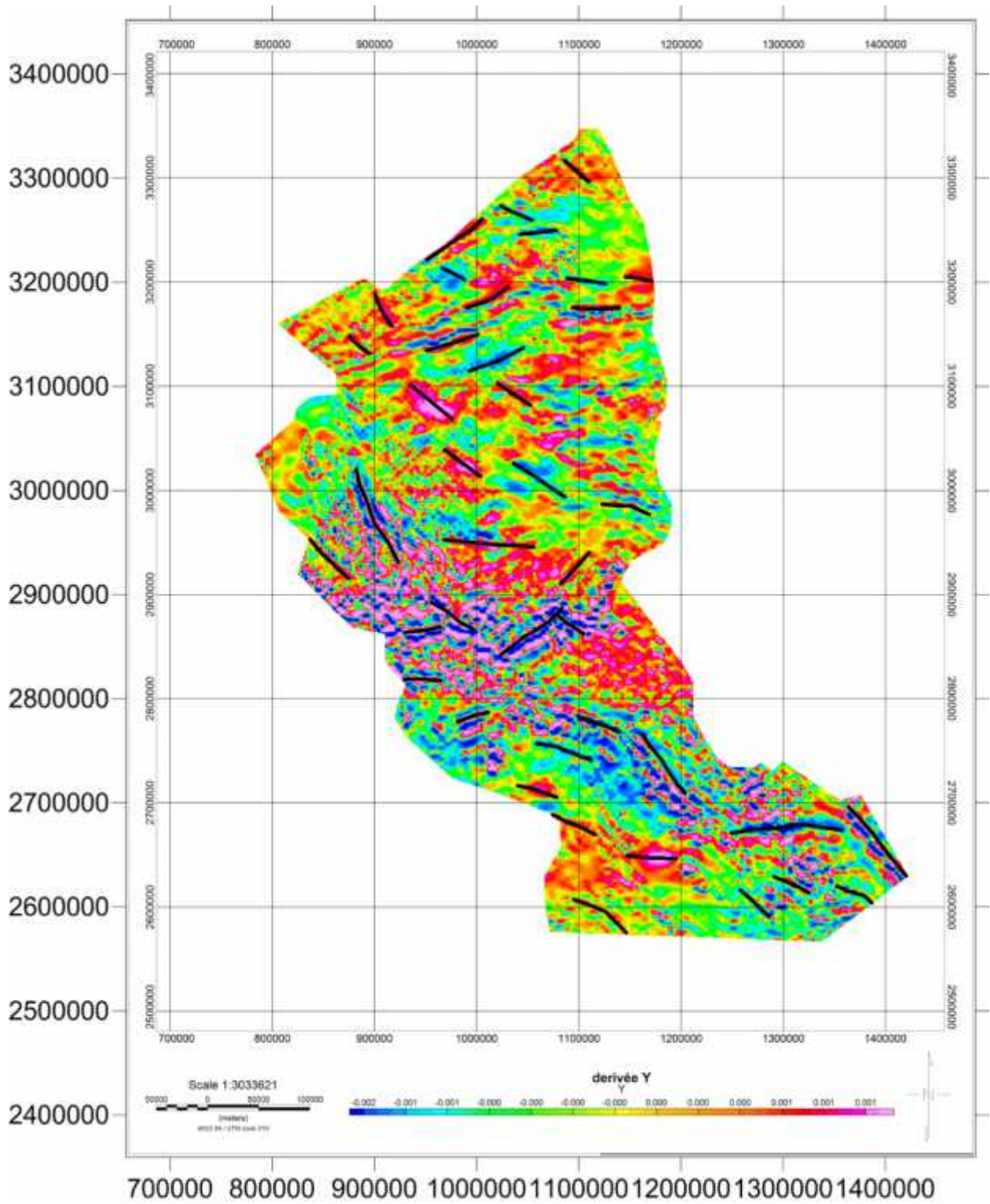


Figure IV 09: carte dérivée Y

XI.5. Carte d'Euler :

La Deconvolution d'Euler est une technique qui se base sur la résolution de l'équation d'homogénéité d'Euler plusieurs paramètres sont pris en considération pour l'obtention des solutions optimal

Entre la gravimétrie et le magnétisme la signification des valeurs De l'indice structural (SI .N) ne sont pas identique.

Dans ce travailles l'objectif principal et de crée une carte structural améliorée à partir de la combinaison des cinq technique (dérivées X.Y.gradient horizontal signal analytique .deconvolution d'Euler).

La Deconvolution d'Euler et une technique délicate car le choix juste des paramètres de la deconvolution est l'élément clés pour d'information correcte , dans ce travailles nous avons choisir un IS=0 cela se base sur la corrélation centre la divers cartes (IS=0,IS=0,5 I) et la carte structural du champ Illizi obtenu a partir des données aeromagnetique et geologique (Bournas,2003) dans d'autre travaux le auteur se base sur le choix d'une anomalie connue et d'effectués la modélisation en se basant sur le choix des plusieurs paramètres (plusieurs dimensionnés de la fenêtre , plusieurs valeurs de IS selon l'objectif et des valeurs variables de la tolérances Z).

Notre choix réside dans un IS=0 .5,=10*10 KM Tolérance Z=15% .

La solution de l'équation d'Euler permet d'avoir plusieurs résultats pour la besoins de ces travaux l'ensemble des solutions est limités entre 0-1000m de profondeur

La deconvolution n'a pas donnez des solutions tres significatifs mais tout de meme elle a permis d'identifié quelque faille a la surface orienté generalement entre NW-NE lié aux phases devonnienne et caledonienne

Il sont issue des differentes phases qui ont affectés la region ,la majorité des solutions sont situés dans la partie Ouest et sud de la region d'etude

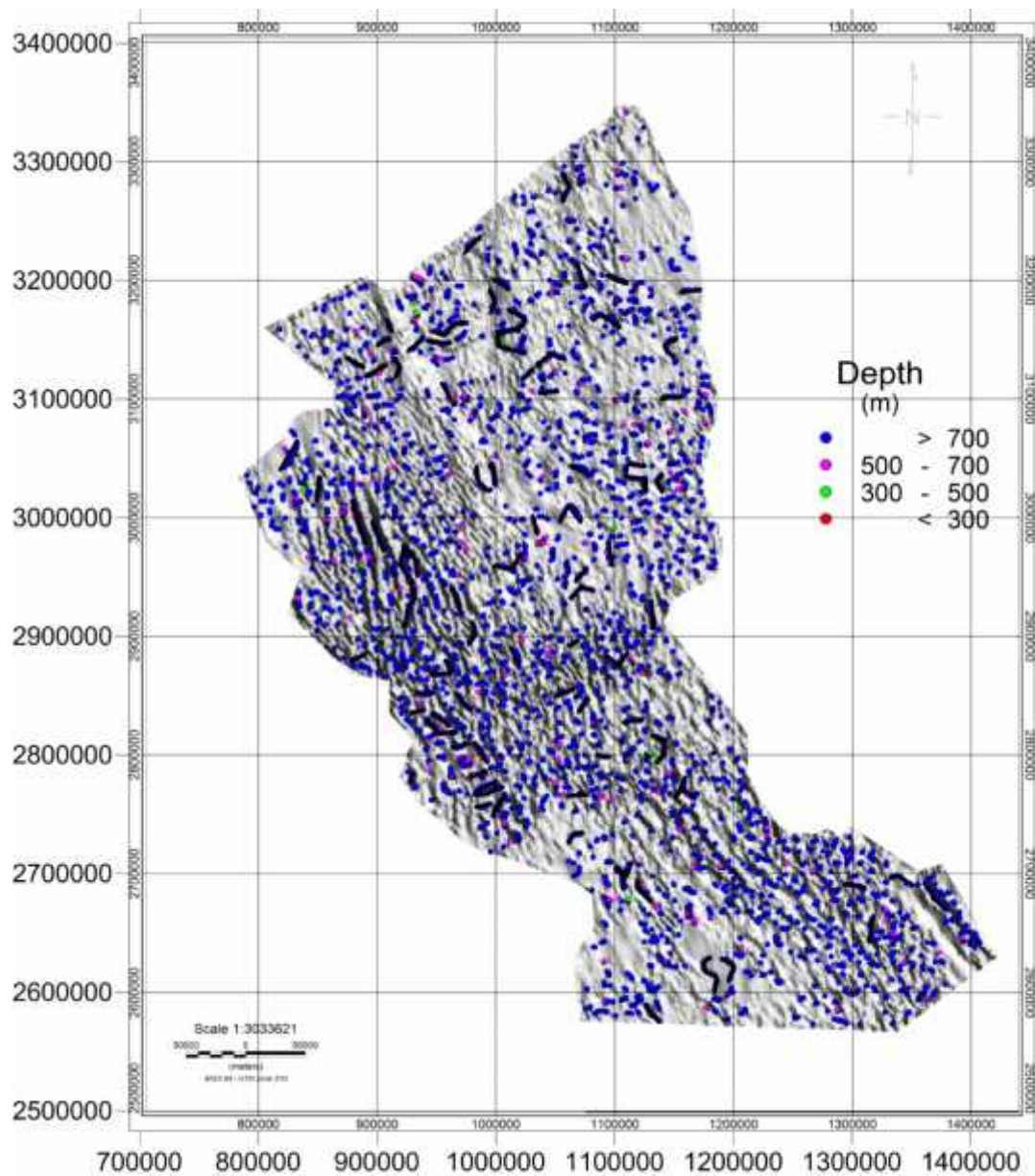


Figure IV 10 : La Carte anomalie EULERO

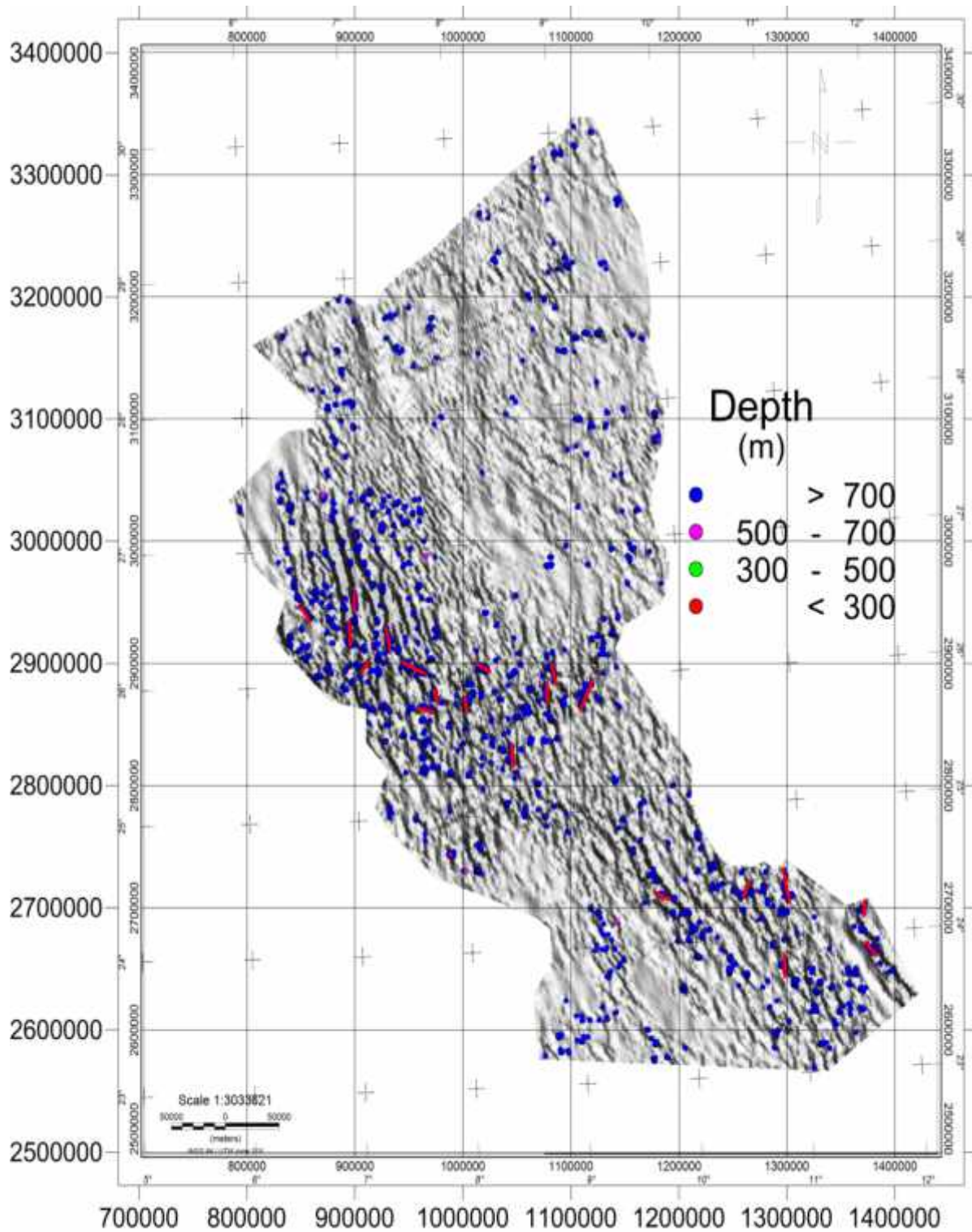


Figure IV 11: Carte Anomalie EULER0.5

XI.6. La Rosace

La Rosece diagramme suivant représente les résultats obtenu après la combinaison de toutes les cartes gravimétriques interprétées manuellement en utilisant l'outil digitalisation du surfer et l'outil diagramme du logiciel rock work, cette rosace représente l'ensemble des failles et des fractures affectant la nappe dévonien entre l'intervalle de 200m à 1000m au niveau de la région de illizi

La distribution des fractures naturel visibles a permet la détermination de l'orientation structural comme la suit :

Généralement plus de 21% des fractures naturels effective sont orientée à la direction N338°W et S158°E.

Et une direction secondaire que représente environ 20% des fractures naturels sont orientant vers la direction N04°E et S184°E.

De 13% des fractures naturelles sont orientée à la direction N345°E et S165°W.

De 12% est pourcentage minimal des fractures orientée N315°W et S135°E.

XI.7.La carte structural :

La carte structural elaborer represente un interet enorme pour l'exploitation hydrogeologiques des ressources en eau presente dans la region ,car elle permet d'avoir une id'e sur la distribution du potentiel hydrique et ca relation avec les zones fracturés representant des zones d'alimentation et d'echange entre les nappe sudjacentes et adjacentes ,la comoposition chimique de la nappe d'eau peut etre en grande relation avec la circulation des eaux hydrothermale a travers les fractures remplis de materiaux quartzetiques (cas de bourdj el haous) au d'autres nature

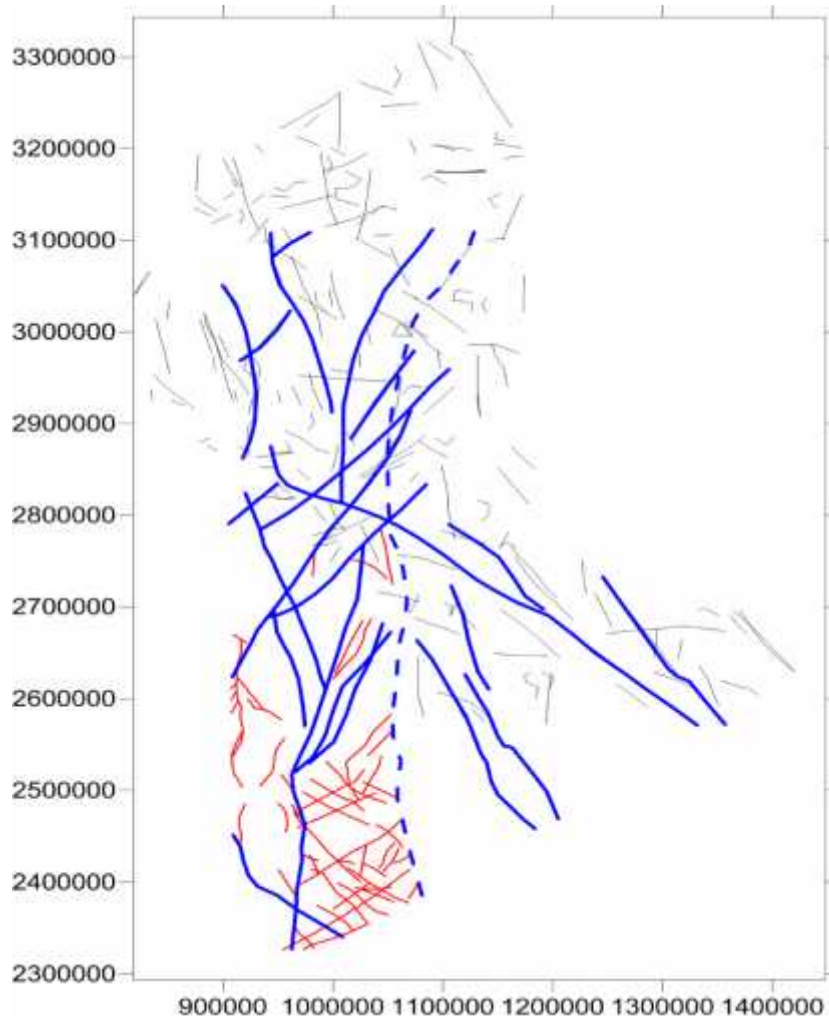


Figure IV 12: Carte Structural Modifié Bournas

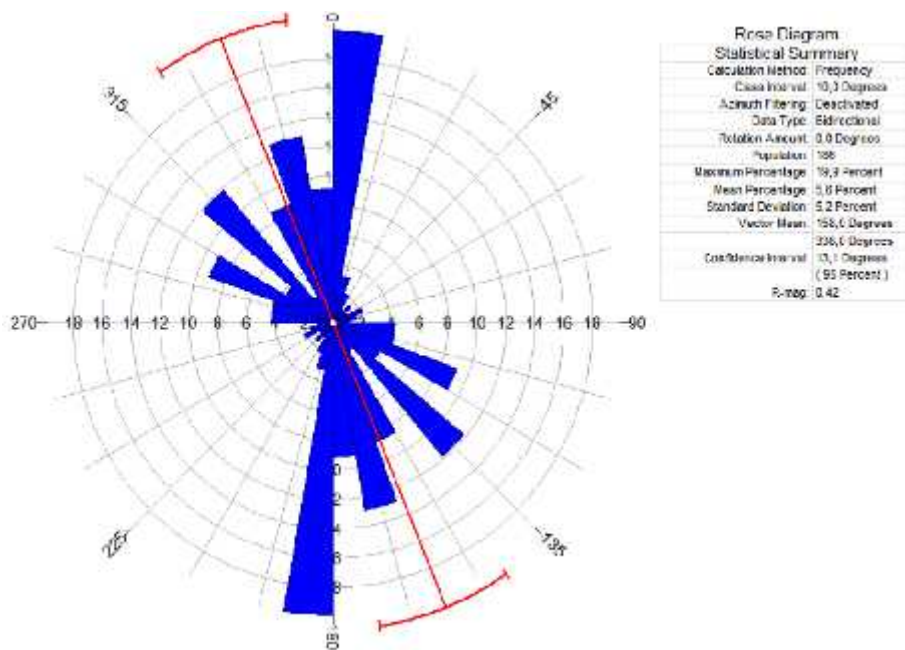


Figure IV 13 : Carte de Rosace

Conclusion

A partir de ces conclusions nous pouvons dire que les données gravimétriques proposés et publiées par le bureau gravimétrique international ont permis d'atteindre des résultats prouvés par la géologie à travers les travaux des chercheurs (Boudjmaa,1987.Bournas et al,2003)

Le travail effectué à travers ce document a permis aussi de tracer une carte linéamentaire modifiée avec les coordonnées en X, Y des failles et des fractures espérant qu'elle sera un soutien pour les chercheurs et les scientifiques dans le divers domaine de la géologie

En termes de recommandation il est indispensable de créer une base de données hydrogéologiques afin de mettre le jour sur l'hydrodynamisme des nappes de la région et de connaître l'interaction entre les divers nappes.

I. Introduction:

Dans ce chapitre, nous allons présenter les étapes de notre travail commençant par la reconnaissance géologique et lithologique de la région d'étude nous avons étudié les fractures et les failles de la région d'étude dans la nappe dévonienne.

II. RockWorks:

Le logiciel Rock Works établit des logs et des coupes géologiques en introduisant les données des cartes anomalies: la profondeur totale, son altitude (Z), le toit et le mur de la couche dévonienne, le programme Rock Works permet de fusionner les cartes anomalies X, Y, de la nappe dévonienne.

III. Surfer 12:

C'est avec ce logiciel qu'on a pu réaliser les cartes d'emplacements des échantillons et celles de l'évolution des paramètres étudiés. Après avoir introduit les données en un fichier Excel, on choisit la méthode d'interpolation convenable, dessiner les fractures et les failles dans la carte de anomalies de Bouguer et carte X, Y, et la carte résiduelle et la carte Gradient Horizontal et la carte déconvolution d'Euler, en plus d'un ensemble de différentes nappes exploitées de la région étudiée.

IV. La Gravimétrie :

IV.1. Calcul de l'anomalie de Bouguer :

Les levés gravimétriques sont basés sur la mesure des variations du champ de la pesanteur qui sont causées par les variations de densité.

Comme la terre est supposée être constituée de couches centrifuges, le champ de pesanteur sera la somme de plusieurs termes:

- Accélération axiale, terme non gravifique dû à la rotation de la terre sur elle-même.
- Champ gravifique lié au manteau et au noyau.
- Champ gravifique dû à l'écorce terrestre et par suite au relief.

Afin d'obtenir les variations du champ gravitationnel dues à des causes géologiques, il est nécessaire de corriger nos lectures de toutes les autres causes extérieures pouvant les influencer (dérive de l'appareil, marée, ellipticité de la terre . . .).

Donc les mesures gravimétriques sont influencées par plusieurs facteurs, dont il faut éliminer l'effet, et ceci à travers des corrections apportées aux valeurs brutes des mesures.

IV.1.1. Correction luni-solaire :

La correction luni-solaire permet d'éliminer l'effet des astres et d'assurer une meilleure fermeture lors de la réalisation des mesures sur le terrain.

Un champ supplémentaire, émanant des astres de l'univers, vient s'ajouter à celui de la pesanteur vulgaire g_v pour donner le champ de pesanteur g (ou accélération de pesanteur).

$$\vec{g} = g_m + \vec{g}_v \quad (1)$$

Le champ g_m représente la différence entre le champ d'attraction $A_u(M)$ et $A_u(I)$, produit par un astre donné sur la Terre, respectivement en un point (M) de la surface et du centre (I) de la Terre.

$$g_m = A_u(M) - A_u(I) \quad (2)$$

Appelé terme de marée, il dépend de la position selon le temps de l'astre (Planète) par rapport à la Terre. Par conséquent, il définit la variation dans le temps du champ de pesanteur. Actuellement ces calculs sont effectués automatiquement à l'aide de plusieurs types de gravimètres électroniques.

IV.1.1.2. Correction de dérive

Par cette correction, on tente d'éliminer l'influence apportée sur les mesures par les marées et la

fatigue de l'instrument provient de l'instabilité du système de mesure due aux conditions extérieures, essentiellement dues aux variations de température et de pression atmosphérique.

La correction est faite en supposant que la dérive est linéaire dans le temps. Donc, si on est passé à la première station de base, aux temps T_1 et T_2 et que les valeurs mesurées étaient respectivement V_1 et V_2 , le taux de dérive TD est défini par :

$$TD = \frac{V_2 - V_1}{T_2 - T_1}$$

IV.2. Séparation de la régionale et de la résiduelle en gravimétrie:

Pour séparer les anomalies de petites et de grandes longueurs d'ondes , nous avons utilisé la méthode analytique pour la détermination de la régionale. La résiduelle sera déduite par une simple soustraction. Une structure en profondeur donne une anomalie régionale, une structure de grande étendue en surface peut aussi créer une anomalie régionale.

$$r = AB - R$$

Avec AB: Anomalie de Bouguer ;
 R : Anomalie régionale ;

 r : Anomalie résiduelle.

IV.3. Déconvolution d'Euler

La Déconvolution d'Euler (**Reid et al.1990, Thompson, 1982**) est une technique utilisée pour la localisation des sources gravimétriques et magnétiques. Elle est basée sur la résolution de l'équation d'homogénéité d'Euler :

$$[(x - x_0)\partial T / \partial x] + [(y - y_0)\partial T / \partial y] + [(z - z_0)\partial T / \partial z] = N(B - T)$$

Où (x_0, y_0, z_0) sont les positions des sources gravimétriques et magnétiques détectées à partir du champ total \mathbf{T} à la position (x, y, z) . Le champ total a une valeur régional \mathbf{B} et le degré d'homogénéité N peut être interprété comme Indice Structural \mathbf{SI} (**Reid et al, 1990**).

La résolution du système d'équation dépend de l'indice structural choisi. Un mauvais choix peut conduire à des profondeurs exagérées ou sous-estimées (**Reid et al, 1990**),

Plusieurs approches sont proposées pour déterminer la valeur de ce paramètre (N). En gravimétrie N à des valeurs propres pour chaque type de structure : pour les dykes et les contacts $N=0$, pour les pipes $N=1$, pour les objets sphériques $N= 2$ (**Khalil, 2014**). D'autres auteurs ont donné des valeurs différentes de l'indice structurale à l'instar des travaux de **Reid et al.1990 et Thompson, 1982** qui estiment un indice structural égale à 1 pour les filons minces, les dykes et les failles à faible rejet vertical ; un indice $N=0$ pour les failles à grand rejet et un indice de 0.5 pour les cas intermédiaires.

La valeur correcte de ce paramètre peut se traduire par la dispersion la moins importante des solutions obtenues (**Bournas, 2003 ; Zhang et al, 2000 ; Barbosa, 2000 ; Thompson, 1982**).

Cette approche laisse une large place au facteur humain, avec des risques d'erreurs dans le choix de l'indice structural. D'autre travaux ont été réalisés dans ce sens afin de réduire l'intervention du paramètre humain, Thompson (1982) à développer un algorithme mathématique (EULDPH) capable de déterminé la profondeur des sources magnétique et gravimétrique sans l'introduction des informations concernant la géométrie de la source, Barbosa (1999) propose un nouveau critère

mathématique pour le choix de l'indice structural basé sur la corrélation entre le champ total des anomalies et les estimations d'un niveau de base inconnue, ces estimations sont obtenues pour chaque position de la fenêtre des données ce déplacement le long d'un profil observé et pour plusieurs valeurs indicatives pour l'indice structural, la corrélation la moins significative représente le meilleur choix de cet indice

IV.4. Le Gradient Horizontal :

Le gradient horizontal est une technique basée sur le calcul des dérivées selon x , y d'un champ de potentiel. Cette méthode est utilisée pour la localisation des corps à fort contraste gravimétrique et magnétique (Cordell et Grauch, 1982). L'amplitude d'un gradient horizontal est exprimée par :

$$GH = \left[\left(\frac{\partial g}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial g}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2}$$

Où $(\partial g / \partial x)$ et $(\partial g / \partial y)$ sont les dérivées horizontales selon x et y du champ de gravité

V. Conclusion:

Afin de concrétiser une étude se rapportant à l'hydrogéologie de l'aquifère du dévonien de la cuvette de Illizi, nous avons identifié les fractures et les failles dans toute la carte, afin d'atteindre le rapport entre eux et l'écoulement d'eau de la nappe dévonienne.

Conclusion générale

Les techniques destinées au domaine de recherche et prospection ont beaucoup évolués durant la dernière décennie, les techniques de traitement de signal sont à leur tour affecté par cette évolution spectaculaire, durant les années 70 le résultat le plus significatif d'une campagne gravimétrique sera l'obtention de la carte des anomalies de Bouguer, l'évolution en matière de technique et d'algorithmes dans le domaine a permis de dépasser ce stade vers des résultats de plus en plus proche de la réalité du terrain. ce travail a permis de tracer plusieurs cartes issues de l'anomalie résiduelle de Bouguer et bénéficiant des techniques modernes de traitement :

Du point de vue hydrochimique le faciès des eaux de la nappe dévoniennes et Chloruré, sulfaté calcique et magnésien, les formations sont de nature gréseuse avec quelque alternance de schiste de quartzite et d'argile, le faciès peut être justifié par la décomposition des minéraux constituant les roches métamorphique ou par l'apport des nappes subjacente et adjacentes, mais cette conclusion n'est pas vérifiée vu l'absence de données significatives sur les eaux des autres nappes d'une part et par l'absence d'étude isotopique sur la composition des eaux de la région d'Illizi.

L'absence de données sur le débitmètre de la nappes dévoniennes n'a pas permis d'élaborer des modèles géologiques et mettre en relation ces données avec le côté structural

La carte des anomalies résiduelle : elle a permis de tracer des axes positifs et négatifs et de localiser les grandes structures géologiques du bassin.

La carte des dérivées selon X, Y : la combinaison de ces deux cartes a permis de déterminer l'orientation de certains nombres de structures géologiques en relation avec la morphologie du bassin d'Illizi.

La carte du Gradient Horizontal : le choix d'un angle équivalent aux orientations de la tectonique locale a permis de déterminer d'autres linéaments difficilement interprétable par les autres cartes

La Deconvolution d'Euler a permis de tracer un certain nombre de linéaments résultant de mouvements tectoniques affectant les formations géologiques durant les phases, Calédonienne, dévoniennes et Hyrcanienne les orientations sont principalement du NE-SW et NW-SE et E-W.

Les informations obtenues à partir des cartes gravimétriques sont représentées dont une carte synthétique, en suite représentée sous forme de rosace directionnelle afin de la comparer avec celle obtenue des données géologiques.

A partir de ces conclusions nous pouvons dire que les données gravimétriques proposées et publiées par le bureau gravimétrique international ont permis d'atteindre des résultats prouvés par la géologie à travers les travaux des chercheurs (Boudjmaa, 1987. Bournas et al, 2003)

Conclusion générale

Le travail effectué a travers ce document a permis aussi de tracer une carte lineamentaire modifiée avec les coordonnées en X, Y des failles et des fractures espérant qu'elle sera un soutien pour les chercheurs et les scientifiques dans le divers domaine de la géologie

REFERENCES BIBLIOGRAPHIE

ANRH Ouargla, 2006 : Données des forages.

ANRH d'Ilizi 2010. Données des hydrochimie

Aouadi A. et al, 2006 « Etude de la bordure Sud du bassin du Chellif » DRN, SH-Exploration, Boumerdes, Algérie.

Barbosa, V.C.F, Silva, J.B.C, Medeiros, W.E, 1999. Stability analysis and improvement of structural index estimation in Euler deconvolution. *Geophysics* 64, 48–60.

Barbosa, V.C.F, Joao B.C. Silva, Walter E. Medeiros; Making Euler deconvolution applicable to small ground magnetic surveys ; *Journal of Applied Geophysics* 43 _2000. 55-68.

Blakely, R.J, Simpson, R.W, 1986. Approximating edges of source bodies from magnetic and gravity anomalies. *Geophysics* 51, 1494-1498.

Bournas N 2003 Interpretation of the aeromagnetic map of Eastern Hoggar (Algeria) using the Euler deconvolution, analytic signal and local wavenumber methods, University Boumerdes

Cordell, L, Grauch, V.J.S; Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data. In: 52nd Ann. Int. Meet. Soc. Explor. Geophys, Dallas. The San Juan Basin, New Mexico, (1982), pp. 246–247 (abstracts and biographies).

Hanni A et Daoud Y 2010 Contribution des diagraphies pour l'étude hydrogéologique de l'région d'Ilizi (Sud-Est de l'Algérie). d'Ingénieur d'Etat en Géologie Université d'Oran

Khalil .M.A 2014, F.M.Santos, M. Farzamian; 3D gravity inversion and Euler deconvolution to delineate the hydro-tectonic regime in El-Arich area, northern Sinai peninsula ; *Journal of Applied Geophysics* 103 (2014) ,104-113.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIE

Khettache.D, Keating.P, Mili E.M, Chennouf .T,Andrieux.P,Milhi.A ; Apport de la gravimétrie a l'étude de la structure du bassin des Triffa (Maroc nord-oriental) :implication hydrogéologique C.R Geosciences 336 (2004) 1427 -1432.

Ladjadj Y. 2009 Etude structurale du bassin du bas Chellif à partir des données

Gravimétriques, magnétiques et sismiques .Magister, Université SETIF

Robertson/Sonatrach, Etude sédimentologique, diagénitique et modélisation sismique des niveaux réservoirs du Bassin d' Illizi, Algérie. Rapport inédit, (2000) **Sonatrach Exploration**.

Reid, A. B,Allsop, J. M,Grancer, H, Millett, A. J, and Somerton, I. W; Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution: Geophysics, **55**, (1990)), 80 91.

Robertson/Sonatrach, Etude sédimentologique, diagénitique et modélisation sismique des niveaux réservoirs du Bassin d' Illizi, Algérie. Rapport inédit, (2000) Sonatrach Exploration

Thompson, D. T, 1982, EULDPH: A new technique for making computer- assisted depth estimates from magnetic data: Geophysics, 47,(2000).

UNESCO 1972 : Etude des ressources en eau du Sahara Septentrional.

الدراسة الهيدوجيولوجية الكلاسيكية هي التوصيف الهيدروكيميائي و الهيدروديناميكي الذي يستهدفه من

وفي هذا العمل استخدمنا أساليب متعددة لفهم الجوانب الهيكلية لمنطقة ايليزي بواسطة بطريقة قياس شدة حقل الجاذبية الارضية

وفي الختام تم استخدام كافة أساليب الجاذبية لتطوير النموذج الهيكلية لمنطقة الدراسة وربط التركيب الكيميائي في طبقة العصر الديفوني الأدنى

: الدراسة الهيدوجيولوجية الكلاسيكية, الجوانب الهيكلية, ايليزي, العصر الديفوني الأدنى .

Résumé

L'étude hydrogéologique classique consiste à La caractérisation Hydrochimique, Hydrodynamique des nappes ciblées a travers un suivi continue des paramètres, dans la région d' Illizi le manque d'information sur l'Hydrogéologie des ressources aquifères rend cette tache de plus en plus delicate

Dans ce travail nous avons utilisés plusieurs techniques afin de mieux cernes le cotés structural de la région d' Illizi par le baie de la gravimétrie.

En conclusion l'ensemble des methodes gravimetriques ont permis d'elaborer un model structural de la region d'etude et de mettre en relation la composition chimique de la nappe du devonien inferieur avec la geologie du terrain.

Mots clés :Etude hydrogéologique classique, Le cotés structural, Le baie de la gravimétrie, Devonien inferieur

Abstract

The classic hydrogeological study is to hydrochemical characterization, Hydrodynamics targeted tablecloths through a continuous monitoring of parameters in the region of Illizi lack of information on the hydrogeology of the aquifer resources makes this task more delicate

In this work we used several techniques to better structural rings alongside the Illizi region of the Bay of gravimetry.

In conclusion all gravimetric methods were used to develop a structural model of the study area and to relate the chemical composition of the sheet of the lower Devonian with the geology of the terrain.

Keywords: The classic hydrogeological, better structural, Bay of gravimetry, the lower Devonian