

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

Département des sciences de la terre et de l'univers

Mémoire en vue d'obtention du diplôme de Master
Option : Géoressources

Présenté par

Mlle Lahrèche Zoubida Nardjes

Thème

**ÉLABORATION D'UN SIG POUR LA CARTOGRAPHIE
LITHOLOGIQUE ET LINÉAMENTAIRE DE LA RÉGION
DE "MÉKALIS-TIRKOUNT"**

Devant le jury:

Mr KACEMI ALI
Mme YOUSSEFI KERZABI SOUMIA
Mr BENRAMDANE HOUCINE
Mr BENSFIA KAMAREDDINE

Président
Encadreur
Examineur
Examineur

Année Universitaire : 2014-2015

Dédicace

*Avec l'aide de dieu le tout miséricordieux, le très miséricordieux, j'ai réalisé ce modeste travail à qui j'offre les fruits des études qui m'ont été inculquées par mes chers professeurs et surtout mon encadreur à qui je dois tout ce labeur. je dédie donc ce mémoire à :
Mon cher père qui fut depuis toujours le guide de souveraineté, de l'éducation et l'affection paternelle dans laquelle j'ai baigné dans toute sécurité.*

Ma gentille mère qui en complément de sa moitié a toujours existé dans mes pensées, mon cœur par les petits soins et conseils infinis qui m'ont sans cesse accompagné et ont éclairé le chemin que j'ai parcouru jusqu'à ce jour.

À mes deux adorables frères : walid abdallah, mohammed larbi ayatallah et ma bonne conseillère sœur samia.

À mon fiancé yekhlef et sa famille.

À mon intime nadjma.

À mon oncle maternel mohammed et sa petite famille et à ma tante paternelle ammaria.

À mes amis : imrane, ishak, morad, samir, kheireddine, said, Fatima, nora, samra, sabrina et widad que je remercie beaucoup pour les encouragements et l'aide qu'ils m'ont portée pour effectuer ce travail.

Remerciements

Louange à dieu, seigneur de l'univers qui m'a dotée de sa miséricorde jusqu'à la réalisation de ce modeste travail.

Alors, je me prosterne à mon dieu le tout puissant.

Ainsi, je voudrais exprimer ma profonde gratitude aux nobles personnes qui ont contribué à l'élaboration de cette thèse.

J'adresse tout d'abord mes remerciements les plus vifs à mon encadreur madame KERZABI YOUSFI S. qui a bien voulu me diriger et me conseiller afin de mener à bien ce labeur. J'apprécie sa bienveillante attention et les encouragements qu'elle n'a pas cessé de me prodiguer.

Il m'est agréable aussi de remercier profondément Monsieur KACEMI qui m'a fait l'honneur de présider le jury.

A Monsieur BENSAFIA K, je fais une révérence par laquelle je manifeste mes sentiments les plus chaleureux de gratitude pour avoir accepté de juger mon travail.

A Monsieur BENRAMDANE Je formule mes sentiments les plus sincères pour le temps consacré à me lire et à examiner mes écrits.

Je tiens à remercier aussi tous mes chers professeurs par qui j'ai été entourée durant tout ce cursus, ainsi que tous les responsables administratifs ou de la bibliothèque pour leurs efforts dans le but de m'assurer les formulaires et documents pour effectuer ma tâche.

A toutes ces bonnes gens je fais une révérence pour leur exprimer ma gratitude et mon dévouement.

Merci !

SOMMAIRE

REMERCIEMENT

DEDICACES

RESUME

INTRODUCTION GENERALE.....01

CHAPITRE 1

GENERALITES SUR LE SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE

I. DEFINITION.....	05
II. COMPOSANTES DU SIG.....	06
II.1-Données.....	06
II.1-1-Données géographiques.....	06
II.1-2-Données attributaires.....	06
II.1-3-Métadonnées.....	07
II.2-Outils	07
II.3-Utilisateurs.....	07
II.4-Méthodes.....	07
III. FONCTIONNEMENT D'UN SIG.....	08
III.1-Couches.....	08
III.2-Références géographiques.....	08

IV. MODELES GEOGRAPHIQUES UTILISES PAR UN SIG.....	08
IV.1-Mode raster.....	08
IV.2-Mode vecteur.....	09
IV.3-Comparaison des modes vecteurs et rasters.....	10
V. QUE PEUT-ON FAIRE AVEC UN SIG ?.....	10
VI. SIG ET GEOLOGIE.....	11
VI.1-Construction du SIG géologique.....	11
VI.2-Architecture du modèle spatial.....	11
VI.3-Méthode de construction du SIG.....	12
VI.4-Attribution, représentation et validation.....	12
VI.5-Conclusions.....	15

CHAPITRE 2

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

I. CADRE GEOGRAPHIQUE.....	17
II. CADRE GEOLOGIQUE.....	18
III. HISTORIQUE DES TRAVAUX ANTERIEURS...23	
III.1- La période de Flamand (1889-1911).....	23
III.2- Les travaux de Cornet (1952).....	24
III.3-Étude photogéologique de Galmier 1970.....	26
III.4-Les travaux de Bassoullet (1973).....	26
III.5-Les études de Douihasni (1976).....	26

III.6- Les travaux d'Auboin(1977).....	27
III.7-Les travaux de Kolli (1984)	27
III.8-Les travaux d'Elmi (1978, 1982, 1986)	28
III.9-Les travaux de KaziTani (1986)	28
III.10-Les travaux de Delfaud (1973-1987).....	28
III.11-Les travaux d'Aït Ouali (1991)	29
III.12-En 1994, Almeras et al.....	29
III.13-Les travaux d'OualiMehadji et Tlili (1994)	29
III.14-Vially et al. (1995)	30
III.15-Meddah (1998).....	30
III.16-Les travaux de Mékahli 1995-1998	30
III.17-Kacemi (2005).....	31
Evolution structurale.....	32

CHAPITRE 3

APPLICATIONS

I. CONVERSION DES COORDONNEE.....	36
II. CALAGE.....	37
III. DIGITALISATION.....	38
III.1- Les étapes de mise en place d'un SIG.....	38

III.1-1- Etape 1-La digitalisation des données
géographiques

**III.1-2- Etape 2-Le recueil des données
alphanumériques**

III.1-3- Etape 3 -La saisie des informations

**III.1-4- Etape4-Définir les différents thèmes (ou
couches) composant un SIG**

A-Couche « Géologie »...	40
B- Structural.....	42
C- Informations géophysiques.....	44
C.1- Interprétation des profils géo électriques.....	45
C.2- Interprétation des cartes des résistivités apparentes.	48
C.3- Carte du toit du jurassique	50

CONCLUSION GENERALE.....53

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

SITES INTERNET

Résumé

Résumé:

La Région de l'Atlas saharien occidental ou Monts des Ksour constitue un espace Géographique, géologique et climatique très contrasté. Dans ce contexte hétérogène, se trouve notre secteur d'étude "synclinal de Mékalis " qui est compris entre deux anticlinaux Jurassiques; Dj.Aissa et Dj.Mekter à l'Est, Dj. Morhad à l'Ouest. Dans un tel contexte il nous a paru utile de faire une synthèse lithologique du Synclinal en portant une attention particulière au mio-pliocène, Jurassique et Trias et de les caractériser de point de vue géodynamique, géologique et structural. L'objectif général de cette étude sera d'établir une carte géologique du synclinal de Mékalis à l'aide des outils modernes Systèmes d'Information Géographique (SIG),; par l'intégration des données topographiques, géomorphologiques (relief, nature du sol, structure de sol), et géologiques qui permettent une analyse spatiale et environnementale très précise pour la prise de décision.

Mots clefs: Synclinal; Mio-pliocène ;Jurassique ;Trias; Systèmes d'Information Géographiques(SIG); Carte géologique; coupe géoélectrique; Tectonique ; Mékalis ;Monts des ksour.

Abstract:

Region in Western Saharan Atlas Mountains Ksouris ageographic, geological and climatic very mixed space. In this heterogeneous context, is our study area "syncline Mékalis" which is between two anticlines Jurassic; Dj.Aissa Dj.Mekter and east, Dj. Morhad West. In this context we thought it useful to lithological synthesis Syncline paying particular attention to the Mio-Pliocene, Jurassic and Triassic and characterize view point geodynamics, geological and structural. The overall objective of this study is to establish a geological map syncline Mékalis using modern tools of Geographic Information Systems(GIS),; the integration of topographic, geomorphic (topography, soil type, soil structure) and geological allowing a precise spatial and environmental analysis for decision making.

Keywords: Syncline; Mio-Pliocene; Jurassic Triassic; Geographic Information Systems(GIS); Geological map; geoelectric section; tectonics; Mékalis; Ksour Mountains.

Introduction

Les cartes traditionnelles ont toujours été un outil de représentation, de communication, d'aide à la décision, de conservation de la mémoire ; elles permettent de rassembler un nombre important d'informations mais présentent des limitations dues notamment au support physique qu'est le papier et qui la rendent relativement statique :

- Choix réduit des éléments à représenter dans un but de lisibilité du document,
- Impossibilité de changer l'échelle nécessaire à l'analyse globale de l'information,
- Mises à jour onéreuses et consommatrices de temps,
- Recherche d'informations laborieuse sur de grandes quantités de cartes, etc.

Depuis l'arrivée des Systèmes d'Information Géographiques (SIG) dans les années quatre-vingt, la cartographie a pris une nouvelle dimension. Le SIG permet la centralisation et le partage de l'information, l'analyse complexe, la gestion, la modélisation et la simulation. Il permet également un accès rapide à l'information favorisant le partage d'informations graphiques et alphanumériques.

La création de cartes et l'analyse géographique ne sont pas des procédés nouveaux, mais les SIG procurent une plus grande performance et proposent des outils sans cesse innovant dans l'analyse, la compréhension et la résolution des problèmes.

Les cartes ont une place toute particulière au sein d'un SIG. Le processus de fabrication d'une carte avec un Système d'Information Géographique est beaucoup plus souple qu'une production manuelle ou automatisée.

Outre une meilleure connaissance de la zone d'étude, le SIG nous permettra une pérennisation des connaissances grâce à un archivage des données les plus pertinentes (données géologiques, morphologiques, structurales et géophysiques) :

Les Monts des Ksour occupent la partie la plus méridionale du domaine externe, de l'avant pays de la chaîne tello-rifaine. Ils font partie du domaine atlasique maghrébin qui jouxte la bordure septentrionale de la plate-forme saharienne. Les Monts des Ksour constituent le segment occidental de l'Atlas saharien. Ce dernier, orienté NE-SO, s'étend sur plus de 1000 kilomètres depuis la

terminaison orientale du Haut-Atlas marocain jusqu'aux Aurès. Il s'intercale entre deux domaines stables, le domaine des Hautes Plaines oranaises au Nord qui correspond à un ensemble peu ou pas déformé par les événements compressifs du Tertiaire (Frizon de Lamotte *et al*, 2000) et celui de la plate-forme saharienne au Sud.

Le synclinal de Mékalis correspond à l'alignement montagneux des Djebels Souiga et Mélah. Il s'étend sur 50 km.

L'objectif assigné à cette étude, est donc une meilleure connaissance de la géologie, de la région de Mékalis.

Le travail est subdivisé en 3 parties principales :

La première est consacrée à des généralités du SIG comportant plusieurs définitions et ses concepts ainsi que ses utilisations et les problèmes connus.

La deuxième consiste à donner un aperçu sur la situation géographique, géologique et une synthèse structurale de la région de Mékalis.

La troisième partie est une application des concepts du SIG pour la cartographie de quelques paramètres relatifs à la région d'étude.

Chapitre 1 :

GENERALITES SUR LE SYSTEME

D'INFORMATION

GEOGRAPHIQUE

I. DEFINITION

Un SIG est un système informatique de matériels, de logiciels et de processus, conçu pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation et l'affichage de données à référence spatiale en vue de résoudre des problèmes d'aménagement et de gestion.

On appelle donnée à référence spatiale toute donnée pouvant être localisée de façon directe (une école, une route...) ou indirecte (une adresse, un propriétaire...) à la surface de la terre.

Pour transformer un objet réel en une donnée à référence spatiale, on décompose le territoire en couches thématiques (relief, routes, bâtiments...) structurées dans des bases de données numériques (Fig. 1).

Les bases de données qui alimentent les SIG doivent être géo référencées, c'est à dire partager un cadre commun de repérage appelé système de projection. Ce cadre commun est fixé légalement.

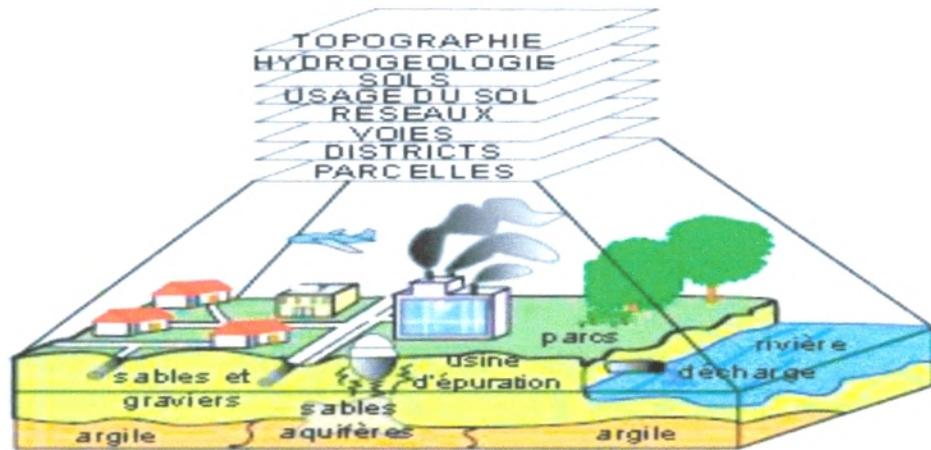


Fig. 01 : Données et Réalités - les SIG

[PUF, 1996]

II. COMPOSANTES DU SIG (Fig. 2)



Fig. 02 : Les composantes du SIG.

II.1-Données

Les **données** sont les composantes les plus intéressantes du SIG :

II.1-1-Données géographiques peuvent être soit importées à partir de fichier soit saisies par un opérateur. Elles possèdent deux composantes :

-Les données géométriques :

Renvoient à la forme et à la localisation des objets ou phénomènes.

-Les données graphiques :

Renvoient aux paramètres d'affichage des objets (type de traits, traits, couleurs, épaisseurs....etc.)

II.1-2-Données attributaires sont des données associées à un objet ou une localisation géographique, soit pour décrire un objet géographique, soit pour localiser des informations (non d'une route, type d'un bâtiment localisé par son adresse, nombre d'habitants d'un quartier, débit d'un cour d'eau, la lithologie...). Les données attributaires sont reliées à la géométrie de l'objet.

II.1-3-Métadonnées sont des données associées (date d'acquisition, nom du prioritaire, méthodes d'acquisition, les limites d'utilisation... etc.).

II.2- Outils

L'**outil informatique** nécessaire à la mise en place d'un SIG se compose :

- d'une station de travail (ordinateur dédié à la cartographie)
- d'un logiciel de SIG (Arcview, Mapinfo, Géoconcept)
- de périphériques dédiés (scanner, traceur, etc.)

II.3-Utilisateurs

Les **SIG** ne doivent pas être perçus comme un petit miracle par le gestionnaire ; la qualité des données qu'il produit est à la hauteur de la qualité des données source et de leurs pertinences vis à vis de la problématique posée. La collecte de données géoréférencées exige des niveaux de compétences pointues.

II.4-Méthodes

Les **méthodes** de travail englobent les processus d'utilisation du SIG mais également les méthodes de mise à jour des données géographiques et alphanumériques.

III. FONCTIONNEMENT D'UN SIG

III.1-Couches

Un SIG stocke les informations sous la forme de couches thématiques pouvant être relié les unes aux autres par leurs coordonnées géographiques.

Chaque couche va contenir un ensemble unique de données (couches des réseaux routiers, couches de réseau urbain, couches de végétation) et c'est en rassemblant ces différentes couches que l'on obtiendra la carte finale représentant toutes les données géographiques pertinentes.

III.2-Références géographiques

Lorsqu'on veut étudier une carte, deux types de données sont à prendre en compte : les données attributaires, les données spatiales.

IV. MODELES GEOGRAPHIQUES UTILISES PAR UN SIG

IV.1-Mode raster

Les données raster ont comme élément essentiel le pixel (*Picture element*). Elles proviennent soit d'un scannage d'une carte, soit d'une image numérique telle que les images satellites (fig. 03). Les pixels sont répartis dans un raster de façon régulière. Les lignes et les surfaces ne peuvent être représentées que par l'enchaînement de pixels uniques. Un objet ne peut donc être représenté que de façon approximative; c'est ainsi que la taille du pixel conditionne l'exactitude de la représentation (Fig. 3, 4).



Fig. 03 : Exemple de quelques données Raster (a : image satellitaire, b : image scannée, c : ortho photo aérienne) [BONNET M. 2012]

IV.2-Mode vecteur

Dans ce type de données, le point avec ses coordonnées sont les porteurs de l'information géométrique. Les lignes et les surfaces se comprennent comme une suite définie de points caractéristiques. Les données vectorielles sont la plupart du temps le résultat de la numérisation manuelle ou semi-automatique. D'une façon générale, dans les données vectorielles on distingue les points, les lignes et les surfaces qui sont toujours représentés en couches différentes.

✓ **Les points :**

Ils définissent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces qui n'ont pas de surface réelle comme les points cotés.

✓ **Les lignes :**

Les lignes représentent les formes des objets géographiques trop étroits pour être décrits par des surfaces (ex : rue ou rivières) ou des objets linéaires qui ont une longueur mais pas de surface comme les courbes de niveau.

✓ **Les polygones :**

Ils représentent la forme et la localisation d'objets homogènes comme des pays, des parcelles, des types de sols.....

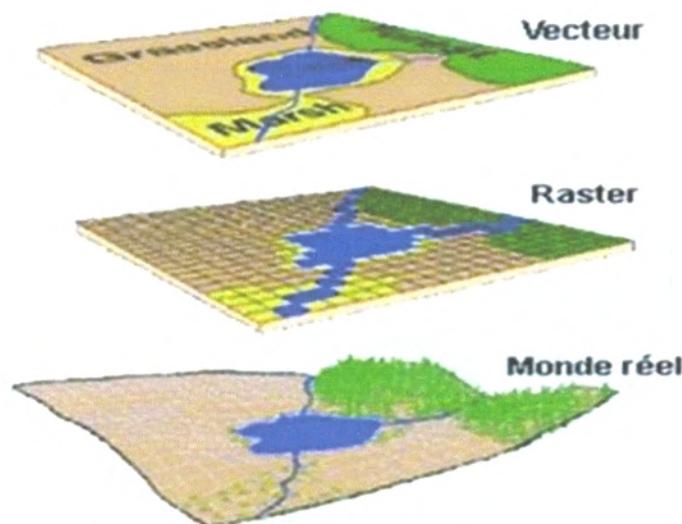


Fig. 04: Représentation schématique des deux types de structure d'un SIG
[Site ESRI FRANCE].

IV.3-Comparaison des modes vecteurs et rasters

Bien que les deux modes se distinguent par une organisation différente des données, ils restent cependant complémentaires en permettant à l'utilisateur d'élargir le champ de son investigation pour des applications et des traitements très variés. Chaque mode a des avantages et des inconvénients et le recours à l'un ou à l'autre n'est pas toujours une tâche facile, car ce sont les objectifs et surtout les sources de données du projet qui orientent le choix de l'utilisateur. Certaines applications

peuvent même faire appel aux deux modes (tableau 01) [CLARAMUNT G. 1991 in OUHTI Y.2006].

Tableau 01 : Avantages et inconvénients des deux types de structures des SIG

	Mode Raster	Mode Vectoriel
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> - Structure simple de stockage des données ; - Superposition et combinaison des données faciles ; - Analyse multi variable et modélisation spatiale faciles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Structure de données compacte (une grande base de données pour un espace réduit); - Efficacité de stockage ; - Possibilité de décrire la topologie à l'aide des liens en réseau ; - Mesures spatiales précises ; - Recherche, mise à jour et généralisation des graphiques et des attributs possibles.
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> - L'utilisation de pixels de grande taille est une perte de précision ; - Mesures spatiales approximatives ; - Cartes produites de qualité inférieure. 	<ul style="list-style-type: none"> - Structure de stockage des données complexes ; - Analyse multi-variable et modélisation spatiale complexes.

V. QUE PEUT-ON FAIRE AVEC UN SIG ?

Les logiciels liés au SIG permettent, entre autre :

-De stocker sous forme numérique de gros volumes de données géographiques de manière centralisée et durable. Par rapport au papier ou aux micro-fiches, les supports informatiques actuels (disques durs, CDroms, DVDroms) assurent une meilleure conservation des données. Le SIG perpétue la mémoire du territoire.

-D'afficher et de consulter les données sur l'écran, de superposer plusieurs couches d'information, de rapprocher des informations de différentes natures (topographique, environnementale, sociale, économique), d'effectuer des recherches à partir de certains critères (qualitatifs et/ou quantitatifs) ;

-D'actualiser ou de modifier les données sans avoir à recréer un document ;

- D'analyser les données en effectuant par exemple des calculs de surface ou de distance ;
- D'ajouter ou d'extraire des données, de les transformer pour les mettre à la disposition d'un prestataire (géomètre, architecte, gestionnaire de réseau) ;
- D'éditer des plans et des cartes à la demande et en grand nombre à des coûts peu élevés.

V. SIG ET GEOLOGIE (Géomatique Expert - N° 49 - Février-Mars 2006)

V.1-Construction du SIG géologique

Le modèle de données sous-jacent au SIG géologique se doit de répondre à un certain nombre de contraintes fortes, notamment :

- Décrire fidèlement et de manière exhaustive le contenu de la carte géologique ;
- Associer les différents objets constitutifs de la carte dans des thèmes conformes à leur signification géologique ;
- Établir une méthode de construction topologiquement « propre », (par exemple au niveau de la superposition de lignes dans différents thèmes) mais néanmoins rationnelle en terme de coût de production ;
- Mettre à disposition un outil à potentiel d'analyse optimum.

Le potentiel d'analyse du SIG peut être amélioré si le levé géologique et la préparation des données sont effectués en prévision de la construction d'un modèle spatial SIG complet, par exemple avec la réalisation d'un écorché permettant de définir en tout point la nature présumée du substratum rocheux.

V.2-Architecture du modèle spatial

Le modèle de données proposé consiste en une base des données spatiales multicouches permettant l'élaboration de la carte géologique par superposition de différents plans d'information. Cette approche implique la séparation de l'information géologique de base en différents thèmes c'est à dire en un ensemble d'objets géologiques homogènes ayant un même type spatial. L'information « pseudo-3D » contenue dans la carte géologique et dans l'écorché tectonique est rendue par la superposition de thèmes de type polygones (« substratum rocheux » et « formations superficielles », par exemple). Des thèmes de type lignes (« éléments structuraux »,

«éléments morphologiques ») et de type points (« Symboles orientés», «symboles non orientés», « forages », etc.) complètent l'information.

V.3-Méthode de construction du SIG

Schématiquement, une carte géologique est constituée de surfaces auxquelles sont attribués des codes de couleur permettant de distinguer les différentes unités de terrains. La réalité est cependant plus complexe. Chaque surface est circonscrite par des segments de lignes qui sont

Les «objets (briques) élémentaires » de la carte. Certaines de ces lignes cumulent plusieurs significations géologiques (limite d'affleurement, niche d'arrachement et limite de tassement rocheux par exemple). Dans le SIG, chaque

ligne appartiendra à un ou plusieurs thèmes, comme élément constitutif de polygones ou comme élément linéaire à signification structurale ou morphologique. La méthode développée consiste à numériser toutes les lignes de la carte géologique dans un seul thème de construction. Chacune de ces lignes reçoit une attribution simple ou multiple en fonction de son appartenance aux différents thèmes constitutifs de la carte géologique. Ces attributs reflètent la ou les fonctions géologiques de chaque objet levé par le géologue sur le terrain. L'attribution discriminante des lignes dans le thème de construction permet d'extraire de manière semi-automatique les éléments de base des différents thèmes de type ligne et polygones.

Une opération topologique est encore nécessaire pour générer les surfaces et leur conférer une attribution spécifique. Une procédure itérative intégrant tests de validation, corrections et reconstructions géométriques permet par ailleurs de garantir la cohérence topologique et sémantique du SIG.

V.4-Attribution, représentation et validation

La nécessité d'attribuer, parfois de façon multiple, un grand nombre d'objets serait un obstacle à la mise en œuvre de cette méthode si un outil spécifique (baptisé *Toolmap*) n'avait pas été développé. *Toolmap* offre sous *ArcGIS* (*ArcMap*) une palette d'outils disponibles sous forme de menus, de boutons, de listes à choix, de formulaires permettant de construire et d'attribuer les points, les lignes et les polygones qui figurent les différents objets géologiques dans le SIG.

Cet outil permet également de représenter automatiquement les signes, orientés ou non, avec leurs symboles officiels à partir d'une police de caractère spécial créé à cet effet. Il intervient aussi dans les processus de validation topologique et sémantique et dans l'extraction des lignes. Bien que destiné à l'origine à l'implémentation d'un SIG géologique, sa conception ouverte et sa richesse fonctionnelle font de Toolmap un outil tout à fait adapté à d'autres domaines de cartographie (Fig. 5, 6, 7, 8 et 9).

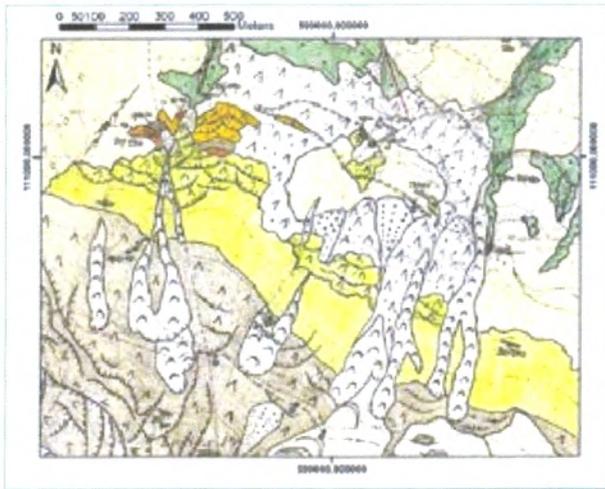


Fig. 05 : Exemple de minute géologique de terrain comprenant les données de base

Fig. 06 : Ensemble des lignes de lacarte géologique vectorisé dans un thème de construction.

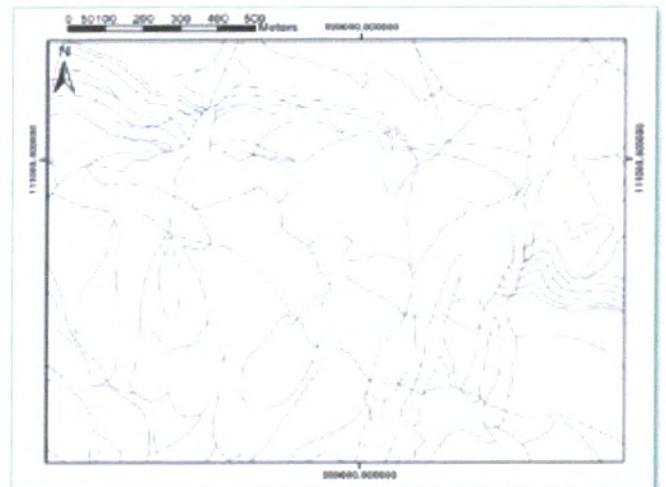
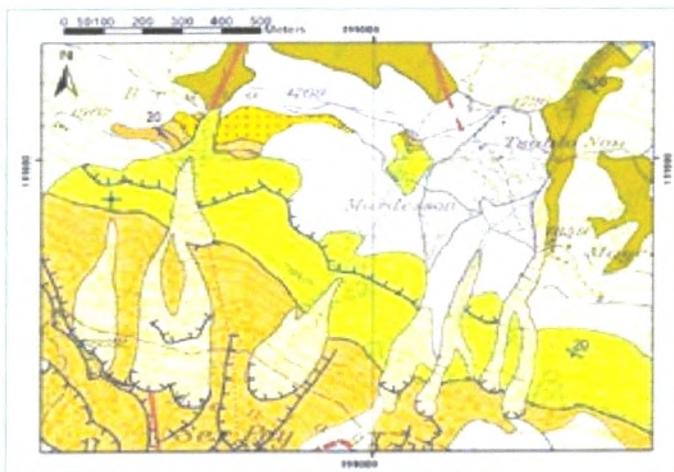


Fig. 07 : Polygones construits à partir « substratum rocheux ».



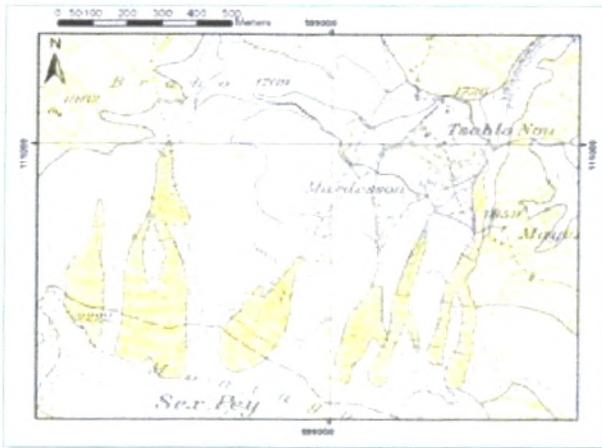
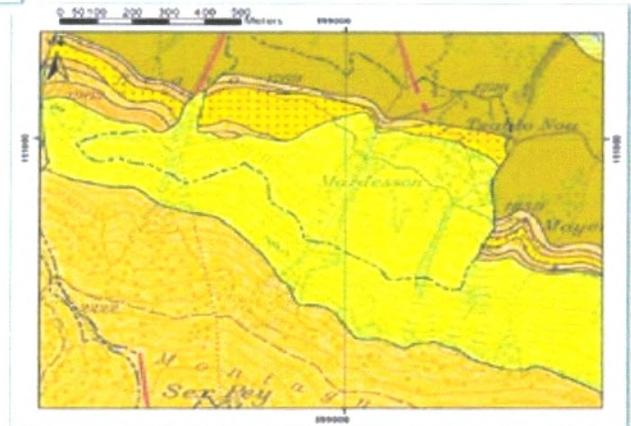


Fig. 08 : Polygones construits à partir des lignes importées dans le thème « terrains superficiels ».

Fig. 09 : Carte géologique obtenue par superposition des thèmes du SIG.



Conclusion

Les SIG nous permettent de représenter et de travailler avec des données liées à des coordonnées géographiques par l'intermédiaire de logiciels (mapinfo). On peut les voir comme l'hybridation entre des logiciels de gestion de base de données, de dessin vectoriel et de traitement de l'image. Ils réunissent en une même interface les fonctionnalités de ces trois types d'application et y ajoutent nombre d'opérations rendues possibles par leur combinaison. Ils permettent, par exemple, de visualiser et imprimer des cartes comprenant différents contenus thématiques ou des informations statistiques, de répondre à des questions basées sur la configuration spatiale des objets étudiés, d'analyser des images aériennes ou satellitaires, de modéliser des cartes prédictives, etc.

Chapitre 2 :

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

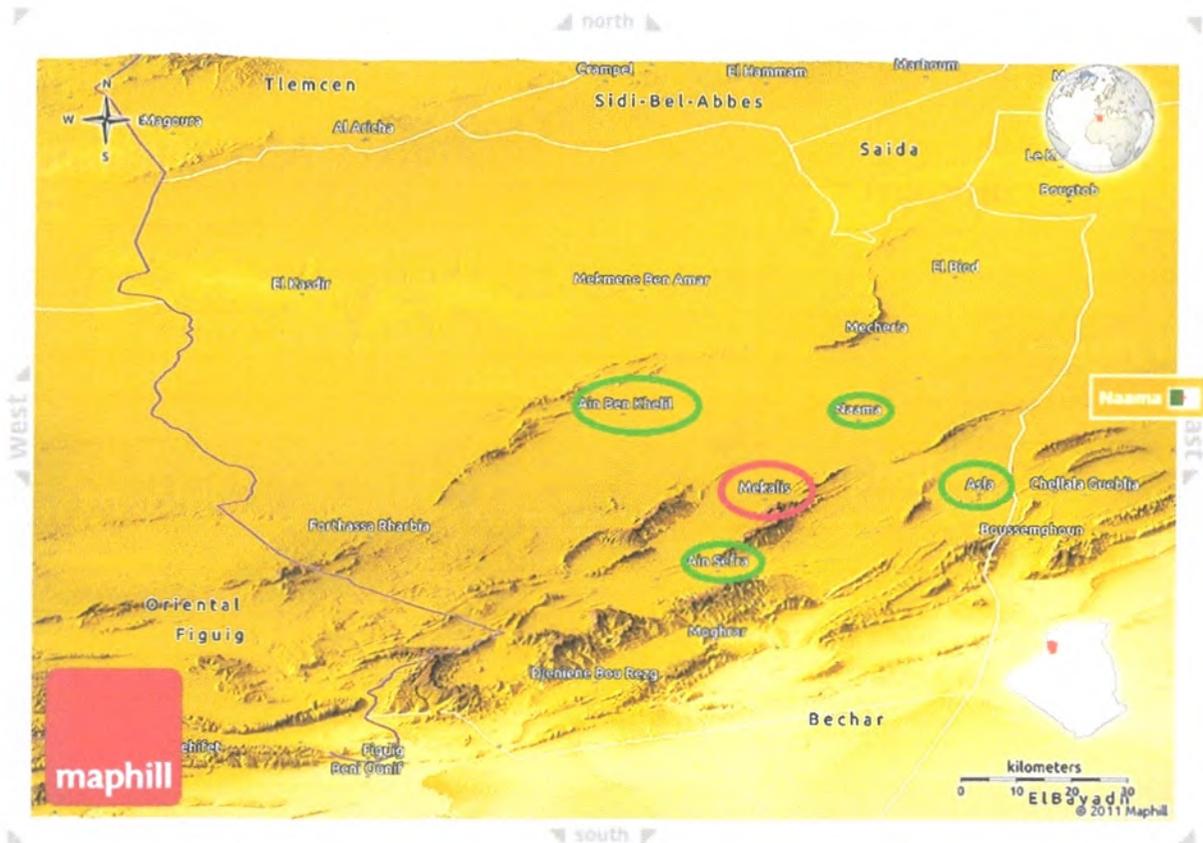


Fig. 11: Localisation géographique de Mékalis, (image satellitaire en 3D)

II. CADRE GEOLOGIQUE

Mékalis correspond à l'alignement montagneux des Djebels Souiga et Mélah. Le Djebel Souiga se présente sous la forme d'un relief étroit, faillé et déversé vers le NO. Le Mélah dessine un pli en éventail avec des flancs déversés. Sa partie centrale est occupée par du Trias argileux, le plus souvent intrusif, en contact anormal avec l'Infralias (Bassoullet, 1973). La succession lithostratigraphique permet de mettre en évidence une évolution allant d'un milieu de plate-forme proximal à un milieu ouvert en transitant par une rupture de pente marquée par des faciès « amminitico-rosso ». Il appartient à l'Atlas saharien qui correspond à une chaîne intracratonique plissée, affectée par une tectonique superposée (Douïhasni, 1976), caractérisée par des plis coffrés de styles « jurassien » qui s'alignent en « chenilles processionnaires » (Flamand, 1911). La structure générale montre trois faisceaux de plis (Ritter, 1902) (Fig. 12, 15) :

- Monts des Ksour (Atlas saharien occidental, région d'Aïn Séfra).
- Djebel Amour (Atlas saharien central, la région d'El Bayadh).
- Monts des Ouled Naïl (Atlas saharien oriental, région de l'Aghouat).

Les travaux récents, réalisés par Kazi-Tani(1986), introduisent une nouvelle subdivision ; l'une longitudinale NE-SO et l'autre transversale. Dans la première subdivision longitudinale, il distingue deux zones :

-une zone préatlasique formée de chaînons bordiers (Antar-Guettaï, les Monts de Nador de Tiaret et les Monts de Chellala).

- une zone atlasique en position plus méridionale (alignement des Djebels Aïssa, Souïga- Mélah, région d'AïnSefra).

Dans la deuxième subdivision transversale, il donne deux compartiments, l'un méridional (SO) où dominent les affleurements jurassiques et l'autre septentrional (NE) à terrains crétacés.

Sur le plan stratigraphique la série des Monts des Ksour peut se résumer comme suit (Bassoullet, 1973 ; Delfaud, 1973 ; Kazi-Tani, 1986 ; Delfaud *et al.*, 1987; Aït Ouali, (1991) (Fig. 12 et 13):

- Trias n'affleure qu'à la faveur des diapirs.

- Lias carbonaté puis marneux de 400m en moyenne à l'affleurement.

-Jurassique moyen et supérieur dominé par l'installation progressive du complexe deltaïque des Ksour (Delfaud, 1974).

- des épisodes carbonatés, à tendance récifale ou oolithique, situées respectivement au Bajocien supérieur, au passage Oxfordien-Kimméridgien, et au Portlandien supérieur-Berriasien.

- Le Crétacé inférieur correspond à environ 600m de grés grossiers fluviatiles.

- Le Crétacé supérieur est représenté par 300 à 500m de marnes plus au moins gypseuses et calcaires cénomano-turonien.

- Les dépôts post-Turonien (Sénonien à Quaternaire) sont mal datés et représentés par des séries continentales conglomératiques (molasses) localisées sur les flancs des structures et en bordure sud-atlasique où elles peuvent atteindre 500 à 1000m.

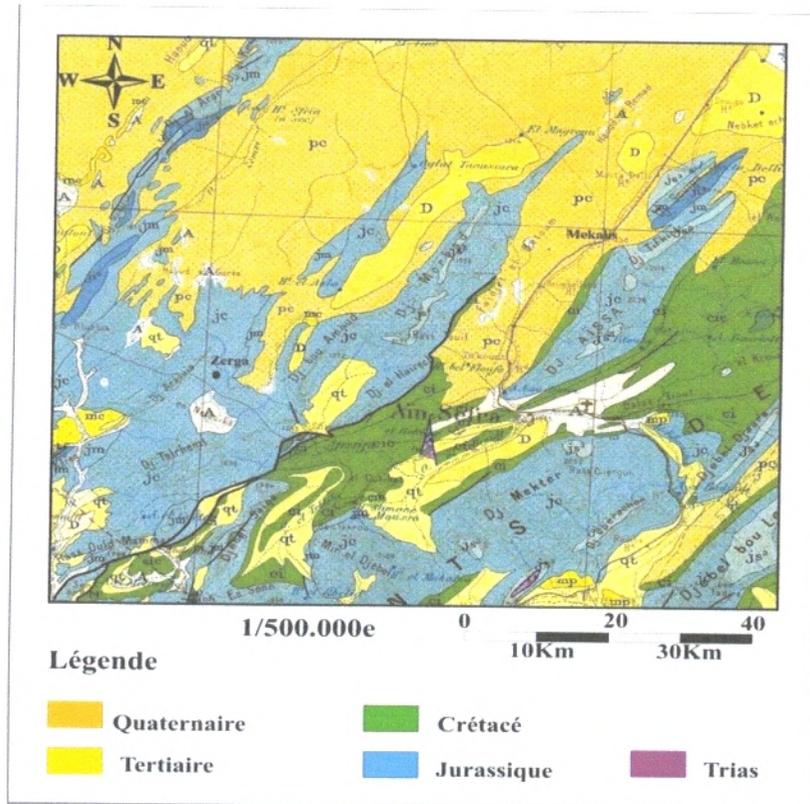


Fig. 12 : Extrait de la carte géologique au 1/500.000^{ème} de la région ouest des Monts des Ksour (secteur occidental des Monts de ksour)(In KACEMI 2013).

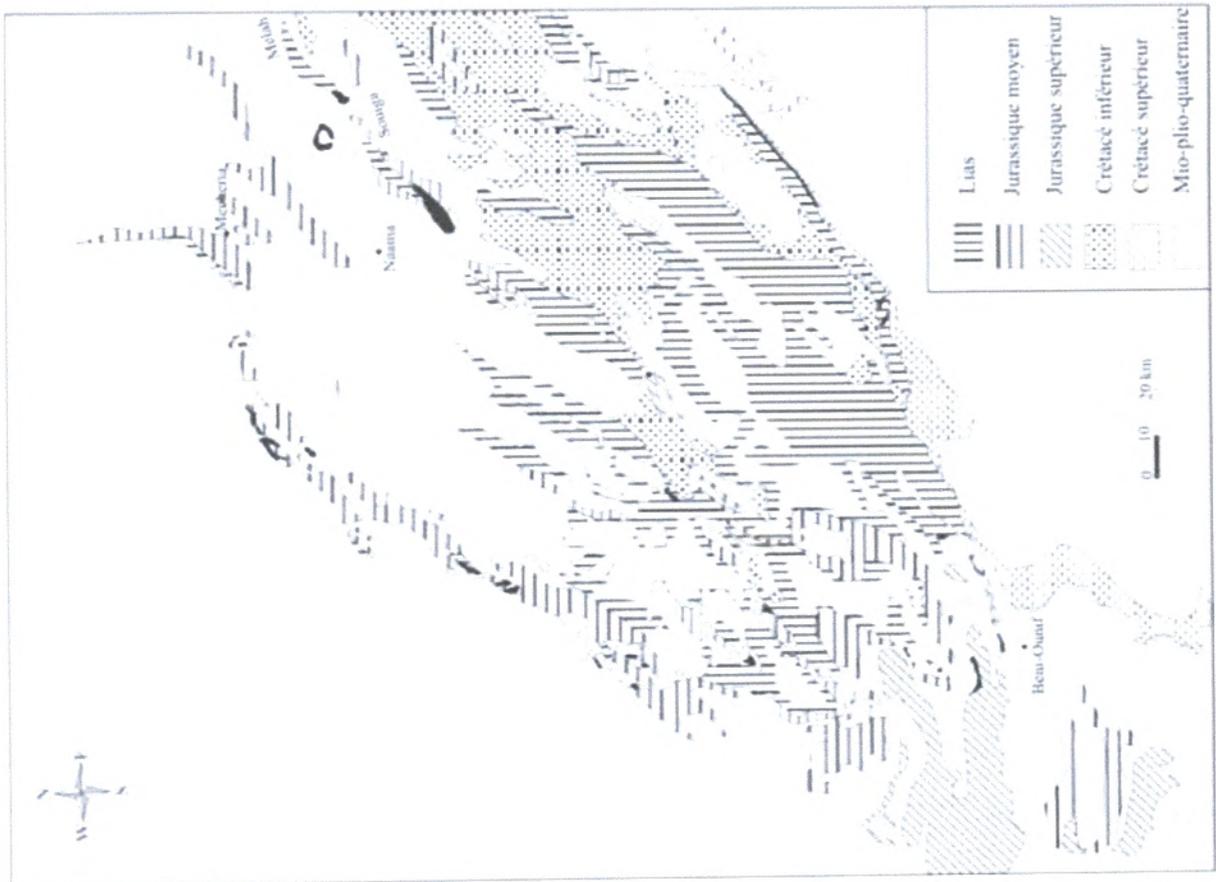
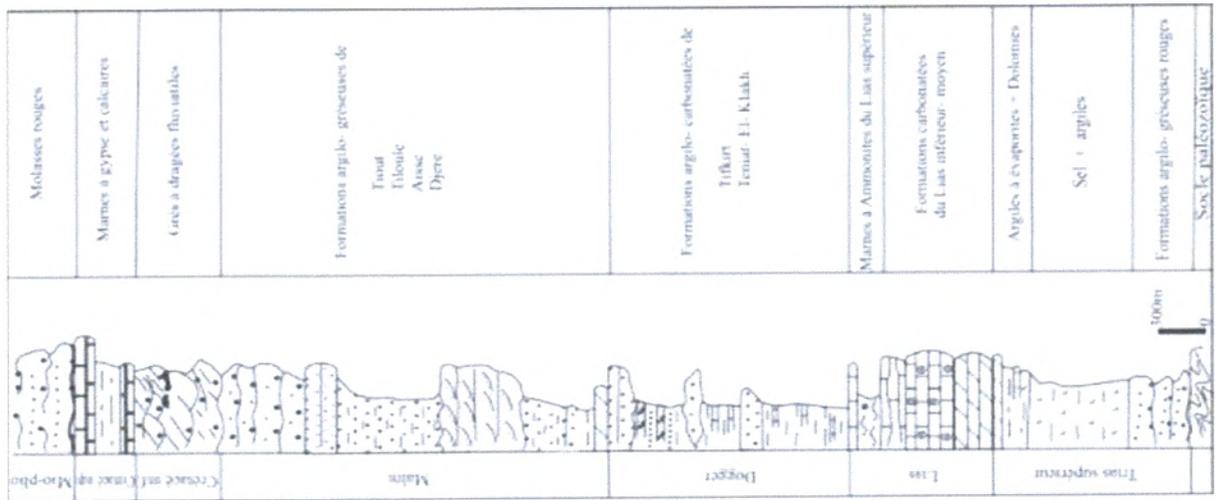


Fig. 13: Carte géologique de l'Atlas Saharien occidental (Aït Ouali, 1991)

Fig.14: La série méso-cénozoïque de Saharien occidental (Aït Ouali, 1991)

III. HISTORIQUE DES TRAVAUX ANTERIEURS

La période de Flamand (1889-1911)

C'est en 1889 que Flamand a entrepris ses travaux de recherche qui ont abouti en 1911 à une thèse présentée à l'université de Lyon. Cette thèse traite une partie du Sahara, l'Atlas saharien, les Hautes Plaines et les régions frontalières algéro-marocaines. Elle a servi de base pour toutes les recherches récentes. La tectonique, la géomorphologie, la stratigraphie, la paléontologie, la sédimentologie et la pétrographie ont été abordées et ont apporté des connaissances fondamentales sur l'Atlas saharien occidental. Cet auteur réalisa aussi des cartes géologiques aux 1/200 000, 1/400 000 et 1/800 000. Il a établi une assise géologique globale des Monts des Ksour.

Cornet (1952)

Une étude de Cornet a été publiée en 1952. Elle s'étend du méridien d'Aïn Séfra (Oued el Melah) et couvre la plus grande partie des Monts des Ksour et l'extrémité occidentale de Djebel Amour (El Bayadh). Son contenu est non seulement une étude stratigraphique du Trias au Quaternaire mais aussi une analyse structurale globale. Il a distingué deux ensembles lithologiques :

Un ensemble plissé à dominance marine d'âge Jurassique et Crétacé,

Un ensemble continental généralement horizontal, mais dont la base a subi en quelques zones bien délimitées de brusques mouvements épirogéniques. Cet ensemble a été attribué au Sénonien.

L'épaisseur du Dogger a été estimée de 1700 à 2000 m. Il s'agit de marnes gréseuses, grès et bancs calcaréo-dolomitiques avec intercalation à la base d'une grande barre dolomitique de 1000 à 1500m à Djebel Antar (au NE de la région d'étude); un faciès dolomitique au Nord-Ouest et un faciès calcaire vers le Sud-Ouest.

D'une épaisseur de 600m, le Jurassique supérieur (Callovien-Oxfordien-Lusitanien) est constitué de grès à bancs calcaréo-dolomitiques à lumachelles séparé du Bathonien (à l'Est vers la région d'El Bayadh) par une dalle calcaire marquant la base du Callovien (Cornet découvre dans cette région des calcaires du Callovien inférieur à Kamptocephalitesp. et Dolocephalites gr. canizzaroï accompagnés de Perisphinctidés et Dycyothyris). Au-dessus

vient une puissante série gréseuse à bancs de calcaires dolomitiques à lumachelles.

Cornet (1952) a constaté que les calcaires du Callovien inférieur disparaissent vers l'Ouest en passant à des grès à bancs calcaréo-dolomitiques et marnes qu'il a attribué à l'Oxfordien (Aïn Ouarka, Djebel Melah) ; c'est le Jurassique supérieur de Flamand (1911). Toujours à l'Est, cette série gréseuse callovo-oxfordienne-lusitanienne est coiffée par un banc calcaire du Kimméridgien à *Ceromyaexcentrica* et *Pachymytilusjurense*. Plus à l'Ouest des Monts des Ksour, il place les séries qui surmontent les couches callovo-oxfordienne dans le Kimméridgien et l'Infra-Crétacé (jusqu'au Valanginien). Il place les calcaires Kimméridgiens observés dans la région d'El Bayadh à la base des grès massifs (Infra-Crétacé) que Flamand (1911) rapportait au Néocomien-Barremien-Aptien. Les niveaux à pseudocargneules (niveau Aptien de Flamand, 1911) sont attribués au Valanginien dans la région d'Aïn Séfra que vers l'Est passent à des calcaires avec une faune caractéristique de cet étage Valanginien.

Dans la région d'Aïn Séfra, Cornet (1952) a fait débiter les grès à dragées (à sphéroïdes Albien de Flamand) à la base de l'Hautérivien. A. Cornet (1952), montre les passages latéraux des faciès du Crétacé inférieur à partir d'Aïn Séfra jusqu'à Laghouat à l'Est ; leur épaisseur diminue jusqu'à 700m vers l'Ouest alors qu'elle peut atteindre 2300m plus à l'Est.

La même année (1952) il a aussi analysé la stratigraphie du Cénomaniens et du Turonien, dans une coupe levée au Nord d'El Biodh Sid Cheikh, où il a distingué deux termes :

-Un terme inférieur constitué par une série marno-calcaire avec des niveaux de marnes à gypses (272m) (Cénomaniens)

-Un terme supérieur représenté par une corniche calcaire avec :

-Une barre calcaire inférieure à *Strombusincertus* (30m) ;

-Un niveau moyen marneux à *Pseudotissotiamleslei* et *Strombusincertus* du Cénomaniens supérieur (25m) ;

-Une barre calcaire supérieure à Rudistes (50m).

Il a placé la limite entre le Cénomaniens et le Turonien au milieu du niveau moyen marneux (intercalé dans la corniche calcaire).

Toujours dans la monographie de Cornet (1952) et dans son chapitre consacré à la

tectonique ; sept coupes structurales ont été présentées afin de définir les différentes formes transversales des principales unités tectoniques (plis, failles, anticlinaux, synclinaux, etc.).

Il a mentionné le terme d'accident sud-atlasique et repris le terme d'accident-nord-atlasique qu'il avait introduit pour désigner une observation sur la faille bordière déjà signalée par Menchikoff en 1946, limitant vers le Nord-Ouest la chaîne de Forthassa (terme employé par Laffite en 1939). Vers l'Ouest, cet accident passe au Maroc où il a été étudié par Du Dresnay (1951). Cornet montre aussi que l'accident sud-atlasique ne constitue pas une ligne continue mais une série de flexures atténuées aux extrémités.

En 1953, Cornet, Galmier et Lucas attribuèrent la série de Raha Zarga (Bordures NO de l'Atlas Saharien) au Jurassique inférieur qui correspondait au Cénomaniens de Flamand. En 1967, Lucas et Galmier décrivent la tectonique du Djebel Kardacha où ils soulignent la complication structurale de la bordure méridionale de l'Atlas saharien qui est jalonné par plusieurs accidents.

Cette année 1967 est marquée par la découverte des Dinosauriens, Crocodiliens et Poissons dans l'Albien d'Aïn Séfra (Crétacé inférieur) par Bassoulet et Iliou.

Étude photogéologique de Galmier 1970

A partir de l'interprétation des photos aériennes (photo interprétation), Galmier a réalisé une étude photogéologique de la région des Monts des Ksour. Neuf (9) coupures de cartes photos géologiques au 1/100 000 ont été élaborées. Les différents faciès ont été représentés par des unités lithostratigraphiques notées de 1 à 31.

Nos formations d'étude, regroupent les unités à partir de l'unité 1 jusqu'à l'unité 25.

Chaque unité ou groupe d'unités correspond à une formation définie par les différents auteurs. Ces cartes couvrent les Monts des Ksour, de la frontière marocaine, à l'Ouest, jusqu'à Chellala Dahrana, à l'Est. Elles constituent aussi une base pour une étude structurale de la région. Galmier a réalisé une synthèse structurale sur celle-ci à partir de quelques observations de terrain qui furent complétées par des analyses stéréoscopiques.

Les travaux de Bassoulet (1973)

Bien que les travaux de Bassoulet aient débuté bien avant, c'est en 1973 qu'il présente sa thèse dans un travail fondamental sur la stratigraphie du Mésozoïque des Monts des Ksour. Il les a subdivisé en quatre grands ensembles lithostratigraphiques en liaison avec l'évolution

sédimentaire du bassin : Les argiles versicolores gypseuses et salines accompagnés de basaltes (Trias), une série épaisse de carbonates surmontée par des marnes (Lias-Bajocien moyen), un ensemble détritique argilo-gréseux à passées carbonatées (Bajocien supérieur-Jurassique supérieur), enfin les argiles à bancs dolomitiques, puis à gypses surmontées par des calcaires (Vracono-Cénomano-Turonien). Il retrace l'histoire des Monts des Ksour au cours du Secondaire.

Il note aussi qu'un sillon se développe après le Trias dans la zone axiale, l'approfondissement de ce sillon à partir du Sinémurien. La dynamique change pendant le Bajocien supérieur, les bassins des Ksour constituent une vaste plate forme où d'épais sédiments détritiques vont s'accumuler jusqu'au Crétacé inférieur.

Les études de Douihasni (1976)

Dans sa thèse intitulée « Etudes géologiques de la région d'Aïn Ouarka - Boussemgoun », Douihasni a adopté le même plan du cadre stratigraphique de Bassoullet (1973). Il a également utilisé les différentes formations définies par ce dernier, qui ne diffèrent que de quelques subdivisions supplémentaires nouvelles. Il a défini ainsi :

La « Formation de Chémariikh » (Héttangien-Sinémurien),

La « Formation de Aïn Ouarka » (Sinémurien-Aalénien),

La « Formation de la Rhoundjaïa » (Cénomaniens supérieur-Turonien).

Il a aussi présenté une importante étude structurale des différentes unités structurales de la région d'étude en se basant sur l'étude et l'interprétation des photogéologiques, les levés cartographiques et un inventaire structural plus ou moins détaillé pour définir les différentes structures (Tiout- Aïn-El Hadjaj- Asla ; Djebel Bouleghfad ; Boussemgoun-Chellala-Arbaouat) afin d'aboutir à un schéma général des structures. Il a procédé aussi à une analyse de la fracturation avec un essai d'interprétation.

Auboin (1977)

L'Atlas saharien occidental (ASO) correspond à un système de dépôt à sédimentation carbonatée et deltaïque dont le mécanisme de déformation a causé une subsidence plus ou moins modérée au cours du Trias-Jurassique inférieur (subsidence tectonique ou initiale) (Pré-rift et rift) qui s'accélère au Jurassique moyen et supérieur (subsidence par gravité) qui s'atténue progressivement au Crétacé inférieur et ceci en liaison avec l'ouverture de l'Atlantique. La transgression eustatique généralisée au Lias produite par la

destruction de la Pangée (Auboin, 1977) se traduit par des dépôts d'abord littoraux puis de plate forme externe et de bassin au Lias Supérieur. L'arrivée très tôt d'un matériel silico-clastique amorce une sédimentation deltaïque du Sud vers le Nord (direction d'écoulement du SO vers le NE) qui dure jusqu'au Crétacé inférieur. A partir du Vraconien une autre transgression s'annonce recouvrant tout le bassin et qui dure jusqu'au Turonien.

Sur le plan tectonique la phase atlasique majeure se place à la fin de l'Eocène.

Les travaux de Kolli (1984)

Dans une thèse de doctorat 3^{ème} cycle, Kolli a étudié les trois formations («Aïssa», «Tiloula » et « Tiout ») qu'il nomma « Complexe détritique bigarré ». Ces travaux ont été basés sur une étude des niveaux minéralisés de quatre secteurs: Djara, Garet-Debba, Mehirize et Tiloula.

Les travaux d'Elmi (1978, 1982, 1986)

Elmi montre les différences de l'évolution géodynamique entre le domaine atlasique occidental (Monts des Ksour), préatlasique (Nador de Tiaret) et tlemcenien (Monts de RharRoubane). Il définit une polarité du Sud vers le Nord avec une ouverture plus précoce du sillon atlasique. En se basant sur son travail et sur les travaux de Bassoullet (1973) et Douihasni (1976), il propose une succession lithostratigraphique de deux formations pour le Lias-Bajocien inférieur; La « Formation de Chémarikh et celle d'Aïn Ouarka ».

Les travaux de Kazi Tani (1986)

Kazi-Tani présente une synthèse sur l'évolution géodynamique de la bordure nord-africaine, ce travail concerne l'ensemble des bassins du domaine intraplaque du nord de l'Algérie, en se basant sur une approche mégaséquentielle qui aboutit à la définition des principaux phénomènes géodynamiques qui ont contrôlé l'évolution des bassins au cours du Méso-Cénozoïque et propose une typologie de ces systèmes de dépôts. Il met en évidence deux grands groupes :

- un groupe éoalpin inférieur, à caractère transgressif qui va du Trias au Lias moyen ;
- un groupe éoalpin médian à caractère régressif qui va du Toarcien à l'Oxfordien .

Les travaux de Delfaud (1973-1987)

A partir de 1973, Delfaud présente de nombreuses notes et publications sur le thème de la sédimentologie, l'analyse séquentielle, le remplissage du bassin atlasique et le complexe

deltaïque des Ksour.

En 1974, cet auteur présente une note sur la sédimentation deltaïque ancienne avec « Les grès des Ksour de l'Atlas saharien » comme modèle remarquable « d'un Delta de plateforme déposé dans un sillon sans pente sédimentaire »,

en reprenant la subdivision de Bassoullet(1973) (les formations de « Téniet el Klakh », de « Tifkirt », de « Djara », de « Aïssa », de « Tiloula » et de « Tiout ») pour l'application de son modèle. Il a effectué une étude sur l'évolution verticale des faciès à base d'une analyse séquentielle du Bajocien jusqu'à l'Albien et une étude sur l'évolution horizontale des faciès du Sud-Ouest vers le Nord-Est.

Dans une note intitulée « Typologie scalaire des séquences sédimentaires en fonction du milieu de dépôt », Delfaud (1974) présente un modèle d'application des séquences de plateforme en milieu gréseux sur les Grèsdes Ksour (complexe deltaïque) où il a redéfini la séquence ksourienne établie déjà en 1973.

Dans une autre note présentée en 1974, il a mis en évidence les grands traits de la paléogéographie de l'Algérie septentrionale durant le Jurassique supérieur et le Crétacé inférieur en prenant en considération l'Atlas saharien et son complexe deltaïque.

En 1986 et dans une note intitulée « Le remplissage des bassins », Delfaud a effectué une étude générale du delta des Ksour sur la stratigraphie du Jurassique moyen au Crétacé inférieur, la sédimentogénèse et la diagénèse de tout le complexe deltaïque afin de situer ce complexe dans le contexte général du système deltaïque. Il a défini un delta subsident de zone stable dominée par des marées et une zone tropicale. Il a réalisé aussi une carte de faciès et a donné une synthèse sur la géodynamique globale du delta des Ksour.

Les travaux d'Aït Ouali (1991)

Un travail important fut mené par ce dernier. Il concerne l'étude des séries du Lias des Ksour dans le cadre du rifting liasique de l'Atlas saharien occidental ayant pour objectifs essentiels la définition des phases d'ouverture du bassin et d'un modèle géodynamique. Cet auteur réalisa une étude sédimentologique et une analyse stratigraphique basée sur un découpage séquentiel et définit quatre formations d'âge respectivement Hettangien pour la séquence L1, Lotharingien pour la séquence L2, Pliensbachien pour la séquence L3 et Toarcien pour la séquence L4. Les trois premières séquences (L1, L2 et L3) correspondent à une mégaséquence transgressive et la séquence L4 à une séquence

klupféliennede remblaiement.

Une étude très intéressante des transformations diagenétiques des carbonates et sur la quantification de la subsidence ont permis à ce dernier de donner l'histoire géodynamique du bassin des Ksour.

En 1994, Almeras et al, présentent une échelle biostratigraphique, basée sur les brachiopodes du Jurassique moyen et citent grâce aux levées de plusieurs coupes de références, des faunes de brachiopodes et d'ammonites dans les Monts des Ksour.

Les travaux d'Ouali Mehadji et Tlili (1994)

Cette même année (1994) voit la présentation de deux autres travaux de Magister. D'abord celui d'Ouali, dans une étude biostratigraphique, paléoécologique et environnementale des peuplements des brachiopodes. Il confirme la subdivision biostratigraphique sur les formations d'étude présentées par ALMERAS et al. Une année auparavant. Ensuite ceux de Tlili qui s'intéressa aux édifices récifaux de la formation de « Tifkirt » pour élaborer une étude paléoécologique et paléogéographique. Les différentes coupes levées dans ce secteur lui ont permis de définir trois épisodes récifaux qu'il a noté, respectivement, par RI (Récifs inférieurs), RM (Récifs Médiants) et RS (Récifs Supérieurs).

Vially et al. (1995), définissent le style structural de l'Avant pays alpin d'Algérie à partir des données de la recherche pétrolière. Ils remarquent qu'à partir du Trias jusqu'au Jurassique, qu'au niveau de cet avant pays alpin existe des bassins intracratoniques très subsidés jusqu'à 8km pour le Trias-Jurassique. La principale inversion tectonique est située au Tertiaire. Ils admettent qu'un raccourcissement de 10km serait suffisant pour donner toutes les structures compressives.

Meddah (1998) fait une étude géologique des appareils diapiriques de l'Atlas saharien occidental (Monts des Ksour) et le volcanisme triasique.

Les travaux de Mékahli 1995-1998

En 1995, Mékahli a entrepris un important travail sur l'évolution des Monts des Ksour de l'Hettangien au Bajocien (biostratigraphie, sédimentologie, stratigraphie séquentielle et paléogéographie). Il a délimité la région en quatre secteurs qui sont en liaison avec l'évolution sédimentaire du bassin, où il a réalisé une stratigraphie de haute résolution et une reconstitution de la géométrie de dépôt.

Ces secteurs sont :

Le secteur d'Aïn-Ben khellil (bassin septentrional et ride septentrionale) ;

Le secteur de Mékalis (ride médiane) ;

Le secteur d'AïnOuarka (bassinseptentrion);

Le secteur de Kardacha (ride méridionale).

Il a proposé et définit d'autres formations dans l'Infralias-Bajocien au niveau de ces secteurs.

Dans le secteur d'AïnOuarka et en raison de la grande épaisseur de la « formation d'AïnOuarka » déjà définie antérieurement par Douihasni (1976) et adoptée par Elmi (1978) ; Mékahli (1995) pense que cette formation constitue en fait un groupe au sens lithostratigraphique qu'il l'a subdivisé à son tour en trois formations :

- Les « Alternances d'Aïn Ouarka » (Sinémurien-Domérien supérieur) ;
- Les « Marno-calcaires de Aïn-Rhézala » (Lias supérieur-début de l'Aalénien) ;
- La « Brèche de la Raknet El Kahla » (Aaléno-Bajocien).

Les travaux de Mékahli ont été publiés dans les documents de Lyon (France) en 1998.

Enfin, les successions lithostratigraphiques établies par Flamand et Cornet, puis par Bassoullet, Douihasni, Aït Ouali et Mékahli serviront de base pour la nomenclature de cette thèse.

Kacemi (2005) abordant la dynamique sédimentaire de la série fin Dogger-Crétacé, où il étudia avec détails la lithostratigraphie, la sédimentologie, l'analyse séquentielle et la stratigraphie séquentielle des différentes formations du Jurassique moyen au Crétacé en donnant un modèle du delta des Ksour. Il subdivisa les Monts des Ksour en secteur occidental et secteur oriental selon un axe orienté SSO-NNE.

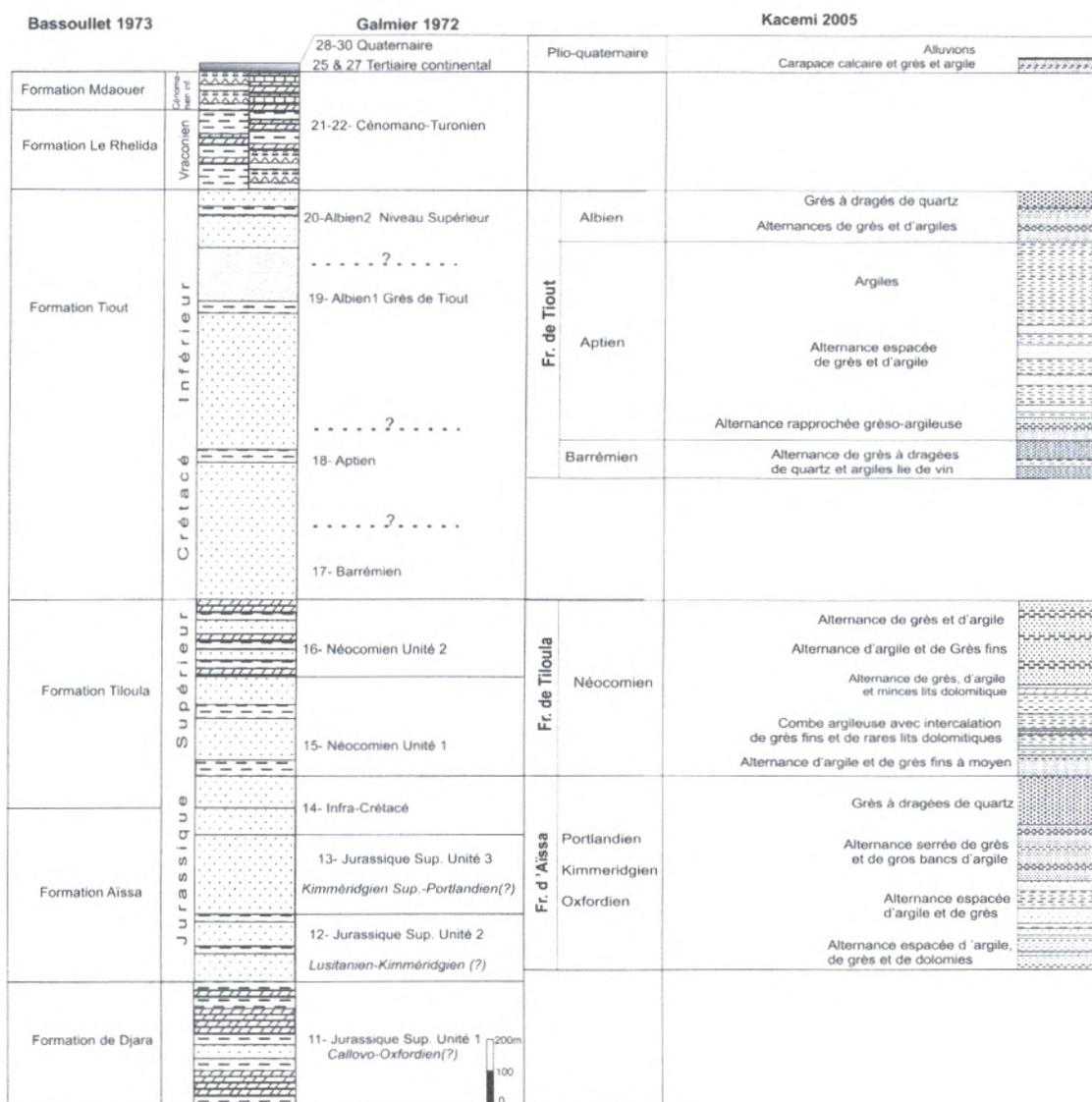


Fig. 15 : Attribution stratigraphique des formations détritiques dans la région d'Aïn Séfra (Kacemi, 2005)

Evolution structurale

Les études structurales réalisées dans le Monts des Ksour (Douihasni, 1976 ; Elmi, 1978, 1996 ; Aït Ouali, 1991 ; Aït Ouali *et al.*, 1995 ; piqué *et al.*, 2002 ; Yelles-Chaouche *et al.*, 2001) ont permis de mettre en évidence un stade de rifting qui a été engendré par la conjugaison de mouvements distensifs et trantensifs (Aït Ouali, 1991) pendant la période triasico-liasique. Cette ouverture en pull apart qui est contemporaine de la naissance de l'Atlantique et de la Téthys est contrôlée par des failles normales de direction N75 (Aït Ouali, 1991 ; Frizon de Lamotte *et al.*, 2000) associées à des accidents obliques (N110-N20) qui auraient

joué en décrochement (Aït Ouali, 1991). (Fig. 17)

La région est marquée par l'existence de deux accidents importants d'extension différente (fig. 17) :

- Le plus important est l'accident «Sud-atlasique» ou «Flexure Nord-saharienne» d'orientation générale ENE-OSO qui sépare le domaine alpin du domaine saharien (Laffite, 1939) et qui s'étend depuis Agadir (Maroc) jusqu'à Gabès (Tunisie).

- L'accident «Nord-atlasique» connu également sous le nom de «l'accident Sud-mésétien » (Kazi-Tani, 1986), correspond à une zone accidentée qui présente localement une nette séparation entre le style atlasique et celui du domaine des Hautes Plaines oranaises (zone stable).

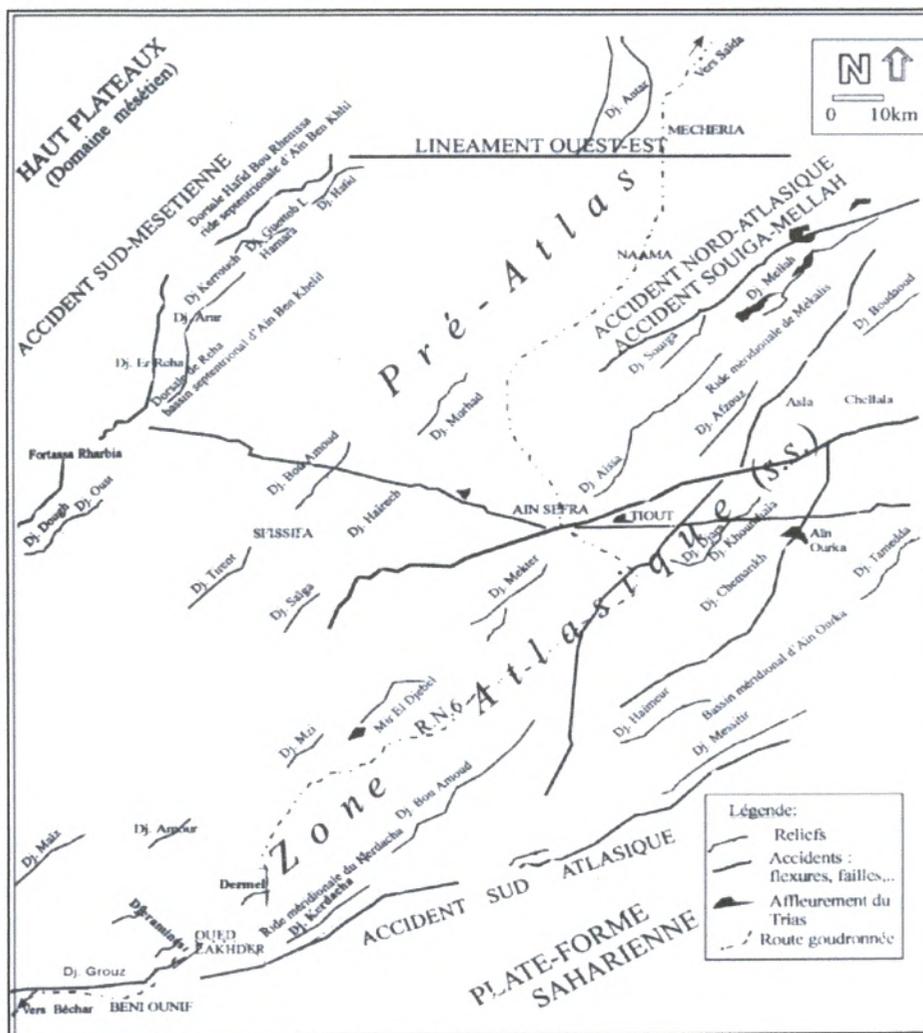


Fig. 16 : Réseau de fracturation et continuité des accidents tectoniques cassants (MEKAHLI 1998)

Chapitre 3 :

IMPLICATION

DU SIG POUR L'IDENTIFICATION

DE LA CARTOGRAPHIE

LITHOLOGIQUE DU SYNCLINAL

DE MEKALIS

Introduction

Nous avons utilisé Mapinfo qui nous a permis de travailler facilement des images raster sous les formats suivants : JPEG, GIF, TIFF , PCX, BMP, TGA, BIL, MrSID.

« Caler » une image raster signifie faire entrer des coordonnées géographiques dans une projection définie et indiquer quels points de l'image correspondent à ces coordonnées. Il est indispensable de caler chaque image raster avant de l'utiliser dans la base de données surtout si vous utilisez l'image avec des données vectorielles. Les informations de calage sont stockées dans le fichier « .tab ».

Il est également conseillé d'utiliser quatre points de calage afin d'évaluer l'erreur commise au moment de la saisie des points de calage.

I. Conversion des coordonnées et Calage

Le **PCC** : est un programme de conversion des coordonnées utilisé en Algérie. C'est un logiciel de conversion de coordonnées géographiques qui permet de convertir des coordonnées exprimées en Latitude/Longitude dans différents systèmes géodésiques ou bien en X,Y dans des différentes projections (Fig. 18).

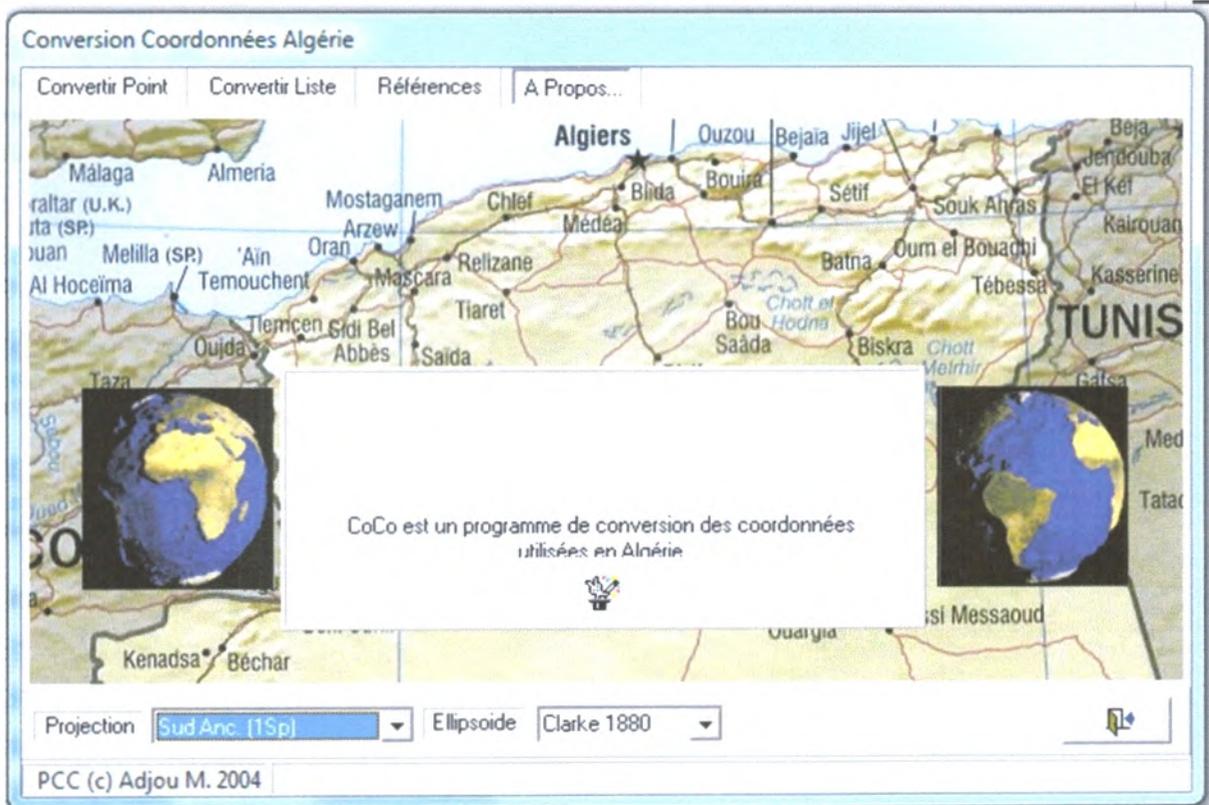


Fig. 17 : PCC

Nous avons choisis les points suivants avec des coordonnées Lambert et nous obtenons les coordonnées en UTM (Tableau 2) :

Tableau 2 : les coordonnées Lambert et UTM des points utilisés pour le calage de la carte géologique :

Points de calage	X Lambert (m)	Y Lambert (m)	X UTM (m)	Y UTM (m)
Point 1	178000	290000	709486,86	3671188,21
Point 2	215000	290000	746454,52	3673206,66
Point 3	215000	230000	749716,92	3613253,01
Point 4	178000	230000	712750,33	3611247,28

II. Le calage :

La zone d'étude englobe deux parties des cartes géologiques d'Aïn Séfra et de Mékalis à 1/100 000^{ème} (scannées avec une résolution de 300 Dpi pour avoir une image claire et pas trop volumineuse. Après avoir collé les deux cartes nous avons limité le synclinal de Mékalis et déterminé les coordonnées Lambert des quatre pixels des chaque coin de l'image afin de les convertir en UTM (WGS 84, Zone 30) (Fig. 19). L'erreur du calage est égale à 0 (Fig. 20).

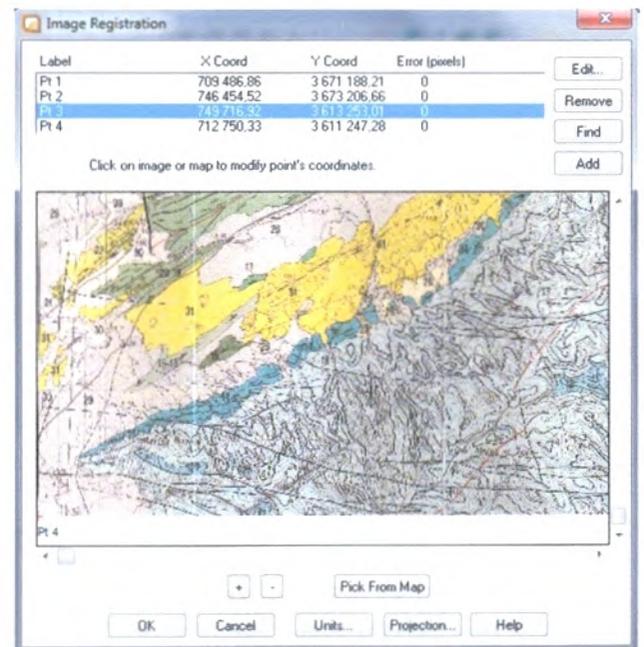
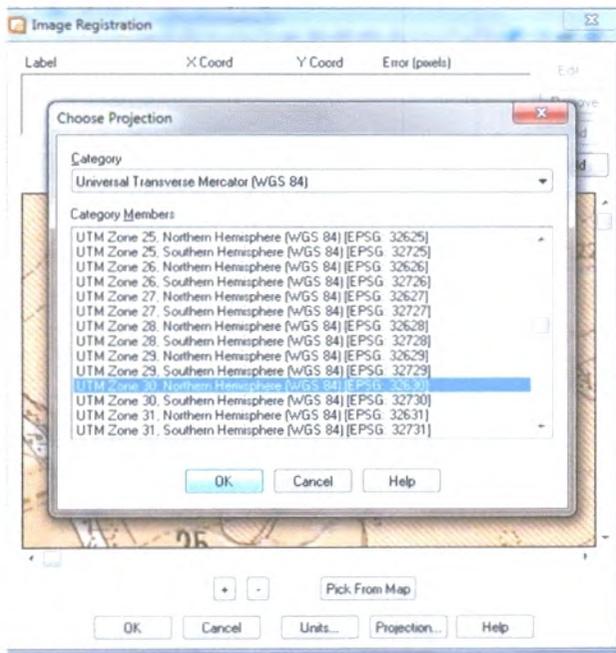


Fig.18 : Choix de la projection et la zone UTM. Fig. 19 : Calage de la carte géologique

III.DIGITALISATION

Le Système d'Information Géographique est la combinaison de deux systèmes d'analyse : la cartographie et la base de données.

L'utilisation du SIG repose sur le lien créé entre les objets graphiques et les données tabulaires.

Etape1 : La digitalisation des données géographiques

La digitalisation consiste en la reproduction du contenu d'une image à partir d'éléments géométriques simples.

Les éléments géométriques utilisés diffèrent selon les types d'objet à digitaliser : une faille ou une route par un trait et une ville par un point, un affleurement par un polygone.

Le résultat obtenu est une image en mode " vecteur " (Fig. 21).



La carte géologique scannée

Image vecteur

Fig.20 : De la carte vers l'image vecteur.

Etape 2 : Le recueil des données alphanumériques

Le recueil des données consiste en la prise en compte de l'ensemble des informations nécessaires à l'élaboration du SIG.

Les données ainsi recueillies devront permettre la création de la base de données mais également permettre de répondre avec précision aux interrogations futures.

Le choix des données enregistrées dans la base est très important. L'outil informatique n'aura de valeur que s'il peut répondre précisément aux besoins de l'utilisateur.

Une analyse précise des besoins de l'étude doit donc être faite avant la collecte des informations. Nous avons utilisé les cartes géologiques (Aïn Séfra et Mékalis à 1/100000^{ème}), les études structurales et l'étude géophysiques comme des bases de données dans notre travail.

Etape 3 : La saisie des informations

Une fois les données géographiques constituées et les données terrains recueillies, le lien entre les deux peut être effectué.

La saisie des informations s'effectue dans des tableaux (" tables "), chaque ligne (" enregistrement ") représente un objet graphique et chaque colonne (" champ ") représente une information s'y rapportant.

A chaque couche de données graphiques correspond une table d'information correspondante (Fig. 22). Il s'agit dans cette étape de donner à chaque objet graphique l'ensemble des informations le concernant.

Ainsi un polygone représentant un affleurement pourra se voir attribuer une surface, âge, un pendage. Une ligne représentant faille pourra se voir attribuer une direction, une longueur, etc. (Fig. 23).

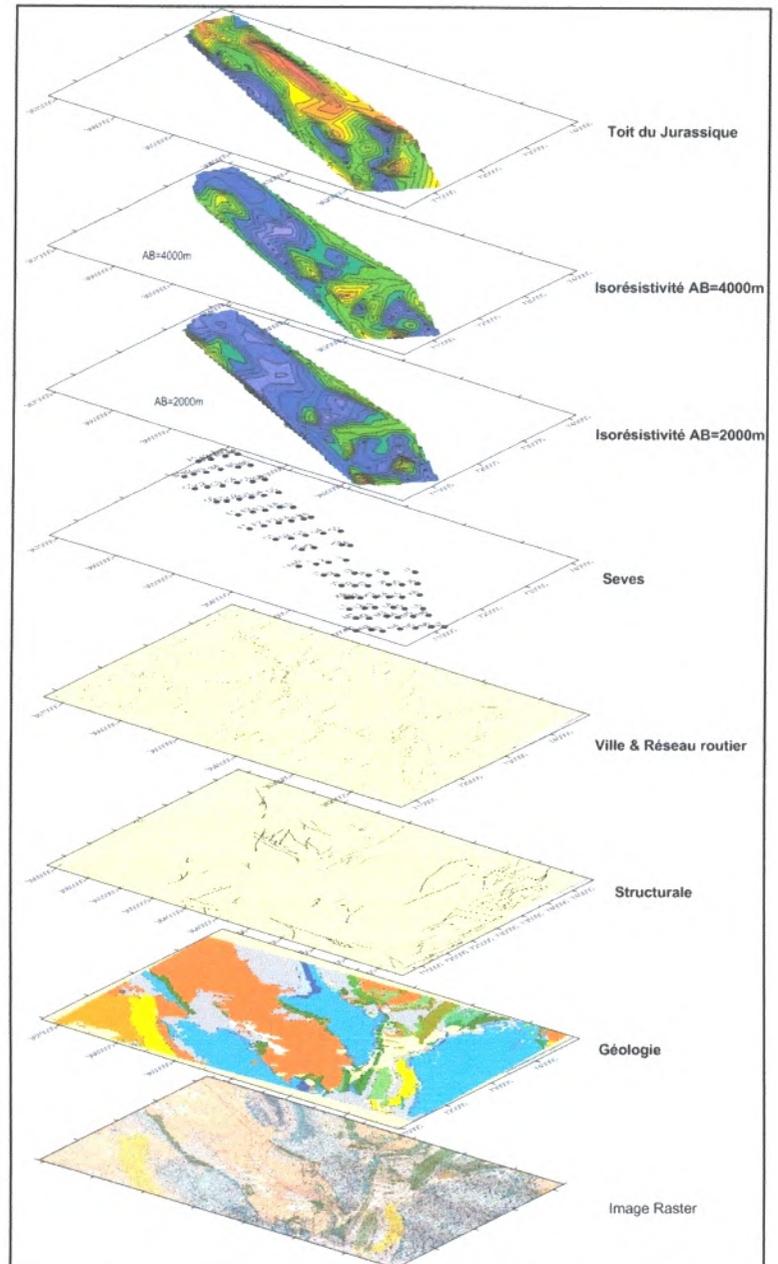


Fig.21 : Couches de données graphiques.

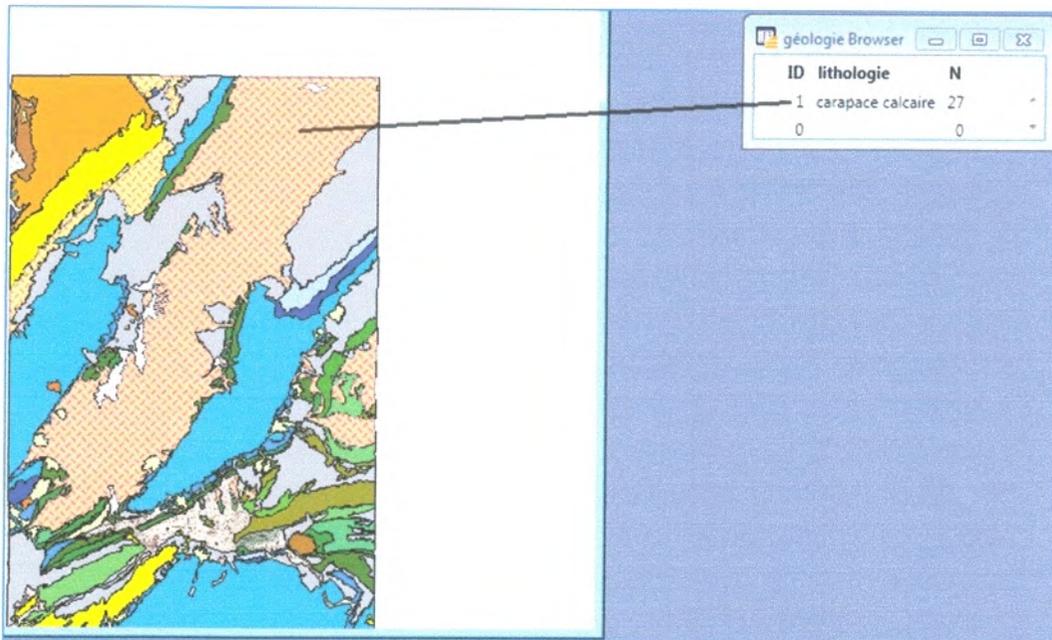


Fig. 22 : Relation entre chaque élément vectoriel et une base de données

Etape4 : Définir les différents thèmes (ou couches) composant un SIG

Définir les différentes couches consiste à organiser l'information géographique de manière cohérente afin de faire ressortir les informations essentielles à une analyse fructueuse.

Certaines couches de données seront retranscrites sans modifications : la géologie, la structurale, la voirie.

Par contre, certaines couches, les plus intéressantes pour nous, comme les couches de données géophysiques seront retranscrites après avoir subi les calculs, tris, filtres et autres analyses, permettant le déchiffrage des données en intervenant d'autres programmes de calcul (Surfer) et/ou de SIG (Global Mapper).

A. Couche « Géologie »

Carte géologique - La représentation des terrains affleurant à la surface du sol de la région de Mékalis montre une large dépression crétacée avec un remplissage pliocène, limitée par des terrains jurassiques (Fig. 24).

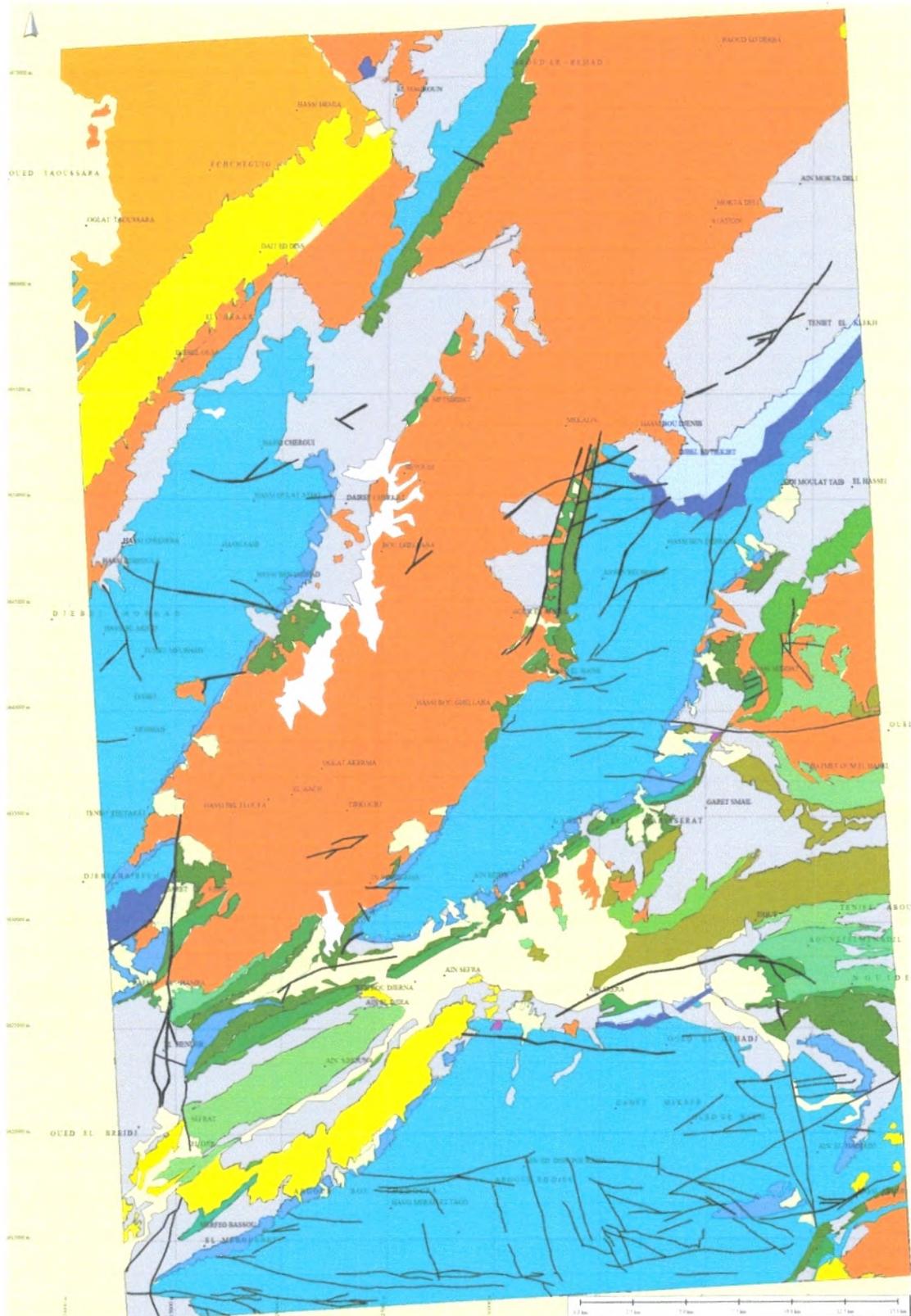


Fig.23 : Couche « géologie » du synclinal de Mékalis.

Terrains sédimentaires

Quaternaire

-  Formation dunaire
-  Alluvions modernes
-  Alluvions anciens formations tufacées
-  Piedmonts colluvions

Tertiaire continental

-  Carapace calcaire. form continentales
-  Grés et argiles. couches rouges

Crétacé

-  Albien1, grés de Tiout
-  Aptien
-  Barrémien

-  Néocomien-Unité 2
-  Néocomien-Unité1

-  Série de transition. Infracrétacé

Jurassique

-  Jurassique supérieur continental. Unité 3

-  Jurassique supérieur continental. Unité 2
-  Jurassique supérieur continental, unité1
-  Dogger Unité 4
-  Dogger sup s I
-  Dogger Unité 3
-  Dogger unité 2
-  Dogger Unité 1
-  Lias supérieur
-  Lias s I
- Trias**
-  Trias diapir, Argileux gypseux
- Faille
- réseaux routiers

B. Structural

Carte structurale - Carte indiquant les dispositifs tectoniques affectant les terrains (plis, failles, chevauchements) et parfois l'allure de ces derniers en profondeur. Dans notre cas nous avons présenté l'ensemble des failles détectées par la photogéologie de Galmier. Nous pouvons détecter que la partie sud représente une fracturation plus intense (zone atlasique) en revanche la partie nord est plus stable (Fig. 25).

C. Informations géophysiques

Des éléments de réponse peuvent être produits par l'exploitation des résultats de la campagne de prospection géophysique réalisée par la CGG (1974) le long du synclinal. L'étude comprend 45 sondages électriques (SE) distants entre eux de 2 km environ et repartis sur 9 profils de direction Nord Ouest - Sud Est (Fig.26) et de longueurs de ligne AB égales à 2000 m et 4000 m.

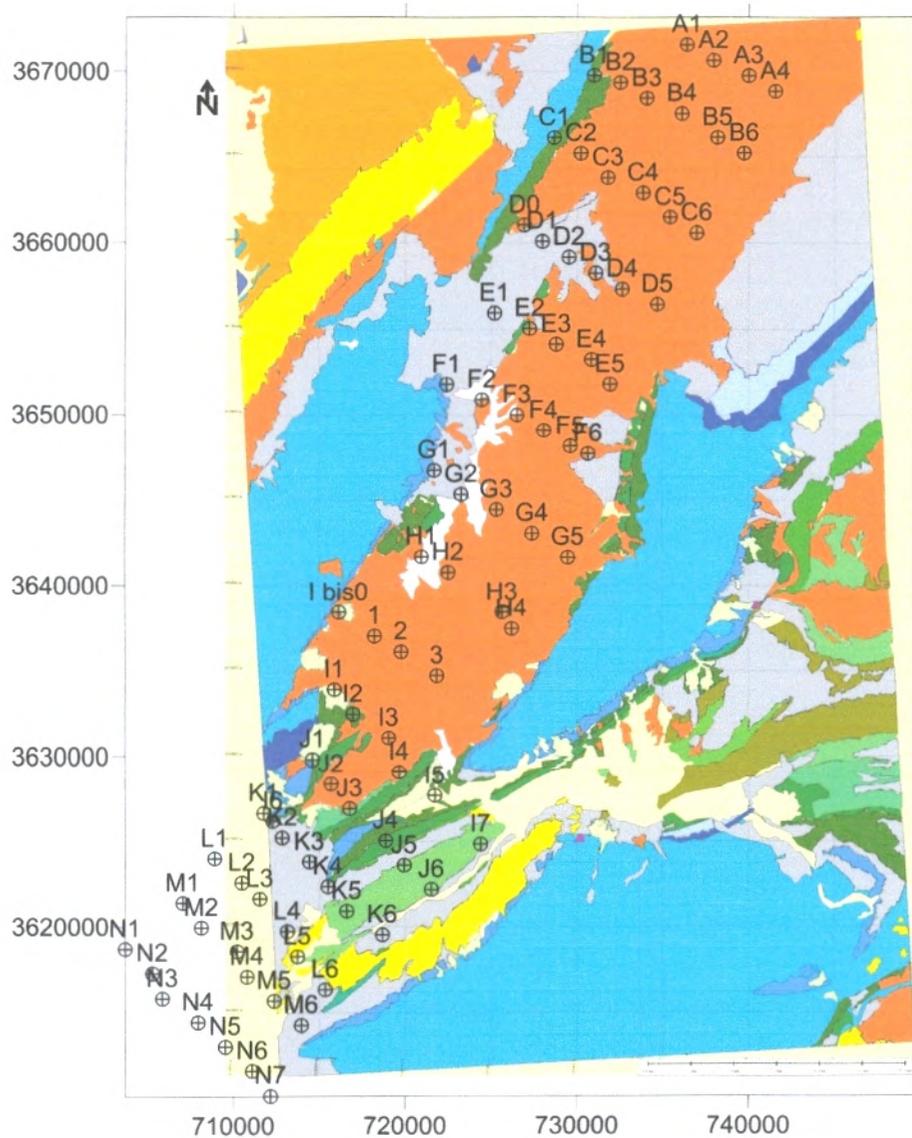


Fig. 25. : Carte de situation des sondages électriques dans le synclinal de Mékalis (CGG, 1974)

C-1. Interprétation des profils géo électriques

L'interprétation des profils géoélectriques (Fig. 27) de la campagne géophysiques (CGG, 1974) est calée sur l'échelle des résistivités suivantes (Tableau 3) :

Tableau 3: Echelle des résistivités des formations (CGG, 1974)

Résistivités ($\Omega.m$)	Caractéristiques lithologiques	Age des formations
15-30	Argiles rouges	Mio-Pliocène
50-200	Grés et sables	
100-300	Alternance de grés et d'argiles	Crétacé Inférieur
20-40	Argiles avec rares passées gréseuses	
300-500	Grés à stratification oblique et niveau argileux de faible épaisseur	Jurassique
100-300	Ophites emballées dans un matériel argileux	Trias
15-30	Argiles gypso-saline	

La coupe géoélectrique D (Fig. 27) orientés NO-SE mettent en évidence l'existence d'une structure plissée profonde que recouvre en discordance une formation superficielle, subhorizontale.

Le Jurassique supérieur argilo-gréseux caractérisé par la résistivité de 300 ohm.m, et le crétaé inferieur représenté par une formation résistante à 150 ohm.m comprise entre deux niveaux conducteurs 25 et 30 ohm.m, s'organisent sous la forme de deux synclinaux séparés par un haut fond anticlinal.

Le mio-pliocène non affecté par les plissements est formé d'un premier horizon résistant argilo-gréseux de 100 à 200 ohm.m recouvert par une formation argileuse conductrice de 30 ohm.m. A noter, enfin une plus grande profondeur du Toit du

Jurassique au SE ou il atteint 800 mètres, ainsi qu'un épaissement des différentes formations du crétacé inférieur au niveau des axes synclinaux.

La coupe géoélectrique H (Fig. 27) montre une atténuation des plissements accompagnée d'un enfouissement de l'axe anticlinal jurassique déporté légèrement vers le NO, n'affecte plus le Crétacé inférieur et disparaît peu à peu vers le SO.

Le crétacé inférieur représenté généralement par un seul niveau résistant révèle (Coupe H) un second de résistivité 100 à 150 ohm.m constitué de deux lentilles gréseuses situées de part et d'autre de l'axe anticlinal médian.

Sur la coupe géoélectrique J (Fig. 27) le schéma structural se complique avec apparition d'un phénomène diapirique à la faveur d'accident subverticaux profonds dans la région d'El-Henjir. Le Trias paraît formé d'une formation argilo-gréseuse conductrice intercalée dans des formations ophitiques résistantes.

C.2. Interprétation des cartes des résistivités apparentes

AB=2000 m (fig. 28)

La carte des résistivités apparentes montre un changement de faciès au niveau des formations crétacées. Les zones périphériques sont marquées par des résistivités apparentes plus élevées (75 à 100 $\Omega.m$). Au SW, les courbes d'iso-résistivité supérieure à 75 $\Omega.m$ marquent l'influence de l'anticlinal jurassique médian. La présence d'un niveau crétacé résistant n'influe pas sur les zones les plus conductrices délimitées par deux courbes fermées de résistivités de 50 $\Omega.m$. la zone comprise entre les deux courbes de résistivités 50 à 75 $\Omega.m$ correspond à l'apparition des lentilles gréseuses crétacées et à une augmentation de l'épaisseur des niveaux moy-pliocènes résistants.

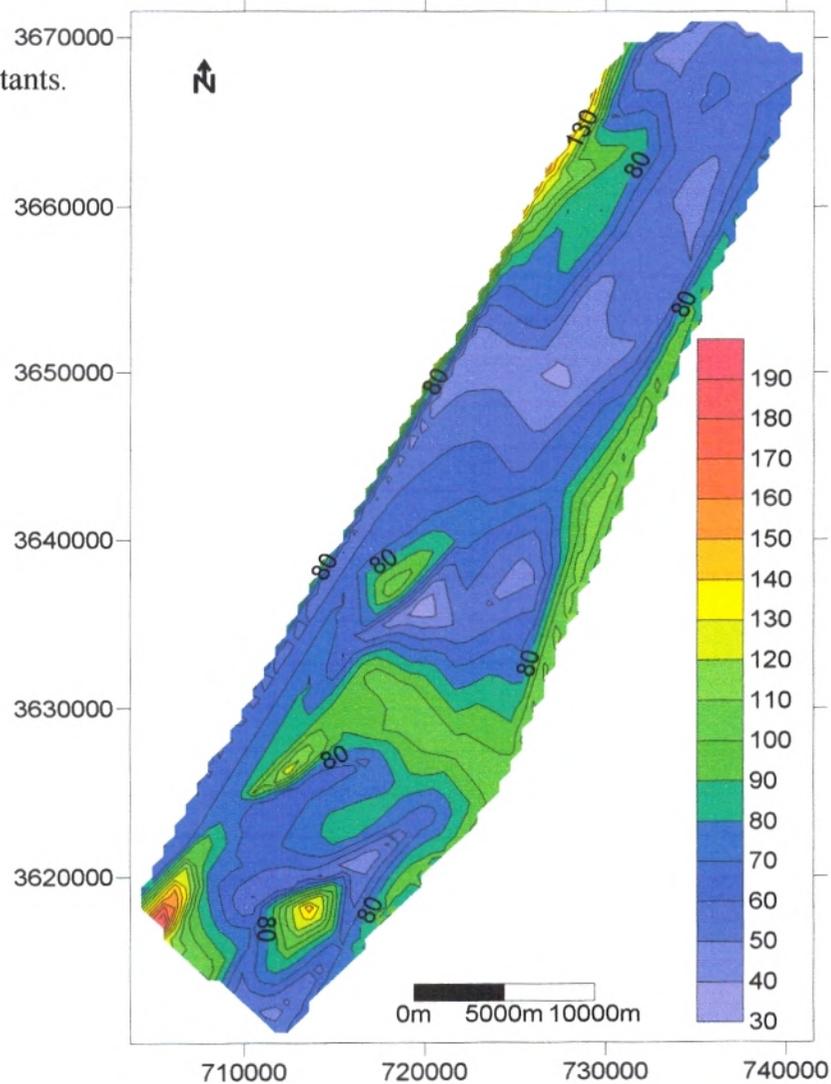


Fig.27 : Carte de résistivité AB=2000m

AB= 4000m (fig.29)

Cette carte de plus grande profondeur d'investigation permet de suivre la nature et l'allure des formations jurassiques. Elle nous donne une idée sur la structure des formations profondes. Au SW, les courbes d'isorésistivités supérieures à 100 $\Omega.m$ marquent l'influence de l'anticlinal jurassique médian orienté parallèlement à la direction atlasique.

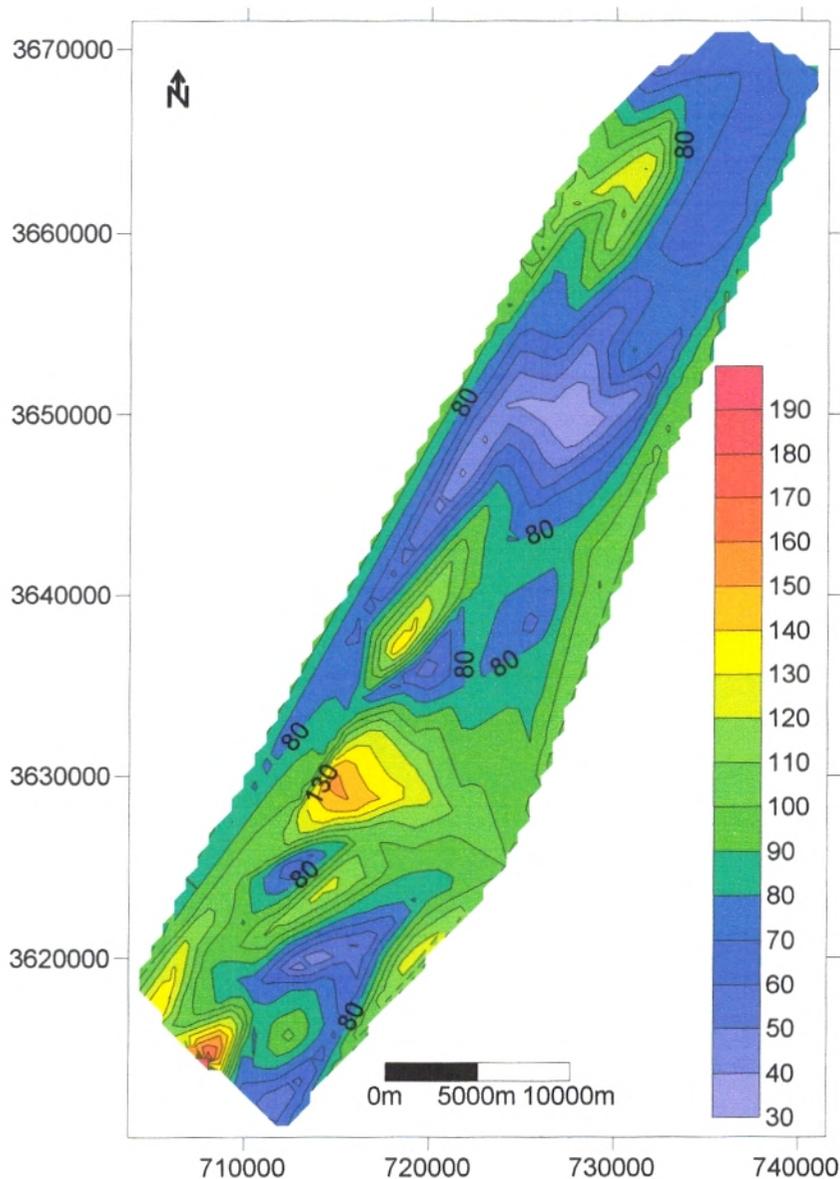


Fig.28. : Carte de résistivité AB=4000m

C.3. Carte du toit du Jurassique (fig.30)

Cette carte met en évidence la structure plissée et l'axe anticlinal médian d'orientation :

- N55°E dans la partie SO correspondant à la direction principale des plissements atlasiques ;
- N10°E à N 15°E dans la zone centrale entre les profils G et F ;
- N20°E à N 30° E dans le secteur septentrional de Mékalis.

A la lumière de ces constatations, il ressort que l'existence d'un accident tectonique est probable (Abada, 1986). Dans le secteur central, l'axe anticlinal médian s'ennoie sous les formations crétacées et mio-pliocènes.

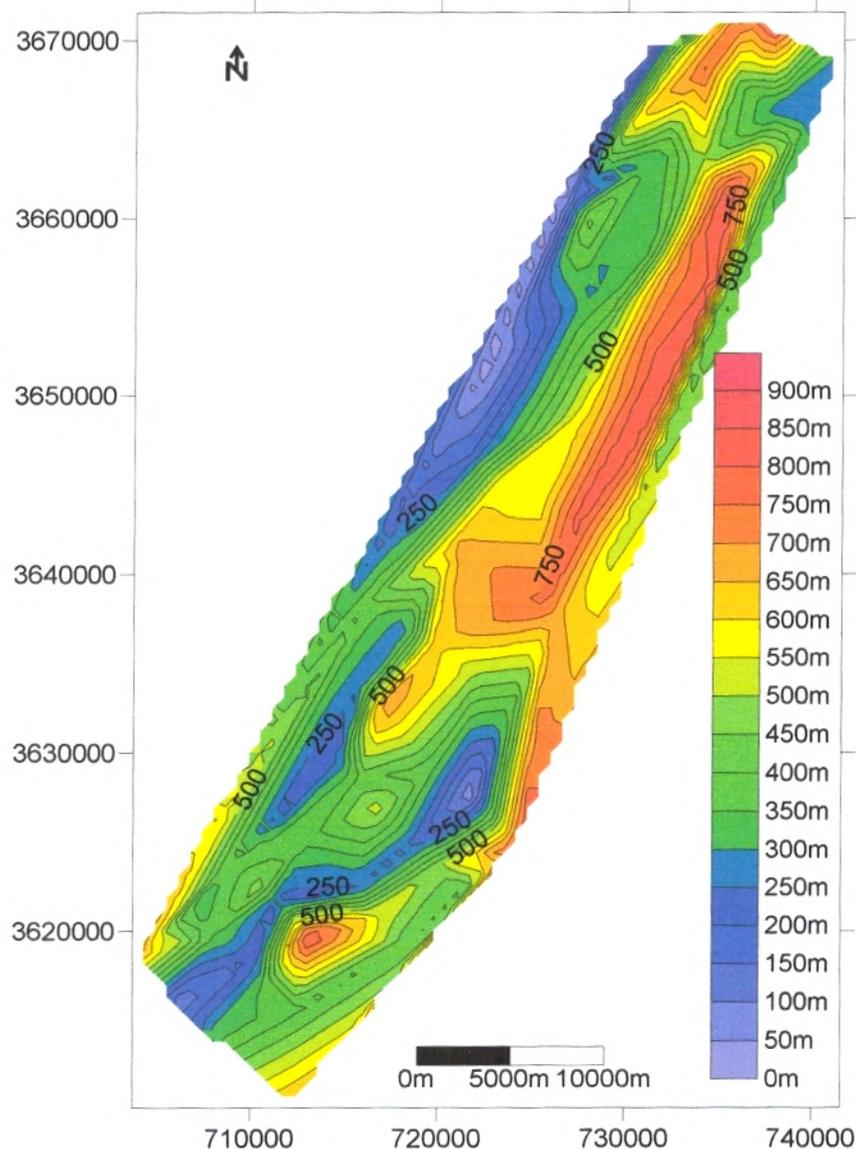


Fig.29. : Carte du toit de Jurassique

Conclusion

Mékalis correspond à l'alignement montagneux des Djebels Souiga et Mélah. Il s'étend sur 50 km et comporte des hauts fonds. Ce secteur est séparé d'Ain BenKhelil par une vaste étendue couverte de sédiments plio-quadernaires.

Au terme de ce travail, on voudrait essentiellement faire ressortir l'intérêt de l'outil informatique « SIG » à la cartographie géologique du synclinal de Mékalis qui a pour but principal de reconnaître sa morphologie.

Du point de vue géologique, le synclinal de Mékalis est une structure pincée entre l'anticlinal du Djebel Morhad et l'anticlinal du Djebel Aissa. Les replis observés sont ceux d'un pli anticlinal médian suggéré par l'étude géophysique.

L'étude géophysique et les données lithostratigraphiques des coupes géoélectriques, nous ont permis de préciser l'évolution tectonique durant les différentes périodes.

Le Système d'Information Géographique a joué un rôle déterminant en facilitant l'accès aux différentes cartes, il nous a permis une centralisation des informations dans une base de données archivée que nous pourrions utiliser ultérieurement dans d'autres études.

Le support utilisé pour le stockage de cette dernière est un support numérique donc présentant l'avantage d'une pérennisation et un accès plus simple et plus pratique.

La mise à jour des données géographiques et des données alphanumériques nécessite des méthodes et des processus de travail clairement définis dès la mise en place du SIG.

Il faut, pour garantir une saisie efficace et pour éviter les " failles ", désigner des utilisateurs spécifiques pour les tâches de mise à jour. Il est également nécessaire d'effectuer ces mises à jour avec une périodicité définie selon la vitesse d'évolution des données.

Listes des figures

Liste des figures

Chapitre 01 :

Fig. 01 : Données et Réalités - les SIG[Que Sais-Je ? - PUF, 1996]

Fig. 02 : Les composantes du SIG.

Fig. 03 : Exemple de quelques données Raster (a : image satellitaire, b : image scannée,

c : ortho photo aérienne) [BONNET M. 2012]

Fig. 04: Représentation schématique des deux types de structure d'un SIG [Site ESRI FRANCE].

Fig. 05 : Exemple de minute géologique de terrain comprenant les données de base.

Fig. 06 : Ensemble des lignes de la carte géologique vectorisée dans un thème de construction.

Fig. 07 : Polygones construits à partir des lignes importées dans le thème « substratum rocheux ».

Fig. 08 : Polygones construits à partir des lignes importées dans le thème « terrains superficiels ».

Fig. 09 : Carte géologique obtenue par superposition des thèmes du SIG.

Chapitre 02 :

Fig. 10 : Localisation géographique des Monts des Ksour et des secteurs étudiés.

Fig. 11:localisation géographique de Mékalis,(image satellitaire en 3D)

Fig. 12:Carte géologique de l'Atlas Saharien occidental (Aït Ouali, 1991).

Fig.13: La série méso-cénozoïque de l'Atlas Saharien occidental (Aït Ouali), 1991).

Fig. 14 : Extrait de la carte géologique au 1/500.000^{ème} de la région ouest des Monts des Ksour (secteur occidental des Monts de ksour)(in KACEMI 2013).

Fig. 15 : Attribution stratigraphique des formations détritiques dans la région d'Aïn Séfra (Kacemi,2005)

Fig. 16 : Réseau de fracturation et continuité des accidents tectoniques cassants (MEKAHLI 1998)

Chapitre 03 :

Fig. 17 : PCC

Fig. 18 : Choix de la projection et la zone UTM.

Fig. 19 : Calage de la carte géologique

Fig.20 : De la carte vers l'image vecteur.

Fig.21 : Couches de données graphiques.

Fig. 22 : Relation entre chaque élément vectoriel et une base de données

Fig.23: Couche « géologie » du synclinal de Mékalis.

Fig.24 : Couche de linéament du synclinal de Mékalis

Fig. 25. : Carte de situation des sondages électriques dans le synclinal de Mékalis
(CGG, 1974)

Fig.26 : Coupes géoélectriques du synclinal de Mékalis (d'après CGG.1974)

Fig.27 : Carte de résistivité AB=2000m

Fig.28. : Carte de résistivité AB=4000m

Fig.29. : Carte du toit de Jurassique

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Chapitre 01 :

Tableau 01 : Avantages et inconvénients des deux types de structures des SIG

Chapitre 03 :

Tableau 2 : les coordonnées Lambert et UTM des points utilisés pour le calage de la carte géologique .

Tableau 3: Echelle des résistivités des formations (CGG, 1974).

Listes

BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABADA A. (1989) : Contribution à l'étude hydrogéologique de la région d'Aïn-Sefra (Monts des Ksour) (Atlas Saharien Occidental, Algérie).Thèse de magister en géologie appliquée, Univ.(USTHB) Alger

AIT OUALI R. (1991) : Le rifting des Monts des Ksour au Lias. Organisation du bassin, diagénèse des assises carbonatées. Place dans les ouvertures mésozoïques du Maghreb. Thèse de Doctorat-des-Sciences, Alger, 297 p., 147 fig., 16 tabl. et 6 pl.

ALMERAS Y., ELMI S., MEKAHLI L., OUALI MEHADJI A., SADKI D. & TLILI M.,

(1994) : Biostratigraphie des Brachiopodes du Jurassique moyen dans le domaine atlasique

(Maroc Algérie). Contraintes environnementales et relation avec l'évolution verticale des

peuplements d'ammonites. In: Cresta, S., Pavia, S. (Eds.), Proceedings of 3rd International Meeting on Aalenian and Bajocian Stratigraphy, Marrakech, 25-31 May 1994. Miscellanea5, Roma 219-241, 16p., 10fig.

Auboin (1977).

BASSOULET J.P & ILIOU J. (1967) : Découverte de dinosauriens associés à des crocodiliens et des poissons dans le Crétacé inférieur de l'Atlas saharien. C.R. Som. Soc. Géol. France, (7), pp. 294-295.

BASSOULET J.P (1973) : Contribution à l'étude stratigraphique du Mésozoïque de l'Atlas saharien occidental (Algérie). Thèse. Sci. Nat., Paris VI, 497p., 50fig., 32pl.

BENSAID A. (2006) : SIG et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride : le cas de la wilaya de naama (algerie).Mémoire d'ingénieur d'état en hydrogéologie. Univ (USTBH) Alger.Dip. Doc. en géographie Université Es-sénia (Oran).

BONNET E: Support de cours MapInfo 7.5. Univ des sciences et technologie de Lille.

BORDIN P. (2002) : SIG concepts, outils et données. Edit : Lavoisier.

CAPPELLI E : Système d'Information Géographique. Support cours. Institut Atlantique d'Aménagement du Territoire, Poitou-Charentes. France.

CLARAMUNT G. 1991 IN OUHTI Y.2006.

CORNET A. (1952) : l'Atlas saharien sud-oranais. XIX congr. Géol. Intern. Alger, Monographies régionales, 1^{ère} série, N°12, 51p, 9fig, 1pl.

DELFAUD J. 1973 - Typologie des faciès dolomitiques du Jurassique sud-aquitain. Bull. Soc. Lin. Bordeaux, t. III, n°10, p. 219-223.

DELFAUD J. (1974b) : La sédimentation deltaïque ancienne. Exemples nord-sahariens. Coll. AGCO, sédimentation silico-clastique. Pau, décembre 1973. Bull. Cent. Rech. Pau - SNPA. Vol. 8, p. 241-262, 13fig.

DELFAUD J. (1975) : Les grès des Ksour- un delta de plate-forme stable. XI^o congr. Intern. Sédim. Nice, pp. 159-162.

DELFAUD J. (1983) : Les paléoclimats jurassiques en Europe occidentale. Bull. Inst. Géol. Bas Aquitaine, 36, pp. 121-136.

DELFAUD J. (1984) : Fondements d'une lithostratigraphie scalaire ; Séquences et discontinuités sédimentaires. Bull. Soc. Géol. France.

DELFAUD J. (1984) : Le contexte dynamique de la sédimentation continentale. Modèles d'organisation. Bull. C.R. Explor-Prod. Elf Aquitaine, 8, 1, pp.27-53. 16fig. 2 tabl. Pau, France.

DENEGRE J., SALGE F., Les Systèmes d'Information Géographique, PUF, coll. Que sais-je? n° 3122, 2004

DOUIHASNI M. (1976) : Etude géologique de la région d'AïnOuarka – Bousseghoun (Partie centrale des Monts des Ksour). Stratigraphie et Analyse structurale. Thèse 3^{ème} cyc.,Univ. Oran, 2t., 272p., 52fig., 4 pl. (inédit).

DU DRESNAY R. (1951) : sur la présence d'un accident tectonique en bordure nord du Haut Atlas marocain-Atlas saharien). C.R. Acad. Sci. Paris, 232, pp. 997-999.

ELMI S. (1978) : Polarité tectono-sédimentaire pendant l'effritement des

marges septentrionales du bâti africain au cours du Mésozoïque (Maghreb). Ann. Soc. geol. Nord, Lille, 97, 1-4, pp. 315-323.

ELMI S. (1986) - Corrélations biostratigraphiques et mégaséquentielles dans le Jurassique

inférieur et moyen d'Oranie. Comparaisons avec les régions voisines. Ve conf. Sci. Int. Marrakech, P.I.C.G. 183.

ESSEVAZ-ROULET M., La mise en oeuvre d'un système d'information géographique dans les collectivités territoriales, Ed.

FLAMAND G.B.M (1911): Recherches géologiques et géographiques sur le « Haut Pays de l'Oranie et sur le Sahara (Algérie et Territoires du sud). Thèse Sci. Lyon, n°47 et A. Rey (edit)., Lyon, 1001p., 157fig., 6 cartes et dpt, 16pl.

FRIZON DE LAMOTTE ET AL, 2000

GALMIER D. (1970) : Photogéologie de la région d'AïnSefra (Algérie). Thèse Doctorat d'Etat. Fac. Sci. Paris, 320 p., 9 cartes h.t. ronéot.

KACEMI A. (2005): Cartographie et dynamique sédimentaire de la série fin Dogger début Crétacé (Djara - Rhoundjaïa) des Monts des Ksour (Atlas saharien, Algérie). Dipl..Mag. Univ. Oran 194 p. 47 fig., 15 pl.

KAZI TANI N. (1986) : Evolution géodynamique de la bordure nord-africaine : le domaine intraplaque nord-algérien. Approche mégaséquentielle. Thèse Doctorat d'Etat, Pau, 2 tomes, 784 p., 361 fig.

KOLLI O. (1984) : Contribution à l'étude des minéralisations cuprifères des sédiments détritiques Mésozoïques de la région d'Ain-Sefra (Monts des Ksour - Algérie). Thèse 3^{ème} cyc. Univ. Alger, 202 p., 67fig., 9pl.

LAFFITE R. (1939) : Les plissements post-nummulitiques dans l'Atlas saharien. Bull. Soc. Géol. France, (5), 9, pp. 135-139, 1 pl., 8 fig.

LAFFITE R. (1939).- Etude géologique de l'Aurès. Thèse es science, Paris, Bull. Paris, Pub. Serv.cartageol. Nouv. Série, N°46, t.I, 217p, et t.II 281p.

MANSOUR H., 2007: Hydrogéologie du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal en domaine aride. Exemple des Monts des Ksour (Atlas saharien occidental Algérie). *Thèse Doctorat d'Etat Université d'Oran.*

MEDDAH A. (1998) : Etude géologique des appareils diapiriques de l'Atlas saharien occidental (Monts des Ksour). Essai de synthèse sur les diapirs atlasiques. Thèse Magister, USTHB, Alger. 174 p, 52fig.

MEKAHLI L. (1998) : Evolution des Monts des Ksour (Algérie) de l'Hettangien au Bajocien. Biostratigraphie, sédimentologie, paléogéographie et stratigraphie séquentielle. Doc. Lab. Géol., Lyon, France, n°147, 319 p., 67 fig., 49 pl. h.t.

MENCHIKOFF N. (1946) : Sur les dépôts post-turonien des confins algéro-marocains du Sud. C.R.Somm. Séanc.Géol. France, pp.53-54.

OUALI MEHADJI A. (1995) : Brachiopodes des Monts des Ksour (Bajocien supérieur, Bathonien inférieur) (Atlas saharien occidental, Algérie). Mémoire de Magister Univ. Oran. 220p, 90fig, 3pl.

RITTER E. (1902) : Le Djebel Amour et les Monts des OuladNaïl. Bull. Serv. Carte géol. Algérie, (2), 3, 100 p., 4pl. h. t.

SEBANE A. 2007 : Les foraminifères du Jurassique des monts des Ksour. Etude biostratigraphique et paléoécologique. (Atlas saharien occidental, Algérie). Thèse de Doctorat d'Etat Es-Sciences, Université d'Oran. 212 p., 45 fig. et 25 pl.

YOUSFI S., (2014) : Étude hydrodynamique et modélisation des écoulements souterrains dans les gouttières synclinales gréseuses du Barrémo-Albo-Aptien d'Aïn Séfra (partie centrale des Monts des Ksour –Atlas Saharien, Nord-Ouest Algérie) - *Thèse Doctorat –l'Université d'Oran.*

Sites internet

Sites internet

-Association Française pour l'Information Géographique : <http://www.afifigeo.asso.fr/> - Rubrique documentation.

-Cartes et Systèmes d'Information Géographique,
<http://www.clionautes.org/spip.php?article553>

-Centre National de l'Information Géographique : <http://cnig.les-argonautes.fr/>

-Christine C. de <http://sig-pour-tous.forumactif.com>

-Ecole Nationale des Sciences Géographiques :
http://www.ensg.ign.fr/FAD/Supports_de_Cours.html

-[FICHE ALGERIE 1956-1964 du 2^e SPAHIS ALGERIENS (par le Lt colonel (H) Claude Aïcardi)]

-Géomatique Expert - N° 49 - Février-Mars 2006.

-Laboratoire de cartographie appliquée - Élisabeth HABERT - IRD - 2000

-Serveur Educatif de l'Information Géographique de l'IGN :
<http://www.clionautes.org/spip.php?article553>,

Annexes

Listes des

ANNEXE

Tableau : Position des sèves (coordonnées LAMBERT ET UTM) Isorésistivités
(AB= 2000m et AB= 4000m).

SEV	X (Km)	Y (Km)	X UTM (m)	Y UTM (m)	RESISTIVITE (2000m)	RESISTIVITE (4000m)	TOIT du Jurassique (m)	COTE Jurs (m)
A1	205	289	736387,07	3671564,64	48,00	65,00	760	430
A2	206,5	288	737940,38	3670647,28	48,00	67,00	820	380
A3	208,5	287	739993,29	3669757,17	54,00	82,00	450	760
A4	210	286	741546,62	3668839,77	57,00	82,00	250	970
B1	199,5	287,5	730973,52	3669765,91	104,00		10	1210
B2	201	287	732499,51	3669348,15	48,00	50,00	490	700
B3	202,5	286	734052,77	3668430,79	48,00	70,00	760	450
B4	204,5	285	736105,63	3667540,68	62,00	72,00	410	800
B5	206,5	283,5	738185,76	3666150,96	58,00	62,00	260	950
B6	208	282,5	739739,05	3665233,54	72,00	82,00	290	960
C1	197	284	728666,53	3666132,62	172,00	105,00	0	1240
C2	198,5	283	730219,74	3665215,26	70,00	95,00	590	620
C3	200	281,5	731800,22	3663798,31	88,00	132,00	320	900
C4	202	280,5	733853,02	3662908,17	58,00	72,00	500	720
C5	203,5	279	735433,50	3661491,17	44,00	62,00	870	380
C6	205	278	736986,74	3660573,73	64,00	70,00	430	840
D0	195	279	726940,81	3661028,00	122,00	120,00	150	1100
D1	196	278	727994,41	3660083,37	80,00	82,00	480	770

D2	197,5	277	729547,58	3659165,97	91,00	117,00	300	950
D3	199	276	731100,76	3658248,55	57,00	73,00	320	940
D4	200,5	275	732653,95	3657331,11	57,00	72,00	720	530
D5	202,5	274	734706,72	3656440,88	50,00	75,00	820	470
E1	193	274	725214,97	3655923,50	76,00	78,00	210	1040
E2	195	273	727267,65	3655033,31	80,00	78,00	290	960
E3	196,5	272	728820,78	3654115,87	44,00	48,00	410	850
E4	198,5	271	730873,49	3653225,63	54,00	82,00	740	530
E5	199,5	269,5	731954,28	3651781,36	50,00	50,00	850	430
F1	190	270	722435,48	3651763,76	40,00	80,00	10	1250
F2	192	269	724488,11	3650873,54	44,00	38,00	>500	<750
F3	194	268	726540,74	3649983,30	39,00	34,00	>600	<650
F4	195,5	267	728093,84	3649065,82	39,00	30,00	610	650
F5	197	266	729646,94	3648148,33	68,00	64,00	800	460
F6	198	265,5	730673,27	3647703,18	75,00	82,00	820	460
G1	189	265	721708,53	3646713,91	57,00	36,00	200	1060
G2	190,5	263,5	723288,77	3645296,90	62,00	90,00	570	660
G3	192,5	262,5	725341,36	3644406,61	57,00	72,00	550	700
G4	194,5	261	727421,16	3643016,74	74,00	86,00	830	430
G5	196,5	259,5	729500,96	3641626,84	120,00	112,00	520	810
H1	188	260	720981,45	3641664,13	70,00	112,00	660	560
H2	189,5	259	722534,45	3640746,63	76,00	90,00	600?	620?
H3	192,5	256,5	725667,64	3638412,03	45,00	66,00	770	470

H4	193	255,5	726221,55	3637440,11	50,00	82,00	670	600
I bis0	183	257	716149,30	3638395,06	68,00	67,00	400	850
1	185	255,5	718228,95	3637005,23	112,00	142,00	260	950
2	186,5	254,5	719781,90	3636087,71	30,00	51,00	620	580
3	188,5	253	721861,55	3634697,81	52,00	82,00	520	660
I1	182,5	252,5	715894,40	3633872,20	55,00	78,00	250	960
I2	183,5	251	716974,96	3632427,98	103,00	125,00	700	490
I3	185,5	249,5	719054,55	3631038,08	105,00	117,00		
I4	186	247,5	719662,73	3629067,14	110,00	127,00	360	790
I5	188	246	721742,31	3627677,18	105,00	105,00	50	1100
I6	178,5	245	712305,78	3626162,20	130,00	110,00	350	790
I7	190,5	243	724402,88	3624815,72	110,00	100,00	800	280
J1	181	248,5	714613,21	3629794,57	92,00	155,00	230	1100
J2	182	247	715693,72	3628350,35	90,00	150,00	410	800
J3	183	245,5	716774,23	3626906,11	68,00	102,00	530	660
J4	185	243,5	718880,91	3625016,64	82,00	92,00	220	930
J5	186	242	719961,40	3623572,36	62,00	83,00	490	700
J6	187,5	240,5	721541,40	3622155,21	89,00	120,00	380	720
K1	178	245,5	711779,12	3626634,55	92,00	107,00	200	1150
K2	179	244	712859,59	3625190,35	62,00	56,00	370	840
K3	180,5	242,5	714439,57	3623773,27	80,00	127,00		
K4	181,5	241	715520,03	3622329,03	86,00	82,00	230	930
K5	182,5	239,5	716600,47	3620884,78	38,00	50,00	570	580

K6	184,5	238	718679,94	3619494,78	100,00	130,00	400	720
L1	175	243	708917,90	3623974,13	76,00	107,00	350	870
L2	176,5	241,5	710497,83	3622557,09	64,00	88,00	480	810
L3	177,5	240,5	711551,12	3621612,38	68,00	115,00	220	940
L4	179	238,5	713158,19	3619695,79	52,00	40,00	830	700
L5	179,5	237	713739,10	3618224,42	150,00	82,00		
L6	181	235	715346,14	3616307,79	66,00	68,00	800?	300?
M1	173	240,5	707055,68	3621368,07	105,00	122,00	300	900
M2	174	239	708136,09	3619923,89	75,00	90,00	370	800
M3	176	237,5	710215,47	3618533,97	48,00	75,00	200	940
M4	176,5	236	710796,37	3617062,62	68,00	80,00	360	770
M5	178	234,5	712376,25	3615645,52	100,00	105,00	380	750
M6	179,5	233	713956,13	3614228,40	53,00	62,00	?	?
N1	169,5	238	703695,01	3618680,65	61,00	90,00	700	495
N2	171	236,5	705274,87	3617263,63	200,00	145,00	10?	1190
N3	171,5	235	705855,76	3615792,32	120,00	112,00	100	1090
N4	173,5	233,5	707935,08	3614402,39	108,00	186,00	310	830
N5	175	232	709514,92	3612985,30	53,00	68,00	?	?
N6	176,5	230,5	711094,75	3611568,19	43,00	46,00	?	?
N7	177,5	229	712175,08	3610123,95	62,00	72,00	670	500