



N° d'ordre

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université d'Oran

Faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et de l'Aménagement du Territoire
Département des Sciences de la Terre

Mémoire

Présenté pour l'obtention du grade
De magister en Sciences de la Terre

Option : Ensembles sédimentaires-Paléontologie

Thème :

Traitement des données paléontologiques à l'aide du S.I.G: exemple des Monts des Ksour, Atlas Saharien

Présenté par :

MOHAMMED AMEUR

Soutenu le : 16 / 05 / 2012 devant la commission d'examen :

Mme A. SEBANE	: Maitre de conférences (A)	Université d'Oran	Présidente
Mr A. SEBANE	: Maitre de conférences (A)	Université d'Oran	Rapporteur
Mr M. BENHAMOU	: Professeur	Université d'Oran	Examineur
Mr I. ZEROUAL	: Chargé de cours	Université d'Oran	Examineur

Oran, 2012



SOMMAIRE

Avant propos

Résumé

GENERALITES

I- Problématique	01
II- Introduction	02
III- Aperçu général de la zone d'étude	02
1) Cadre géographique	02
2) Cadre géologique général	03
3) Cadre géologique local	04
4) Cadre paléogéographique	06
5) Monts des Ksour dans un cadre tectonique structurale global	09
VI- Méthodologie	12

LITHOSTRATIGRAPHIE ET BIOSTRATIGRAPHIE.

I- Introduction	15
II- Synthèse lithostratigraphique	15
II-1 Le Lias	15
La Dolomie du Chemarikh	15
Les Alternances d'Aïn Ouarka	16
Membre 1- Calcaires sublithographiques noirâtres en bancs lités.....	16
Membre 2- Calcaires sublithographiques grisâtres à trainés rouges.....	16
Terme (a) : Barre calcaire grisâtre à ammonites.....	16
Terme (b) : Calcaires sublithographiques grisâtres.....	17
Membre 3- Alternance de marnes et de calcaires à silex.....	17
Membre 4- Alternance de marnes et de calcaires ondulés et bioturbés.....	17
Membre 5- Alternance verdâtre de marnes et de calcaires.....	18
Membre 6- Alternance violacée de marnes et de calcaires «Ammonitico-rosso».....	18
Membre 7- Alternance noirâtre de marnes et de calcaires.....	18



Les Alternances d'Aïn Rhézala.....	19
III- Synthèse biostratigraphique.....	21
Hettangien.....	21
Zone à Planorbis.....	21
Sinemurien inférieur.....	21
Zone à Semicostatum.....	21
Sinemurien supérieur.....	21
Zone à Obtusum et zone à Oxynotum.....	21
Zone à Raricostatum.....	22
Carixien.....	22
Zone à Demonense et zone à Davoei.....	22
Domérien inférieur.....	22
Zone à Celebratum.....	22
Domérien moyen.....	23
Zone à Algovianum.....	23
Domérien supérieur.....	24
Zone à Emaciatum.....	24
Toarcien.....	24
Toarcien inférieur.....	25
Zone à Polymorphum et zone à Levisoni.....	25
Toarcien moyen.....	25
Zone à Bifrons et zone à Gradata.....	25
Toarcien supérieur.....	26
La zone à Bonarelli, zone à Speciosum, zone à Meneghinii et zone à Aalensis.....	26
INTRODUCTION ET DEFINITIONS DES SIG	
I- Introduction.....	29
II- Définitions.....	30



A)- Les cinq composants majeurs d'un système d'information géographique.....	30
1)- Matériel.....	30
2)- Logiciels.....	30
3)- Données.....	30
4)- Utilisateurs.....	30
5)- Méthodes.....	30
B)- Les cinq fonctionnalités (5A) d'un système d'information géographique.....	31
1)- Abstraction.....	31
2)- Acquisition.....	31
3)- Archivage.....	31
4)- Analyse.....	31
5)-Affichage.....	31
III- Information géographique ou (géologique) (IG)	32
1)- Le mode raster.....	32
2)- Le mode vecteur.....	32
IV- Définitions des différents thèmes (ou couches) composant le SIG.....	33
Exemple de fiche.....	33
V- Le Système de Gestion de Base de Données (SGBD)	33
V .1- Données.....	33
V .2- Base de données.....	34
a- L'exhaustivité.....	34
b- Le non redondance.....	34
c- La structuration.....	34
V .3- Langage structuré de requête (S.Q.L)	34
VI- Définitions des spécifications de saisie.....	35
VII- La différence entre un SIG et un CAO.....	35
IIX- Modélisation.....	36



IIIX .1- Le modèle conceptuel de données (MCD)	36
IIIX .2- Le modèle physique de données (MPD)	36
IIIX .3- Le modèle logique de données (MLD)	37
IIIX .4- Les niveaux d'abstraction des données.....	37
IIIX .4. 1- Le niveau externe.....	37
IIIX .4. 2- Le niveau conceptuel.....	37
IIIX .4. 3- Le niveau logique.....	37
IIIX .4. 4- Le niveau interne.....	37
IX- Le modèle numérique de terrain MNT.....	39
X- Conclusion.....	39
APPLICATION	
I- Introduction.....	40
II- Inventaire et analyse.....	40
II .1- Inventaire des données.....	41
II .2- présentation et analyse des données.....	41
La lithologie (Les formations et les membres)	41
La structurale	42
La paléontologie	42
III- Modélisation des Données.....	44
III .1- Organigramme des données.....	45
III .2- Modèle conceptuel de données MCD.....	47



III .2. 1- Les entités.....	47
III .2. 2- Les relations.....	47
III .2. 3- Les cardinalités.....	47
III .2. 4- Description du Modèle.....	47
III .3- Modèle logique des données (MLD relationnel)	48
III .4- Modèle physique de Données.....	48
III .5- Diagramme de transfert.....	49
IV- Modélisation et traitements.....	51
IV .1- Gestion des données des schémas.....	52
IV .2- Le modèle de Traitement.....	53
IV .3- Les règles générales de structuration pour le SCI.....	53
Le modèle proposé pour le travail.....	53
IV .4- Etapes du traitement.....	56
IV .4. 1- Données cartographiques.....	56
Acquisition des données.....	56
Manipulation des données.....	56
Géoréférencement des cartes (Calage)	56
Numérisation.....	56
IV .5- Stockage et gestion des données.....	56
IV .5. 1- Données cartographiques.....	57
De la carte topographique.....	57
Couche thème topographique.....	57
Exploitation des données.....	57
Résultats.....	57



De la carte géologique.....	63
Couche thème géologique.	63
Exploitation des données.....	63
Résultats.....	63
Conclusion.....	63
IV .6- Création du MNT.....	67
IV .7- Les données lithologiques.....	69
Exploitation des données.....	69
1- Les données de base.....	69
2- Les données élaborées.....	70
Conclusion.....	87
IV .8- Les données paléontologiques.....	89
Exploitation des données.....	89
1-Les données de base.....	89
2- Les données élaborées.....	91
Conclusion.....	114
IV- Conclusion.....	117
CONCLUSION GENERALE.....	118



AVANT PROPOS

Au nom d'ALLAH le clément et le miséricordieux.

Voici sûrement la partie la plus difficile de ce mémoire, à savoir exprimer mes sentiments et pouvoir adresser les remerciements ; les plus chaleureux, aux personnes qui m'ont aidé à réaliser ce Magister.

C'est tout d'abord à Monsieur Sebane Abbès responsable de la poste-graduation que je voudrais exprimer ma profonde gratitude. Il m'a guidé depuis le début de mes études et m'a fait cordialement bénéficier de sa grande connaissance du monde liasique. Il ma donné libre accès à ca documentation et s'est spécialement intéressé à ce travail.

J'espère que ce travail est digne de la confiance qu'il m'a accordé. Merci donc Monsieur Sebane Abbès.

Je me pourrais continuer cette page sans remercier Monsieur Zeroual Ibrahim pour ca contribution dans la proposition et la définition du sujet. Son expérience incontestable et sa connaissance sur les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) font de lui un support incontournable. Je lui exprime ma gratitude pour avoir bien voulu suivre, diriger la partie relative aux SIG et assumer sa correction. Il a été mon appui le plus sur pour l'achèvement de ce Magister.

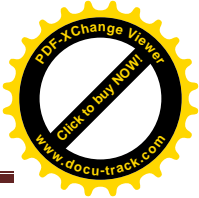
J'adresse ma profonde reconnaissance à Madame Sebane-Touahria Abdia qui m'a fait l'honneur de présider ce jury et aussi pour son soutien moral, ses conseils et ses encouragements tout au long de la réalisation de ce travail.

Je suis très heureux de compter parmi les membres du jury, Monsieur Benhamou Miloud. Sa grande connaissance du domaine atlasique et du Lias me seront d'un apport certain. Qu'il en soit vivement remercié.

Je termine cette page avec une pieuse pensée à Monsieur Mekahli Larbi qu'ALLAH lui accorde sa sainte miséricorde et l'accueille dans son vaste paradis.

Merci a tous.

M. AMEUR



RESUME

L'Atlas saharien offre un cadre géologique favorable qui a permis la réalisation de plusieurs études notamment dans les dépôts liasiques.

Les données obtenues sont restées sous forme analogiques, ponctuelles et dispersées dans plusieurs travaux de thèses. Dans ce travail, on a essayé à partir des données fournies par les anciens travaux de créer une base de données relative à la lithologie et la paléontologie pour finalement élaborer un model numérique en se basant sur le système d'information géographique (S.I.G).

Une modélisation conceptuelle sera proposée pour ces données compilées et stockées dans une Base de Données Géospaciales, avant d'être analysé pour élaborer une carte géologique numérique et des cartes thématiques tant sur le plan lithologique que sur le plan paléontologique, avec les logiciels S.I.G (Map_Info et Vertical Mapper).

Sur le plan lithologique ;

Nous avons essayé d'élaborer plusieurs cartes (carte des formations, carte des membres, une carte façologique et une carte texturale). L'objectif visé par ce travail est de tracer et de bien visualiser l'allure générale des différentes formations, des différents membres liasiques, leur distribution, ainsi que leur géométrie spatio-temporelle.

Sur le plan paléontologique ;

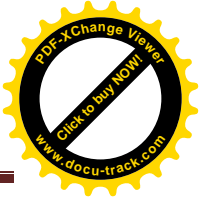
D'autres cartes ont été réalisées selon le cadre temporel établi par les anciens auteurs à partir des faunes d'ammonites et de foraminifères benthiques.

Elles ont pour but de montrer la distribution spatio-temporelle de la faune à l'échelle du secteur d'étude (Djebel Chemarikh et Raknet El Kahla).

Les résultats obtenus sont couplés à la carte géologique d'Ain Ouarka numérisée sous Map_Info, 7.5.

Mots clés :

Atlas saharien, Djebel Chemarikh et Raknet El Kahla, Lias, Système d'Information Géographique (S.I.G), Modélisation, Base de Données Géospaciales, Carte thématique, Carte géologique.



Abstract

The Saharan Atlas offer a favorable geological framework, this character allowing the realization of several studies including the Liassic deposits.

The obtained data are remained in analog, punctual form and dispersed in several works of theses. In this work, we tried using the data from previous work to create a database for the lithological and paleontological data, to develop a numerical model based on the geographical information systems (GIS).

A conceptual modeling is proposed for this collecting and stored data in a geospatial database, before being analyzed to develop a digital geological map and thematic maps both in terms of lithology as palaeontology, with GIS software (Map_Info and Vertical Mapper).

On the lithological plan;

We tried to develop several Maps (map for formation, map for member, and a façiological and textural maps). The objective of this work is to track and visualize the general appearance and distribution of different Liassic formations and members, so their geometry in space and in the time.

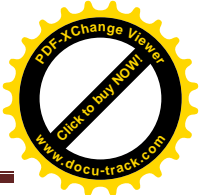
From a paleontological plan;

Other cards were performed according to the time frame established by the ancient authors from ammonite and benthic foraminifera faunas. Their purpose is to show the spatial and temporal distribution of fauna at the study area (Djebel Chemarikh and Raknet El Kahla).

The results are coupled with the geological map of Aïn Ouarka Digitized in Map_Info, 7.5.

Key words :

The Saharan Atlas, Djebel Chemarikh and Raknet El Kahla, Liass, Geographical Information Systems (GIS), Modeling, Geospatial Database, thematic map, Geological map.



ملخص

يقدم الأطلس الصحراوي جيولوجية مواتية, أتاحت تحقيق العديد من الدراسات التي تشمل ودائع الحقب اللياسي.

ظلت هذه البيانات موجودة ومتفرقة في عدة أطروحات. في هذا العمل، حاولنا استخدام بيانات الأعمال السابقة لإنشاء قاعدة بيانات نسبية للخصائص الصخرية والمتحجرات. لكي نصل في النهاية إلى تطوير نموذج رقمي بالاعتماد على نظام المعلومات الجغرافية (GIS).

في الأخير سنقترح نموذج نظري للبيانات التي تم تجميعها وتخزينها في قاعدة بيانات جغرافية مكانية، قبل أن يتم تحليلها لوضع خريطة جيولوجية رقمية وخرائط أخرى موضوعية، سواء من حيث علم الخصائص الصخرية أو علم خصائص المتحجرات، باستعمال برامج نظام المعلومات الجغرافية (Mapper_Vertical و Info_Map).

على مستوى علم الخصائص الحجرية ؛

حاولنا وضع عدة خرائط (للوحدات الأساسية، لأجزاء هذه الوحدات و أيضا خرائط سخنيه و نسيجيه). الهدف من هذا العمل هو تتبع وتشكيل المظهر العام للتركيبات المختلفة و كذلك هندستها وتوزيعها في الفضاء و الوقت إبان الحقب اللياسي.

على مستوى علم الخصائص الحفرية ؛

أجريت عدة خرائط أخرى وفقا للسلم الزمني المحدد من قبل المؤلفين القداماء بالاعتماد على مستحاثات العموني والمنخربات القاعية.

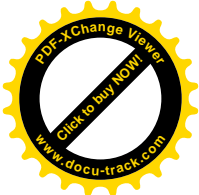
الغرض منها هو إظهار التوزيع المكاني والزمني في منطقة الدراسة (جبل الشماريخ وركنة الكحلة).

كل النتائج المحصلة ستسقط و سترفق مع الخريطة الجيولوجية لعين الورقة المرقمنة على

Info_Map , 7.5

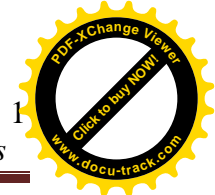
الكلمات المفتاحية :

الأطلس الصحراوي, جبل الشماريخ و ركنة الكحلة, اللياس, نظام المعلومات الجغرافية, نمذجة, قاعدة بيانات جغرافية, خرائط موضوعية, خريطة جيولوجية.



Premier chapitre

Généralités



GENERALITES

I- Problématique

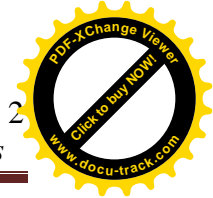
Les données géologiques dont nous disposons actuellement sont consignées dans les cartes topographiques et géologiques, ponctuelles et non numérisées, établies par les anciens auteurs. Cette façon de conserver reste un peu rudimentaire par rapport aux méthodes nouvelles élaborées par l'outil informatique.

L'apport de l'outil informatique a beaucoup facilité la lecture de toutes les données géologiques et leur exploitation. Il est devenu indispensable pour le traitement des données récoltées soit à partir des cartes ou bien d'une étude de terrain. Il permet d'élaborer une base de données qui pourra être utilisée pour plusieurs objectifs, soit pour moderniser les anciens travaux scientifiques, soit pour confectionner des modèles numériques.

Dans le cas des données géologiques (sédimentologiques et paléontologiques), les systèmes d'information géographiques (S.I.G) offrent le meilleur moyen pour la numérisation des cartes dans un système de référence spatiale et la création d'une base de données générale en vue de faciliter leur analyse et leur traitement.

Cependant dans les cartes géologiques, nous avons remarqué que les informations paléontologiques ne sont pas systématiquement inscrites. Ce manque d'informations nous a conduit à entreprendre ce travail, dans lequel nous avons essayé d'appliquer le système d'information géographique. Cette application vise deux objectifs essentiels. Le premier porte sur la mise à jour d'une carte géologique numérique de la région d'étude, le Djebel Chemarikh et Raknet El Kahla. Le deuxième objectif vise à introduire les données paléontologiques et lithologiques en vue de créer une carte géologique numérique complétée par d'autres nouvelles cartes thématiques telles que : les cartes des formations et membres lithologiques et les cartes biostratigraphiques dans lesquelles sont indiquées les étages, les zones d'ammonites et les biozones des foraminifères.

La réalisation d'un tel travail, a nécessité une compilation de plusieurs travaux effectués par plusieurs auteurs dans la région d'Aïn Ouarka en vue d'élaborer une base de données à l'aide des logiciels (SIG) Map Info et Vertical Mapper.



II- Introduction

La région d'Aïn Ouarka constitue un endroit privilégié en raison du choix des coupes lithostratigraphiques et de la multitude de données, tant sur le plan sédimentologique que sur le plan paléontologique, apportées par les anciens auteurs. Parmi les coupes étudiées par les anciens auteurs (Bassoullet, 1973 ; Mekahli, 1998 ; Sebane, 2007) sept ont été choisies ; elles sont réparties sur le flanc NW du Djebel Chemarikh et Raknet El Kahla. Elles sont représentées par plusieurs formations qui s'étagent du Lias à la base du Dogger. Le choix de ces coupes n'est pas aléatoire, elles sont sélectionnées en raison de la richesse des données paléontologiques et sédimentologiques et de l'enregistrement continu de l'intervalle de temps étudié. Les environnements, dans lesquels ont évolué la faune et la microfaune, ont subi au cours du temps des changements qui ont conditionné la répartition spatio-temporelle de toute la faune.

Devant toute cette masse de données, nous avons pensé utile d'élaborer une base de données propre à la région d'Aïn Ouarka afin de pouvoir créer un modèle numérique.

III- Aperçu général de la zone d'étude (Fig. 1)

1) Cadre géographique

L'atlas saharien se trouve sur la frange la plus méridionale de la chaîne alpine. Il correspond à une succession de reliefs orientés NE-SW et qui s'étendent sur 2000 km de longueur environ. Il est limité au nord par l'accident Nord-atlasique et au Sud par l'accident Sud-atlasique qui le sépare de la plate forme Saharienne.

La région d'étude est située dans le secteur d'Ain Ouarka ; elle appartient aux Monts des Ksour et elle est située dans la partie occidentale de l'Atlas Saharien, à environ 400 km au Sud de la ville d'Oran et à 60 km au SE de la ville d'Aïn Sefra, dans la Wilaya de Naâma. Elle est limitée au Nord par les Hautes Plaines oranaises, à l'Est par le Djebel Amour (El Bayadh), à l'Ouest par le Haut Atlas marocain et au Sud par le Sahara.

Le chaînon d'Ain Ouarka est formé par un ensemble de reliefs et de dépressions qui se répartissent comme suit :

Les reliefs sont :

Le Djebel Chemarikh ;

Le Djebel Tanout ;

Le Djebel Boulerhfad.

Les dépressions sont :

La dépression de Raknet El Kahla au Nord ;

La dépression d'Ain Rhézala au Sud-Ouest ;

La dépression le l'Oued Mzimer au Sud-Est.

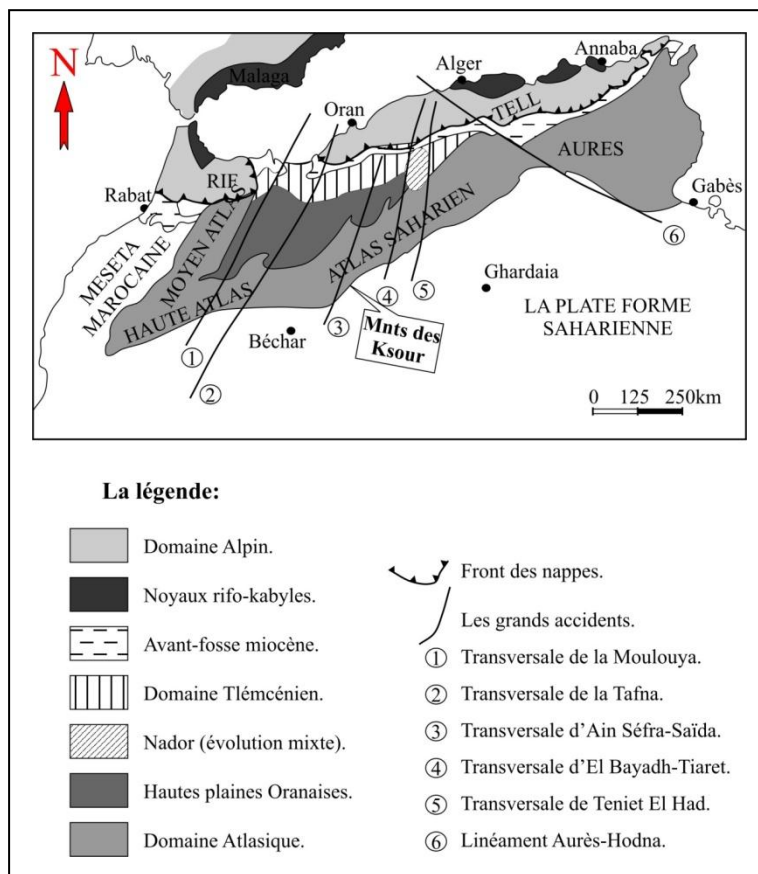


Fig.1- Les grands traits structuraux de l'Afrique du Nord (d'après Elmi, 1978).

2) Cadre géologique général

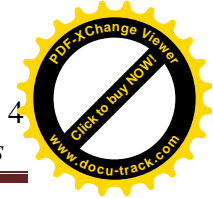
L'Atlas Saharien correspond à une chaîne intracratonique orientée NE-SW interposée entre deux domaines paléogéographique stables (Kazi-Tani, 1986). Elle est caractérisée par des plis coffrés du style « Jurassien » qui s'alignent en « chenilles processionnaires » (Flamand, 1911).

La structure générale montre trois faisceaux de plis (Ritter, 1902)

Les Monts des Ksour (Atlas saharien occidental, région d'Aïn Séfra) ;

Le Djebel Amour (Atlas saharien central, région d'El Bayadh) ;

Les Monts d'Ouled Naïl (Atlas saharien oriental, région de Laghouat).



Kazi-Tani en 1986, a introduit une nouvelle subdivision longitudinale qui permet de différencier une zone préatlasique formée de chaînons bordiers (Antar-Guettaï, Les Monts du Nador de Tiaret et les Monts de Chellala), d'une zone atlasique en position plus méridionale constituée par les alignements des Djebels Aïssa-Souiga-Mélah, et la région d'Aïn Séfra. Le compartimentage transversal défini par le même auteur montre une zone méridionale au SW formée de séries essentiellement jurassiques et une zone septentrionale au NE à terrains crétacés.

Le Trias est diapirique et affleure dans quelques localités telles que la région d'étude (Ain Ouarka). Il est représenté par des argiles, du gypse et des basaltes (Meddah, 1998).

3) Cadre géologique local :

La région d'Ain Ouarka correspond à un plis semi-coffré de 50 à 60 km de longueur et de 20 km de largeur, dont le point septentrional est orienté N10°E, et le point méridional est orienté N80°E (Douihasni, 1976). Ce secteur est caractérisé par des épaisseurs considérables qui dépendent largement de la dynamique d'ouverture du sillon atlasique en pull-apart (Kazi-Tani, 1986 ; Aït Ouali, 1991 ; Elmi, 1996).

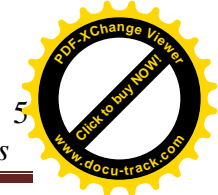
La structure générale correspond à un anticlinal (l'anticlinal de Aïn Ouarka), qui est orienté SW-NE et affecté au Nord par une grande faille transversale (E-W) responsable de la remontée des argiles salifères du Trias (diapir d'Aïn Ouarka), sur le quel repose une masse de calcaires dolomitiques dans la partie centrale de la structure (Djebel Chemarikh) (Fig.2).

La succession jurassique montre de bas en haut (Fig.2) :

-une masse de calcaire dolomitique (Dolomie de Chemarikh de Mekahli, 1998): elle occupe le cœur de l'anticlinal et elle est caractérisée par des faciès qui indiquent un environnement proximal peu profond à édifice construit (Aït Ouali, 1991). Vers le haut, cette formation fournit des brachiopodes : *Zeilleria perforata* (Piette) (= *Terebratula psilonoti* Quenstedt) et une ammonite : *Calloceras sp.* récoltée par Mekahli 1998 qui témoigne de la polarité transgressive précoce décrite par Aït Ouali (1991) et qui s'amorce dès l'Hettangien inférieur.

-L'Alternances d'Aïn Ouarka (Mekahli, 1998):

Cette formation, définie par (Douihasni, 1976) sous le nom Formation d'Aïn Ouarka, est composée de calcaires pélagiques à radiolaires, séparés par des niveaux marneux peu épais,



parfois mal exposés à l'affleurement. Cette formation est datée du Sinémurien inférieur jusqu'au Domérien par les ammonites. Elle indique un milieu de plate-forme externe distale.

-Les Marno-calcaires d'Aïn Rhézala (Mekahli, 1998):

Ils sont représentés par une épaisse série marneuse à intercalations de bancs calcaires noduleux stratocroissants, riches en filaments (*Posidonomyes*), en *Zoophycos* et en ammonites du Toarcien.

-Les Brèches de Raknet El Kahla (Mekahli, 1998):

Cette formation correspond à une alternance de marnes et de calcaires micritiques ; elle est attribuée à l'Aalénien-Bajocien inférieur. Elle admet des bancs de calcaires brèchiques à rostres de bélemnites, parfois à débris d'algues. Les sédiments enregistrés à la fin du Bajocien inférieur (zone à *Humphriesianum*), indiquent un milieu ouvert.

-Au Bajocien supérieur (zone à Niortense) apparaît dans ce secteur une sédimentation détritique entrecoupée par des dépôts carbonatés (Formation du Téniet El Klakh de Bassoullet, 1973). Ce régime est caractérisé par un taux de sédimentation plus important que celui de la subsidence et il s'inscrit dans une phase de comblement du sillon qui précède l'installation et la progradation des récifs d'Aïn Ouarka (Tlili, 1995).

-Le Jurassique moyen et supérieur reste dominé par l'installation progressive du complexe deltaïque des Ksour (Delfaud, 1974), qui est représenté par les formations de Tifkirt (Bassoullet, 1973), la formation du Djara (Bassoullet, 1973) et la formation de Aïssa (Bassoullet, 1973). Cette évolution se maintient et se poursuit jusqu'à la fermeture du sillon atlasique.

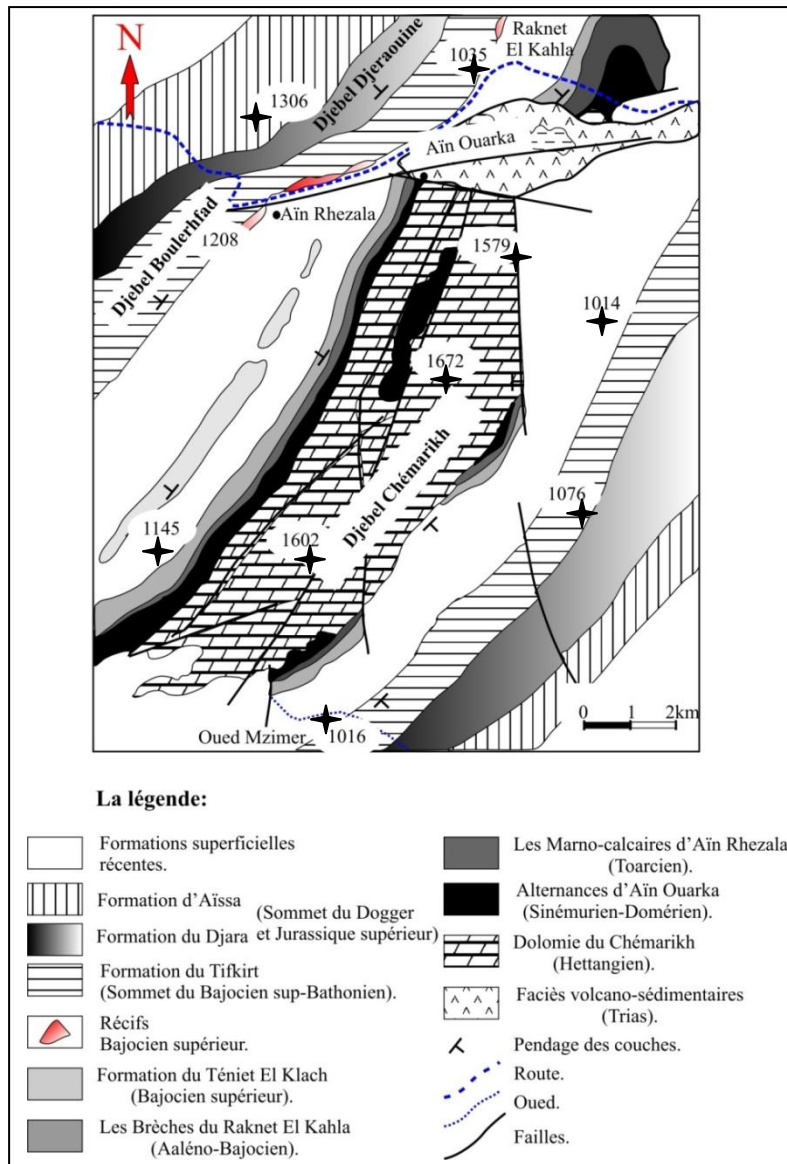


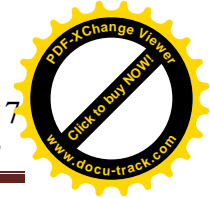
Fig.2- Carte géologique d'Aïn Ouarka (d'après Mekahli, 1998).

4) Cadre paléogéographique :

Le sillon atlasique avait connu plusieurs phases au cours du Mésozoïque :

A la fin du Trias et probablement au début de l'Héttangien, l'Afrique du Nord était occupée par des Sebkhas. Les premières manifestations magmatiques enregistrées s'effectuent au cours du Carnien-Norien dans l'Atlas saharien. Trois coulées basaltiques ont été reconnues dans le secteur d'Aïn Ouarka (Meddah, 2007). Leur épaisseur est réduite par rapport à celle observée au Maroc.

Au cours de l'Héttangien-Sinémurien inférieur, le sillon atlasique correspondait à une plate-forme carbonatée couverte par une mer épicontinentale. Les rares ammonites



signalées (Elmi, 1996 ; Elmi et *al.*, 1998 ; Mekahli, 1998), indiquent un épisode de haut niveau marin.

Les zones les moins résistantes du sillon atlasique s'enfoncent à la fin du Sinémurien inférieur (zone à *Semicostatum*), ce qui favorise la mise en place des bassins souvent rhombiques. L'évolution se poursuit jusqu'au Carixien inférieur. Il en résulte une différenciation physiographique entre les bassins relativement profonds (hémipélagiques à pélagiques), pentes et les écueils dans le domaine atlasique (Fig.3-a).

A la fin du le Carixien inférieur (Fig.3-b), l'augmentation du niveau marin favorise l'ennoyage de la plate-forme carbonatée initiale (Dolomie du Chemarikh). La mer couvre un vaste domaine (Hautes plaines oranaises, les marges du sillon atlasique et quelques écueils intra-telliens).

Pendant le Domérien inférieur (zone à *Célébratum*), le découpage environnemental et dynamique devient ainsi évident entre le domaine atlasique et les régions du Nord. Il est le plus souvent marqué par le développement des faciès ammonitico-rosso le long des bordures des zones subsidentes (Monts des Ksour).

Durant le Toarcien, une fragmentation générale contrôlée par une tectonique distensive active engendre l'approfondissement maximum (Toarcien inférieur) des zones fragiles (zones axiales des sillons) et le soulèvement des Hauts-fonds (Hautes plaines oranaises et bordures sud de l'Atlas saharien). Les sédiments marneux qui s'accumulent dans les ombilics et les sillons étroits, sont très épais. Les pentes sont marquées par des mass-flows, des turbidites et des ammonitico-rosso (Fig.3-c).

La période Aalénienne et le début du Bajocien étaient marqués par une instabilité tectonique et sédimentaire. Le contraste entre Hauts-fonds et bassins profonds (ombilics) a atteint son maximum. Les calcaires à *Zoophycos* et les Alternances marno-calcaires se répandent sur les pentes et soulignent une transition vers les bassins (Moyen-Atlas, domaine tlemcénien). En revanche les brèches deviennent fréquentes au pied des escarpements sous-marins et passent latéralement à des calcaires ou à des turbidites.

Dès la fin du Bajocien inférieur (zone à *Humphriesianum*), un second enfoncement fortement diachrone affecte le domaine atlasique, le Haut-Atlas et le Moyen-Atlas marocain. L'évolution atteint un stade d'homogénéisation souligné par l'installation de la plate-forme carbonatée intermédiaire et le développement des constructions récifales dans l'Atlas Saharien algérien. Les bassins profonds disparaissent précocement dans le Sud et dans l'Ouest du sillon atlasique (Fig.3-d).

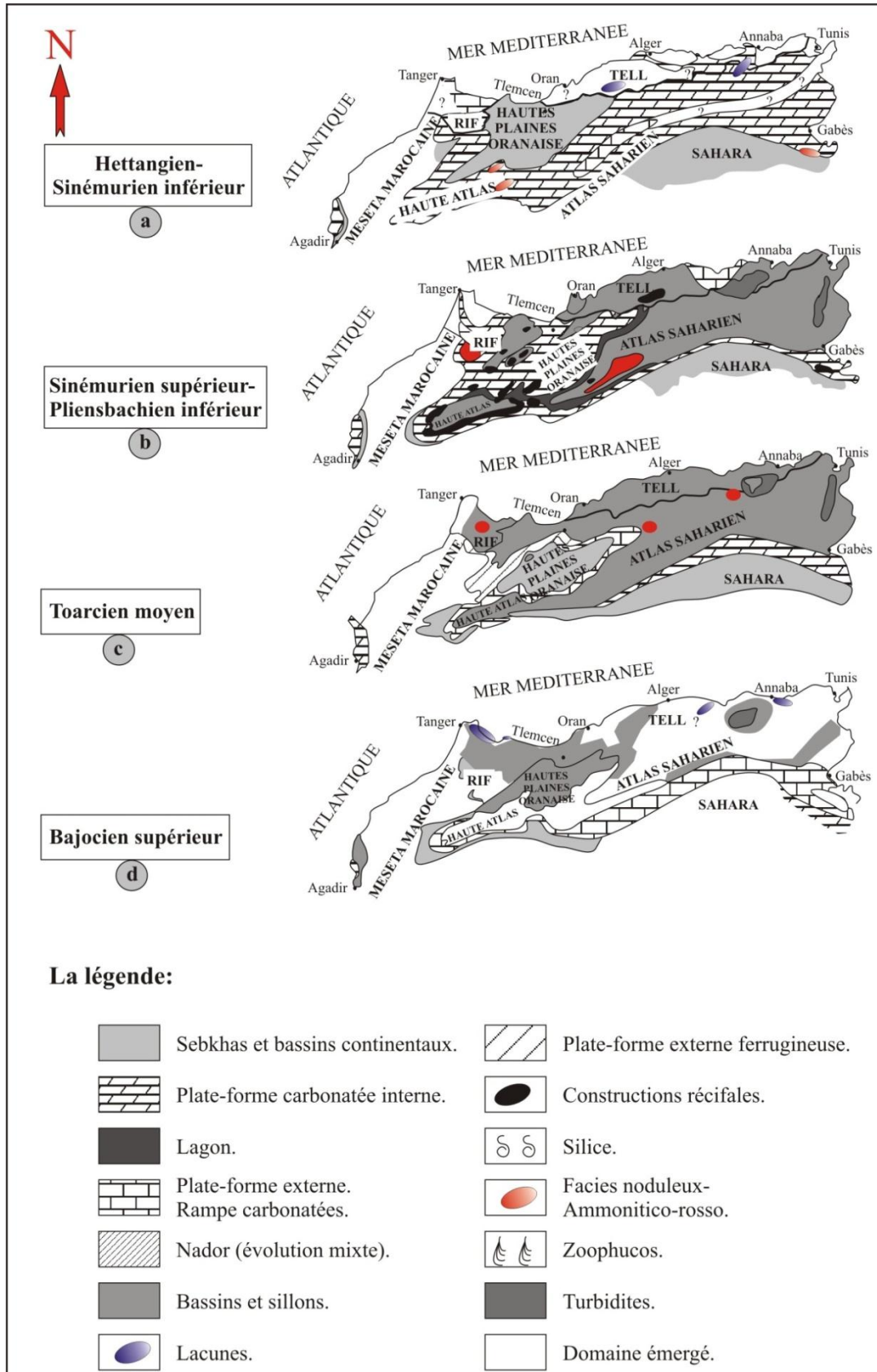
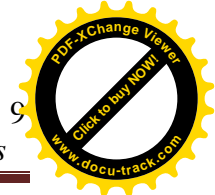


Fig.3- Paléogéographie de l’Afrique du Nord au cours du Lias inférieur-Dogger inférieur (D’après Elmi, 1996)



5) Monts des Ksour dans le cadre tectonique structural global :

La marge sud-Téthysienne en Algérie est caractérisée par une histoire géologique polyphasée.

Cette marge est constituée de horsts et de grabens orientés sensiblement SW-NE. Elle subit une subsidence différentielle en fonction du temps et de l'espace, ce qui favorise le dépôt de sédiments hétérogène (Bracene et *al.*, 2003).

La marge sud-Téthysienne est caractérisée par un taux de subsidence plus fort au cours du Mésozoïque où elle atteint les 6000 m dans l'Atlas saharien occidental (Monts des Ksour).

L'augmentation des épaisseurs vers l'Est dans les Monts des Aurès marque une accélération de la subsidence pendant le Barrémien jusqu'au Crétacé moyen.

Plusieurs études tectoniques et structurales ont été réalisées dans les Monts des Ksour (Douihasni, 1976 ; Elmi, 1978, 1996 ; Bassoullet, 1973 ; Elmi et *al.*, 1982 ; Aït Ouali, 1991 ; Piqué et *al.*, 2002 ; Yelles-Chaouche et *al.*, 2001 ; Bracene et *al.*, 2003) ont permis de mettre en évidence un stade de rifting (syn-rift), qui a été engendré par la conjugaison de mouvements distensifs et compressifs (Aït Ouali, 1991) pendant la période triasico-liasique, suivi par une période (post-rift) dès le Dogger et jusqu'au Crétacé supérieur, période qui voit l'installation d'un régime de convergence (Fig.4).

1- Période syn-rift : Durant le Trias et le Lias (Elmi, 1978 ; Elmi et *al.*, 1982 ; Bassoullet, 1973 ; Aït Ouali, 1991 ; Yelles-Chaouche et *al.*, 2001). Cet épisode est contemporain à la naissance de l'Atlantique et de la Téthys et il est caractérisé par l'ouverture en pull-apart du sillon atlasique et par sa structuration en bloc basculés.

La période syn-rift 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) pendant l'extension NW-SE (Aït Ouali, 1991 ; Bracene et *al.*, 2003). Elle est marquée aussi par des structures tectoniques syn-sédimentaires et des figures d'émergence, l'érosion des crêtes des blocs et les variations des épaisseurs, (Bracene et *al.*, 2003).



L'évolution tectono-sédimentaire dans les Monts des Ksour, s'est déroulée en plusieurs phases :

a- Après un régime calme durant les périodes antérieures. Le secteur des Monts des Ksour a subi progressivement les effets d'une tectonique distensive (Fig.4) à la fin du Trias et le début d'Héttangien,

b- Une phase de réajustement tectonique se manifeste à la limite Héttangien-Sinémurien supérieur. Elle est matérialisée par le jeu des blocs basculés qui engendre l'ouverture d'un étroit sillon pélagique dans les axes les plus subsidents de la région des Ksour.

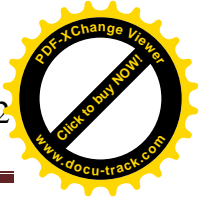
c- La troisième phase domérienne : correspond à un régime distensif, qui se poursuit et affecte l'ensemble de la plate-forme carbonatée initiale. Il en résulte une dislocation de cette dernière avec une extension du régime marin, et l'individualisation de l'axe Souiga-Mélah.

Dès le début du Bajocien supérieur ; une nouvelle phase de réajustement tectonique s'amorce et permet aux premiers apports gréseux d'arriver dans le sillon atlasique. Elle est interrompue par une période d'accalmie qui persiste jusqu'au début du Crétacé, durant laquelle un régime paralique s'installe dans la région des Ksour (Delfaud, 1974).

2- Période poste-rift : elle se manifeste dès le Jurassique moyen et jusqu'au Crétacé inférieur (Bracene et *al.*, 2003). Elle permet aux dépôts du Jurassique moyen de couvrir les blocs antérieurs et de faire étaler la géométrie typique « steer's head ». Ce régime caractérise la partie occidentale de l'Algérie (Monts des Ksour) et le Maroc pendant le Dogger et le Malm (Fig.4).

Age	Événement géodynamique			Secteur
		Phases		
Crétacé supérieur	Post-rifting (1)			
Crétacé moyen		Distension		Monts d'Aurés
Crétacé inférieur		Distension (2)		(1) Atlas Saharien (2) Tell et les Monts d'Aurés
Malm		Événements diapiriques		(1) Atlas Saharien occidentale
Dogger				
Lias	Rifting	Distension		Atlas Saharien Télagh et les Monts d'Aurés
Trias	Pré-rifting	Distension		

Fig.4- Les principaux événements tectoniques et structuraux de l'Atlas Saharien (Bracène et al., 2003).



VI- Méthodologie

Les coupes étudiées dans ce travail sont celles décrites par Mekahli, 1998 et Sebane, 2007, leur étude détaillée vise surtout à établir un inventaire complet des données lithologiques et paléontologiques en vue d'élaborer un modèle numérique qui complète la carte géologique et topographique. A partir de ces cartes numériques on définit les coordonnées géographiques des formations, des membres, auxquelles on ajoute les données paléontologiques.

Toutes ces données sont compilées dans des tables élaborées par les logiciels S.I.G (Map_Info et Vertical Mapper) pour créer une base de données (sédimentologique et paléontologique), qui permet de retracer et d'esquisser des cartes thématiques de répartition spatiale et géographique de ces derniers.

Etages	Sous étages	Zones	Sous zones
Bajocien	Supérieur	Parkinsoni*	
		Garantiana	
		Niortence	
	Inférieur	Humphriesianum	Sauzei
		Sauzei=Propinquans	
Laeviuscula			
		Discites	
Aalénien	Supérieur	Concavum	Formosum
			Concavum
	Moyen	Bradfordensis*	
		Murchisonae	Murchisonae
			Haugi*
	Inférieur	Opalinum	Comptum
Opalinum			
Toarcien	Supérieur	Aalensis	Lugdunensis
			Flamandi
			Mactra
		Meneghinii	
	Moyen	Speciosum	Reynesi
			Speciosum
	Inférieur	Bonarellii	Fallaciosum*
			Mediterraneum
	Moyen	Gradata	Alticarinata
			Gemma
		Bifrons	Bifrons
			Sublevisoni
		Inférieur	Levisoni
Levisoni			
Polymorphum	Semicelatum*		
		Mirabile	
Domérien	Supérieur	Spinatum (Emaciatum)	Elisa
			Solare
	Moyen	Algovianum	Levidorsatum*
			Meneghinii
	Inférieur	Celebratum	Accuratum + Betrandi
Celebratum			
		Portisi	
Carixcien	Supérieur	Davoei	
	Moyen	Ibex (Demonense)	
	Inférieur	Jamesoni*	
Sinémurien	Supérieur	Raricostatum	
		Oxynotum	
		Obtusum	
	Inférieur	Turneri	
		Semicostatum	
Hettangien		Bucklandi*	
		Angulata*	
		Liasicus*	
		Planorbis	

Fig.5- Cadre biostratigraphique adopté pour les Monts des Ksour (Sebane, 2007).

AGE	Baïocien		Aalénien		Toarcién		Domérien		Carixcien	
	Inf	Moy	Sup	Moy	Inf	Moy	Sup	Inf	Moy	Sup
<i>Lenticulina ornata</i> mg.P.										
<i>Lenticulina gottlingensis</i> mg.P.										
<i>Involutina liassica</i>										
<i>Lenticulina inaequistrata</i> mg.F.										
<i>Lingulina tenera pupa</i>										
<i>Lingulina tenera tenera</i>										
<i>Lingulina tenera pupa</i>										
<i>Pseudonodosaria multicosata</i>										
<i>Dentalina terquemii</i>										
<i>Margulina gr. prima</i>										
<i>Nodosaria novemcostata</i>										
<i>Lenticulina acutilingulata</i> mg.L.										
<i>Vergulina triangula</i>										
<i>Dentalina toria</i>										
<i>Dentalina extilis</i>										
<i>Dentalina obscura</i>										
<i>Lingulina carinata</i>										
<i>Opthalmidium concentricum</i>										
<i>Ichtyolaria sulcata muelensis</i>										
<i>Ichtyolaria major</i>										
<i>Ammobaculites agglutinans</i>										
<i>Ammobaculites fontinensis</i>										
<i>Ammobaculites siliceus</i>										
<i>Bolivina liassica</i>										
<i>Dentalina integra</i>										
<i>Ichtyolaria sulcata</i>										
<i>Pseudonodosaria tenuis</i>										
<i>Lingulina testudinaria</i>										
<i>Ichtyolaria bicosata</i>										
<i>Lenticulina sublaevis</i> mg.S.										
<i>Lenticulina insignis</i> mg.F.										
<i>Lingulina occidentalis</i>										
<i>Lenticulina speciosa</i> mg.M.										
<i>Glomospira aff. Pattoni</i>										
<i>Eogulmina biloculata</i>										
<i>Rethioloidella</i> sp.										
<i>Lenticulina tourencense</i> mg.L.										
<i>Lenticulina obonensis</i> mg.F.										
<i>Dentalina urticulata</i>										
<i>Citharina cytharella</i>										
<i>Lenticulina filosa</i> mg.F.										
<i>Citharina proxima</i>										
<i>Lenticulina pennensis</i> mg.M.										
<i>Lenticulina cordiformis</i> mg.P.										
<i>Ichtyolaria hauffi</i>										
<i>Citharina welschi</i>										
<i>Citharina inconstans</i>										
<i>Lenticulina subovalis</i> mg.F.										
<i>Citharina longuevart</i>										
<i>Specie Lenticulina chicheyi</i>										
<i>Citharina fallax</i>										
<i>Lenticulina mureletii</i> mg.L.										
<i>Nodosaria pulchra</i>										
<i>Nodosaria regularis</i>										
<i>Lenticulina polylobata</i> mg.L.										
<i>Lenticulina incisa</i> mg.L.										
<i>Specie Lenticulina d'Orbigny</i>										
<i>Lenticulina subalata</i> mg.L.										
<i>Lenticulina tenuis</i> mg.L.										
<i>Lenticulina tenuis</i> mg.F.										
<i>Citharina clathrata</i>										
<i>Lenticulina galeata</i> mg.L.										
<i>Lingulina longicauda longicauda</i>										
<i>Lenticulina quensiedti</i> mg.L.										
<i>Citharina serracostata</i>										
<i>Dentalina gumbelii</i>										
<i>Dentalina bicornis</i>										
<i>Garanella ampasindavaensis</i>										
<i>Globaligerina cf. bathoniana</i>										
<i>Reophax horridus</i>										
<i>Profonina diffugiiformis</i>										
<i>Margulina bairkensis</i>										
<i>Lenticulina organata</i> mg.L.										

Fig.6- Répartition biostratigraphique et biozonation des principales espèces de foraminifères dans les Monts de Ksour (Sebane, 2007).

BIOZONATIONS	ASSEMBLAGES	ASSOCIATIONS
<i>Lenticulina organata</i> mg.L.	2	
<i>Globaligerina cf. bathoniana</i>	1	
<i>Citharina serracostata</i>	1	
<i>Garanella ampasindavaensis</i>		
<i>Lenticulina galeata</i> mg.L.	1	
<i>Lingulina longicauda</i>		
<i>Lenticulina tenuis</i> mg.F.		
<i>Lenticulina subalata</i> mg.L.	3	
<i>Lenticulina polylobata</i> mg.L.		
<i>Ichtyolaria hauffi</i>		
<i>Citharina welschi</i>	2	
<i>Lenticulina pennensis</i> mg.M.	1	
<i>Lenticulina obonensis</i> mg.P.		
<i>Lenticulina tourencense</i> mg.L.	4	
<i>Lenticulina sublaevis</i> mg.S.	3	
<i>Lenticulina insignis</i> mg.F.	2	
<i>Bolivina liassica</i>		
<i>Margulina gr. prima</i> + <i>Ichtyolaria L. gr. tenera</i>	1	
<i>Dentalina terquemii</i>	2	
<i>Margulina gr. prima</i>		
<i>Lingulina gr. tenera</i>	1	
<i>Involutina liassica</i>		

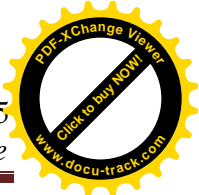


Deuxième chapitre

Lithostratigraphie

&

Biostratigraphie



LITHOSTRATIGRAPHIE ET BIOSTRATIGRAPHIE.

I- Introduction

Ce chapitre est consacré principalement à la description des formations liasiques de quelques coupes, les plus représentatives en terme de richesse en faune d'ammonites et en microfaunes de foraminifères et d'en établir une synthèse lithostratigraphique et biostratigraphique. Les coupes analysées sont celles levées par Mekahli, 1998 (C, CKH a/b/c, Chr et CK/CK) et par Sebane, 2007 (ab/CKH et CKHB) et la coupe de Raknet El Kahla (RK/RK¹ ou ab/RK).

II- Synthèse lithostratigraphique (Fig.7)

II-1 Le Lias

Dans le Djebel Chemarikh, le Lias est décrit pour la première fois par Flamand, 1911 puis par Bassoulet, 1973, alors que la première tentative de nomenclature lithostratigraphique a été proposée par (Elmi, 1978).

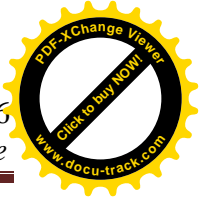
Les meilleurs affleurements se situent dans le flanc occidental et sur les terminaisons périclinales Sud du Djebel Chemarikh.

Mekahli, 1998 avait subdivisé la série liasique en trois formations ; la Dolomie du Chemarikh, les Alternances d'Aïn Ouarka et les Marno-calcaires d'Aïn Rhézala.

La Dolomie du Chemarikh

Elle a été définie par Elmi, 1978, sous le nom de « Formation du Chemarikh » ; elle correspond à la Formation L1 de Aït Ouali (1991) et à la « Dolomie du Chemarikh » de Mekahli (1998). Il s'agit d'une masse calcaire dolomitique qui forme le cœur de l'anticlinal d'Aïn Ouarka.

Cette formation peut atteindre 150 m à 200 m dans les coupes (C) (CKHB). En revanche, dans les coupes (CKH a/b/c, ab/CKH et CK/CK¹), elle est de l'ordre d'une vingtaine de mètres. Dans la coupe C, cette formation, dans sa partie sommitale, a livré une faune d'ammonite composée de *Caloceras* sp. (Mekahli, 1998). Elle est représentée par des dolomies massives à stylolites, parfois ces dolomies sont lités et de couleur gris-beige à jaune. Elle est surmontée suivant les endroits par une discontinuité matérialisée soit par un ravinement rougeâtre (*hard ground*), soit par des dolomies rousses à surface supérieure



bioturbée revêtue par une croûte algaire. Alors que dans les autres coupes (CKH a/b/c et Chr et RK/RK¹) cette formation n'a pas été décrite.

Les Alternances d'Aïn Ouarka

Les Alternances d'Aïn Ouarka affleurent largement sur le flanc occidental du Djebel Chemarikh. Elles correspondent à la partie basale de la Formation d'Aïn Ouarka de (Douihasni, 1976 et Elmi, 1978). Elles ont été définies et subdivisées en sept membres (de A à G) par Mekahli (1998).

Ces Alternances montrent une variation d'épaisseur considérable dans le secteur de Chemarikh. Elle va de 170 m dans la coupe (CK/CK¹) à 62 m dans la coupe d'El Hammam (CKHB) en passant par des valeurs médianes qui sont de l'ordre de 156 m (coupe C) et 126m (coupe CKH). Dans le secteur de Raknet El Kahla, l'épaisseur atteint les 100 m environ.

La définition des membres établie par Mekahli (1998) permet de reconnaître :

Membre 1- Calcaires sublithographiques noirâtres en bancs lités :

Il est représenté par des bancs centimétriques de calcaires jaunâtres et par une alternance de calcaires gris-noir et de marnes verdâtres à radioles d'oursins (coupe ab/CKH de Sebane, 2007), contenant des pistes d'organismes par endroit.

Le microfaciès est décrit comme une biomicrite à quartz néoformés, à bivalves et à ostracodes. Sebane en 2007 avait cité une biomicrite à *Nodosariidés*, à ostracodes et à *Involutina liassica* Jones.

L'épaisseur de ce membre est de l'ordre de 32 m dans la coupe (C), de 05 à 08 m dans les coupes (CKH a/b/c, CK/CK¹ et ab/CKH). En revanche, il est absent dans les autres coupes (Chr, RK/RK¹ et CKHB).

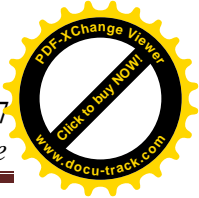
Ce membre est attribué au Sinémurien par Bassoullet (1973).

Membre 2- Calcaires sublithographiques grisâtres à trainés rouges :

Ce membre est représenté par deux termes;

Terme (a) : Barre calcaire grisâtre à ammonites.

Il est formé de calcaires biomicritiques, ondulés et bioturbés. Il montre des ammonites du Sinémurien supérieur (zone à *Obtusum*).



Dans les coupes (C, CKH a/b/c et CK/CK¹), ce terme est de l'ordre de 01 à 03 m d'épaisseur. Alors qu'il est absent dans le reste du secteur d'Aïn Ouarka.

Terme (b) : Calcaires sublithographiques grisâtres ;

Il a une épaisseur de 05 m dans les coupes (C, CK/CK¹), de 07.5 m dans (CKH a/b/c) et il est absent dans les autres coupes.

Ce terme est constitué de calcaires micritiques bioclastiques, séparés par des interlits marneux. Les ammonites récoltées confèrent un âge Sinémurien supérieur (Mekahli, 1998).

Membre 3- Alternance de marnes et de calcaires à silex :

Le troisième membre est formé de marnes gris-vertes peu épaisses qui alternent avec des bancs centimétriques à décimétriques de calcaires micritiques gris-claires à foncé riches en silex et contenant quelques ammonites souvent pyriteuses (Sebane, 2007).

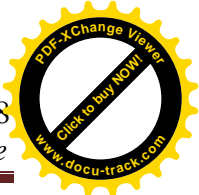
L'épaisseur maximale de ce membre est de 92 m dans la coupe (CK/CK¹). Les ammonites récoltées indiquent la zone à *Raricostatum* du Sinémurien supérieur (Mekahli, 1998). L'épaisseur de ce membre décroît dans la coupe d'El Hammam (CKHB) et dans les coupes (C, CKH a/b/c et ab/CKH) pour atteindre une vingtaine de mètres.

Membre 4- Alternance de marnes et de calcaires ondulés et bioturbés :

Ce membre est représenté par des calcaires ondulés, bioturbés plus épais et dépourvus de silex qui alternent avec des marnes vertes. Au sommet de ce membre, on note un niveau riche en *Pectinidae* (*Diotus janus*) décrit par (Bassoullet, 1973; Mekahli, 1998 et Sebane, 2007).

L'épaisseur de ce membre reste la même dans les coupes (ab/CKH et C) avec 24m, en revanche dans la coupe (CKHB), elle décroît pour atteindre les 13 m. Les niveaux marneux ont livré une microfaune riche en foraminifères benthiques associés à quelques ostracodes (Sebane, 2007). Dans la coupe (CKH a/b/c), l'épaisseur dépasse les 35 m alors que dans la coupe (CK/CK¹), elle est de l'ordre de 8 m.

L'âge de ce membre est attribué par les anciens auteurs au Sinémurien supérieur-Carixien. Le passage au Carixien se fait par l'intermédiaire du niveau à *Diotus janus* (Mekahli, 1998).



En revanche dans les coupes de Raknet El Kahla (RK/RK¹) et (Chr), ces deux derniers membres (membre 3 et 4) ne sont pas décrits en raison du mauvais affleurement de ces séries.

Membre 5- Alternance verdâtre de marnes et de calcaires :

Il s'agit d'une alternance stratocroissante et régulière de marnes verdâtres et de calcaires gris-vert bioturbés, micritiques, riches en radiolaires. Il montre trois termes (a, b et c) ; le terme médiane (terme b) livre des ammonites du Carixien moyen (zone à Ibex). Alors que le terme (c) est d'âge Carixien supérieur (Mekahli, 1998).

Ce membre montre des variations importantes du point de vue épaisseur ; il atteint les 33 m dans la coupe (CKH a/b/c), les 30 m dans la coupe (ab/CKH) et les 37 m dans la coupe (C). Dans la coupe d'El Hammam (CKHB), ce membre atteint les 60 m d'épaisseur. Il est représenté par deux termes ; un terme inférieur (a) et un terme supérieur (b) qui sont respectivement attribués au Domérien inférieur et au Domérien moyen (Sebane, 2007). En revanche il est absent dans les coupes (Chr et RK/RK¹) ou masqué par les éboulis dans la coupe (CK/CK¹).

Membre 6- Alternance violacée de marnes et de calcaires «Ammonitico-rosso» :

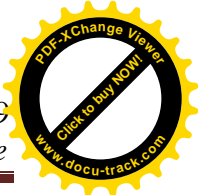
Il est moins épais, 05 m dans les coupes (C, Chr et CKH a/b/c) et plus épais de l'ordre de 28 mètre dans la coupe de Raknet El Kahla, attribué au Domérien inférieur et moyen. Dans la coupe (ab/CKH) ce membre est de 06 m ; il est riche en foraminifères (Sebane, 2007).

Dans les coupes (CK/CK¹ et CKHB), ce membre est masqué par les éboulis.

Membre 7- Alternance noirâtre de marnes et de calcaires :

Ce membre est représenté par une alternance de marnes plus ou moins épaisse et de calcaires micritiques noirâtres. Il est plus épais dans la région de Raknet El Kahla (coupe RK/RK¹) avec 72 m ; il est formé de deux termes (terme a et terme b). En revanche il atteint les 20 mètres dans les autres coupes, excepte dans la coupe d'El Hammam (CKHB), où il est absent.

L'âge proposé pour ce membre est Domérien moyen et supérieur (Mekahli, 1998 ; Sebane, 2007).



Les Alternances d'Aïn Rhézala

Cette formation coïncide avec la partie principale de la formation L4 de Aït Ouali, 1991. Elle est représentée essentiellement par une alternance de marnes blanchâtre et de calcaires noduleux (Fig.7).

L'épaisseur maximale des Alternances d'Aïn Rhézala est de 136.5 m dans la coupe (CK/CK¹), alors qu'elle décroît de 60 à 70 m dans les autres coupes. Elles sont représentées par la superposition de trois membres, dont les deux premiers membres (1 et 2) sont généralement de même faciès (Alternance de marnes et de calcaires, parfois à filaments) et sont respectivement d'âge Toarcien inférieur et Toarcien moyen dans les coupes (C, Chr, CK/CK¹).

Le Toarcien supérieur caractérise les derniers 18m de ce membre dans les coupes RK/RK¹, CKH a/b/c, ab/CK et CKHB.

Le dernier membre (3); Alternance de marnes et de calcaires à *Zoophycos* est représenté par une alternance de calcaires noirâtres à gris-noir, biomicritiques, riches en *Zoophycos*, en grains de pyrite et de marnes. Il affleure dans toutes les coupes excepte la coupe (C).

L'âge de ce membre est attribué au Toarcien supérieur et peut atteindre l'Aaléno-Bajocien dans la coupe (RK/RK¹).

Dans la coupe (C), le Toarcien supérieur affleure dans la partie basale de la formation des Brèches de Raknet El Kahla (Mekahli, 1998).

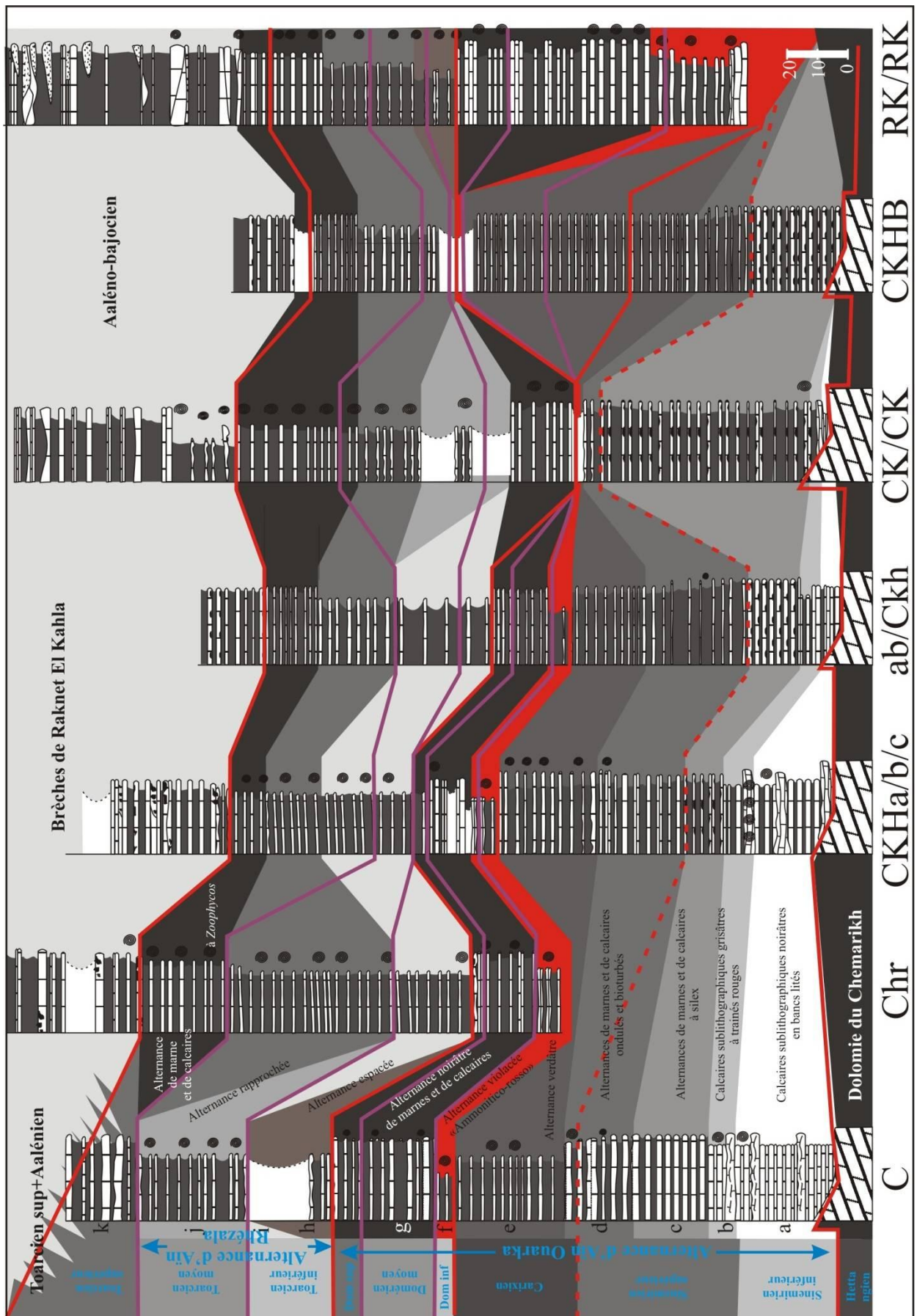
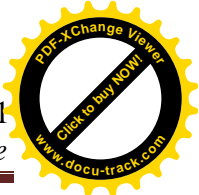


Fig.7- Les principales formations des coupes étudiées (d'après Mekahli, 1998 et Sebane, 2007).



III- Synthèse biostratigraphique (Fig.8)

Les études biostratigraphiques réalisées dans les Monts des Ksour par les différents auteurs (Flamand, 1911 ; Bassoullet, 1973 ; Elmi, 1978 ; Elmi, 1996 ; Elmi et *al.*, 1998 ; Mekahli, 1998, Sebane, 2007), ont permis de révéler l'existence d'une association de faunes nectobenthiques et benthiques composée d'ammonites, de foraminifères et d'ostracodes. L'enregistrement continu de toute cette faune a permis à ces auteurs d'établir une échelle biostratigraphique affinée et comparable à celle connue aussi bien dans les régions limitrophes au domaine atlasique que dans les autres bassins téthysiens. La répartition verticale des ammonites et des associations de foraminifères benthiques a permis également aux auteurs cités ci-dessous d'élaborer un cadre zonal complet et approprié.

Hettangien

Zone à Planorbis

Cette zone a été définie dans la partie supérieure (les derniers 5m) de la Dolomie du Chemarikh (Mekahli, 1998) dans la coupe (C), grâce à la présence de la faune d'ammonites *Caloceras* sp.

Sinémurien inférieur

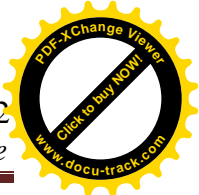
Zone à Semicostatum

Les espèces, représentées par *Arnioceras* sp. et *Arnioceras* gr. *miserabile-semicostatum* et réparties tout au long du membre inférieur (Calcaires noirâtres lités) de la formation d'Aïn Ouarka dans les coupes (C, CKH a/b/c, CK/CK¹ et ab/CKH), caractérisent la zone à *Semicostatum*.

Sinémurien supérieur

Zone à Obtusum et zone à Oxynotum

Le deuxième membre (Calcaires sublithographiques grisâtre à trainées rouges) de la formation d'Aïn Ouarka a livré des (*Asteroceras* et *Phylloceras*) au niveau du premier terme (terme a) dans les coupes (C, CKH a/b/c et ab/CKH), qui permettent de distinguer la zone à *Obtusum*. La présence d'*Arnioceras* gr. *arnouldi* a permis de préciser la sous zone à *Stellare* dans la coupe (CK/CK¹). L'apparition des *Gleviceras* gr. *doris* (Reynes) associées



à des *Phylloceras* sp. et des *Lytoceras* sp. dans la partie supérieure du terme (b) indique l'existence de la zone à Oxynotum.

Zone à Raricostatum

Elle a été définie par les ammonites récoltées dans la coupe (CK/CK¹) de Mekahli, 1998, et dans la coupe (CKHB) de Sebane (2007) au niveau des Alternances de marnes et de Calcaires à silex. Elles sont représentées par l'association suivante : *Angulaticeras* gr. *dumortieri* (Fuc.), *Phylloceras* sp. et *Echioceras*. En revanche dans les autres coupes (C, Chr, CKH a/b/c, ab/CKH et RK/RK¹), cette zone est mal définie et elle est proposée pour les facies sous-jacents au niveau lumachellique à *Diotus janus*. qui marque le passage Domérien-Carixien (Mekahli, 1998).

Dans la coupe d'El Hammam (CKHB), le passage Sinémurien-Carixien s'effectue au niveau du terme (a), Alternance rapprochée du membre (Alternance verdâtre de marnes et de calcaires) de Sebane, 2007.

Carixien

Zone à Demonense et zone à Davoeï

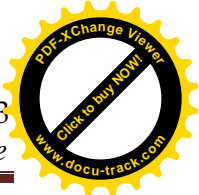
La zone à Demonense apparaît dans les coupes (C et CKH a/b/c) au niveau du terme (b) du membre (Alternance verdâtre de marnes et de calcaires) dans les Alternances d'Aïn Ouarka. Elle est caractérisée par la présence des *Tropidoceras mediterraneum*, *Tropidoceras calliplocum*, *Protogrammoceras* sp., et *Lytoceras* sp. Le terme supérieur (Alternance dilatée de marnes et de calcaires) du même membre avait livré l'espèce *Protogrammoceras* gr. *costicillatum* (zone à Davoeï) du Carixien supérieur (Mekahli, 1998). En 2007, Sebane avait mentionné la présence de la zone à Dilectum du même âge dans la coupe ab/CKH (*Protogrammoceras* gr. *costicillatum*).

Tout le membre (Alternance verdâtre de marnes et de calcaires) est rapporté au Carixien par corrélation.

Domérien inférieur

Zone à Celebratum

La zone à Celebratum caractérise le membre (Alternance violacée de marnes et de calcaires) de la coupe (C). Elle est indiquée par la faune d'ammonite suivante : *Protogrammoceras* sp., *Lytoceras* sp., *Juraphyllites* sp., *Fuciniceras lavinianum*, *Fuciniceras cornacaldense*, *Fuciniceras* gr. *lavinianum*, *Fuciniceras* aff. *cornacaldense*,



Atractites (Aulacoceras) sp., *Phylloceras sp. globuleux*, *Calliphylloceras sp.*, *Protogrammoceras gr. celebratum*, *Juraphyllites gr. nardii*, *Fuciniceras portisi var. contraria*, *Aulacoceras (Asseites) sp.*, *Protogrammoceras isseli*, *Reynesoceras sp.* En revanche la partie supérieure de ce membre est rapportée au Domérien moyen (Mekahli, 1998 ; Sebane, 2007). Cette zone caractérise aussi le terme (Alternance espacée de marnes et de calcaires) du membre de l'Alternance verdâtres de marnes et de calcaires de la formation d'Aïn Ouarka dans la coupe (ab/CKH) et elle est marquée par la présence de l'association B de foraminifères, l'assemblage 1 & 2 (biozone à *Marginulina gr. Prima - Lingulina gr. tenera* et *Ichtyolaria*, et la biozone à *Bolivina liassica*), Sebane, 2007.

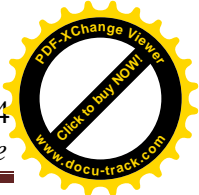
Domérien moyen

Zone à *Algovianum*

Cette zone est représentée par la sous zone à *Accuratum* et la sous zone à *Bertrandi* dans le premier terme (Alternance de marnes et de calcaires biodétritiques) du membre de l'Alternance noirâtre de marnes et de calcaires de la formation d'Aïn Ouarka, dans la coupe (RK/RK¹). Elle est marquée par la présence des espèces suivantes : *Protogrammoceras gr. bonarelli* (FUC), *Protogrammoceras sp.*, *Aveyroniceras acanthoïdes*, *Aveyroniceras mortilleti*, *Reynesoceras ragazzonii*, *Arieticeras sp.*, *Arieticeras gr. algovianum*, *Reynesoceras sp. Lytoceras sp.*, *Leptaloceoras cf. accuratum*, *Leptaloceoras canavari*, *Arieticeras gr. alovianum-bertrandi*. Les premier 25 m du terme (Alternance de marnes et de calcaires lités) du même membre sont marqués aussi par la présence de la zone à *Algovianum* (Mekahli, 1998).

Dans la coupe ab/CKH, Sebane en 2007 grâce à la présence des ammonites (*Aveyroniceras gr. acanthoïdes* (REY), *Reynesoceras fallax* (FUC), *Reynesoceras simulans* FUC, *Arieticeras bertrandi*, *Fuciniceras cf. cornacaldense* TAUSCH., *Prodactylioceras gr. italicum*) ainsi que celle des foraminifères (l'association B, l'assemblage 2, biozone à *Bolivina liassica*), avait proposé la zone à *Algovianum* pour la partie inférieur de l'Alternance noirâtres de marnes et de calcaires.

Dans la coupe d'El Hammam (CKHB), la zone à *Algovianum* caractérise la partie sommitale du terme (Alternance espacée e marnes et de calcaires) du membre Alternance verdâtre de marnes et de calcaires.



Au niveau de ce terme apparaît (l'association B de foraminifères, l'assemblage 3, la biozone à *Lenticulina sublaevis* mg. *Saracenaria* et *Lenticulina insignis* mg. *Falsopalmula*).

Il est à noter que les premiers 15 m du membre Alternance verdâtre de marnes et de calcaires dans la coupe (C), sont rapportés au Domérien inférieur et moyen et que le terme (d) de la coupe (CKH a/b/c) et les 17 m basales du même membre de la coupe (Chr) sont rapportées au Domérien moyen (Mekahli, 1998).

Domérien supérieur

Zone à Emaciatum

La zone à *Emaciatum* apparaît dans les coupes (C et RK/RK¹) et elle caractérise le toit du membre (Alternance noirâtre de marnes et de calcaires) des Alternances de Aïn Ouarka. La partie basale de cette zone montre la sous zone à *Solare* et la partie supérieure montre la sous zone à *Elisa* (Mekahli, 1998).

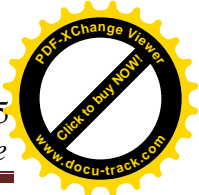
Sebane en 2007 avait mentionné la zone d'ammonite à *Emaciatum* et l'association B, l'assemblage 3 et la biozone de foraminifères à *Lenticulina sublaevis* mg. *Saracenaria* et *Lenticulina insignis* mg. *Falsopalmula*, dans la coupe (ab/CKH) au niveau de la partie sommitale de ce membre.

Les derniers 10 m du même membre (Alternance noirâtre de marnes et de calcaires) de la coupe (C), les derniers 4 m de ce membre de la coupe (Chr) et toute la partie qui affleure dans la coupe (CK/CK¹) sont attribués au Domérien supérieur par la présence des ammonites de cet étage (Mekahli, 1998).

Il est à noter que le passage Domérien-Toarcien s'effectue au niveau du terme « c » de l'Alternance noirâtres de marnes et de calcaires de la coupe (CKH a/b/c), (Mekahli, 1998).

Toarcien

Les biozones du Toarcien sont largement répandues dans la coupe de Raknet El Kahla (RK/RK¹) et la coupe (CK/CK¹).



Toarcien inférieur

Zone à Polymorphum et zone à Levisoni

La zone à Polymorphum affleure dans la coupe (RK/RK¹) dans les premiers 6m du membre inférieur (Marnes à intercalations calcaires) de la formation Marno-calcaires d'Aïn Rhézala. Elle est indiquée par la présence des espèces d'ammonites (*Paltarpites* sp., *Lioceratoïdes*, *Eodactylites* sp., *Harpoceratoïdes* sp.). L'apparition des (*Eodactylites* sp., *Eodactylites* gr. *mirabile* FUC) dans le premier membre (Alternance dilatée de marnes et de calcaires noduleux) de la formation des Marno-calcaires d'Aïn Rhézala, dans la coupe (Chr) permet de distinguer la zone à Polymorphum (Mekahli, 1998).

Latéralement dans la coupe (C), le membre (Marnes à intercalations calcaires) et la partie basale masquée du membre (Alternance de marnes et de calcaires noduleux) de la coupe (CK/CK¹), sont rapportés au Toarcien inférieur (Mekahli, 1998).

En 2007, Sebane avait distingué deux ensembles attribués respectivement à la zone à Polymorphum (l'assemblage B, l'association 4 et la biozone à *Lenticulina toarcense* mg. *lenticulina*), et à la zone à Levisoni dans la coupe (ab/CKH) au niveau du membre basal des Marno-calcaires d'Aïn Rhézala.

Toarcien moyen

Zone à Bifrons et zone à Gradata

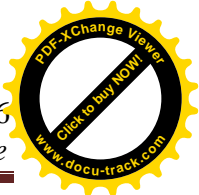
La zone à Bifrons du Toarcien moyen affleure dans les derniers 4m du membre des Marnes à intercalations calcaires des Marno-calcaires d'Aïn Rhézala (coupe RK/RK¹), par la présence des *Lytoceras* sp., *Hildoceras semipolitum*, qui indiquent la sous zone à Semipolitum. Elle est surmontée par la zone à Gradata, qui est présente dans les premiers 15m du membre (Alternance des marnes et des calcaires à filaments) avec :

A 6m, la sous zone à Gemma;

Dès 6m jusqu'à 15m, la sous zone à Alticarinata.

Dans la coupe (CKH a/b/c), l'Alternance espacée à dominante marneuse a livré à la base des ammonites (*Collina* sp., *Collinites* sp., *Alocolytoceras* sp et *Phylloceras* sp.) de la zone à Gradata; sous zone à Gemma, suivie par des espèces de la sous zone à Alticarinata (*Pseudogrammoceras pinnai* (RIVAS), *Podagrosites* sp., *Calliphylloceras nilssoni* (HEB), *Polyplectus discoïdes* (ZIET), *Pseudogrammoceras subregale*).

En revanche dans la coupe (Chr), la zone à Gradata surmonte la zone à bifrons (sous zone à Sublevisoni et sous zone à Bifrons) au niveau du membre représenté par



l'Alternance rapprochée de marnes et de calcaires. La sous zone à Sublevisoni est présente dans le membre (Alternance de marnes et de calcaires noduleux) de la coupe (CK/CK¹) et elle est surmontée par les sous zones à Lusitanicum, sous zone à Bifrons et sous zone à Semipolitum dans les premiers 10 m du membre Alternance de marnes et de calcaires à filaments. Le reste du membre et les six premiers mètres du membre Alternance de marnes et de calcaires à Zoophycos montrent la zone à Gradata ; sous zone à Gemma et à Alticarinata.

Dans la coupe (C), les calcaires noduleux à interlits marneux des Marno-calcaires d'Aïn Rhézala sont rapportés au Toarcien moyen (Mekahli, 1998).

Pour la coupe (ab/CKH), la partie supérieure du membre basal montre la zone à Bifrons (sous zone à Sublevisoni et sous zone à Bifrons) et la biozone définie par les foraminifères suivants : *Spectre chicheryi* de l'association C et l'assemblage 2. Alors que les premiers 10m des Marno-calcaires d'Aïn Rhézala livrent une faune d'ammonites de la zone à Gradata dans la coupe d'El Hammam (CKHB).

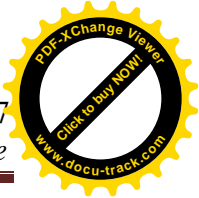
Toarcien supérieur

La zone à Bonarelli, zone à Speciosum, zone à Meneghinii et zone à Aalensis

Trois zones du Toarcien supérieur caractérisent la coupe CKH a/b/c; La zone à Bonarelli (sous zone à Mediterraneanum) qui caractérise les premiers 15m du membre de l'Alternance rapprochée de marnes et de calcaires à filaments des Marno-calcaires d'Aïn Rhézala. Alors que les derniers 5m sont représentés par la zone à Speciosum. Le membre supérieur Alternance de marnes et de calcaires à *Zoophycos* livre des ammonites de la zone à Meneghinii.

Dans la coupe (Chr) la faune d'ammonite récoltée montre la zone à Bonarelli et dans la coupe (CK/CK¹) cette faune indique la zone à Speciosum, la zone à Meneghinii et la zone à Aalensis avec les deux sous zones (la sous zone à Flamandi et la sous zone à Lugdunensis au sommet).

L'apparition des (*Hammatoceras bonarellii* (MERLA)) dans les derniers 18m du membre de l'Alternance de marnes et de calcaires à filaments dans la coupe de Raknet El Kahla (RK/RK¹), montre le début du Toarcien supérieur avec la zone à Bonarelli suivie par la zone à Speciosum puis par la zone à Meneghinii. Alors que le premier terme du membre Alternance de marnes et de calcaires à *Zoophycos* (ressaut de calcaires à *Zoophycos* et à



interlits marneux) est rattaché à la zone à Meneghinii et à Aalensis (Mekahli, 1998). Le reste du membre est attribué au Aalénien et Aaléno-Bajocien (Mekahli, 1998).

La coupe d'El Hammam (CKHB), livre une faune caractéristique de la zone à Bonarelli et de la zone à Meneghinii au niveau du membre inférieur (Alternance de marnes et de calcaires à filaments) par l'apparition des espèces de foraminifères de la biozone à *Spectre d'Orbigny* (association C et assemblage 3), qui atteignent le membre supérieur (Alternance de marnes et de calcaires à *zoophycos*). En revanche le membre médian (Alternance rapprochée de marnes et de calcaires à filaments) des Marno-calcaires d'Ain Rhézala, montre la superposition des zones à Bonarelli, à Speciosum et à Meneghinii, dans la coupe ab/CKH. La zone à Meneghinii se poursuit dans le membre sommital ; Alternance de marnes et de calcaires à *Zoophycos* (Sebane, 2007).

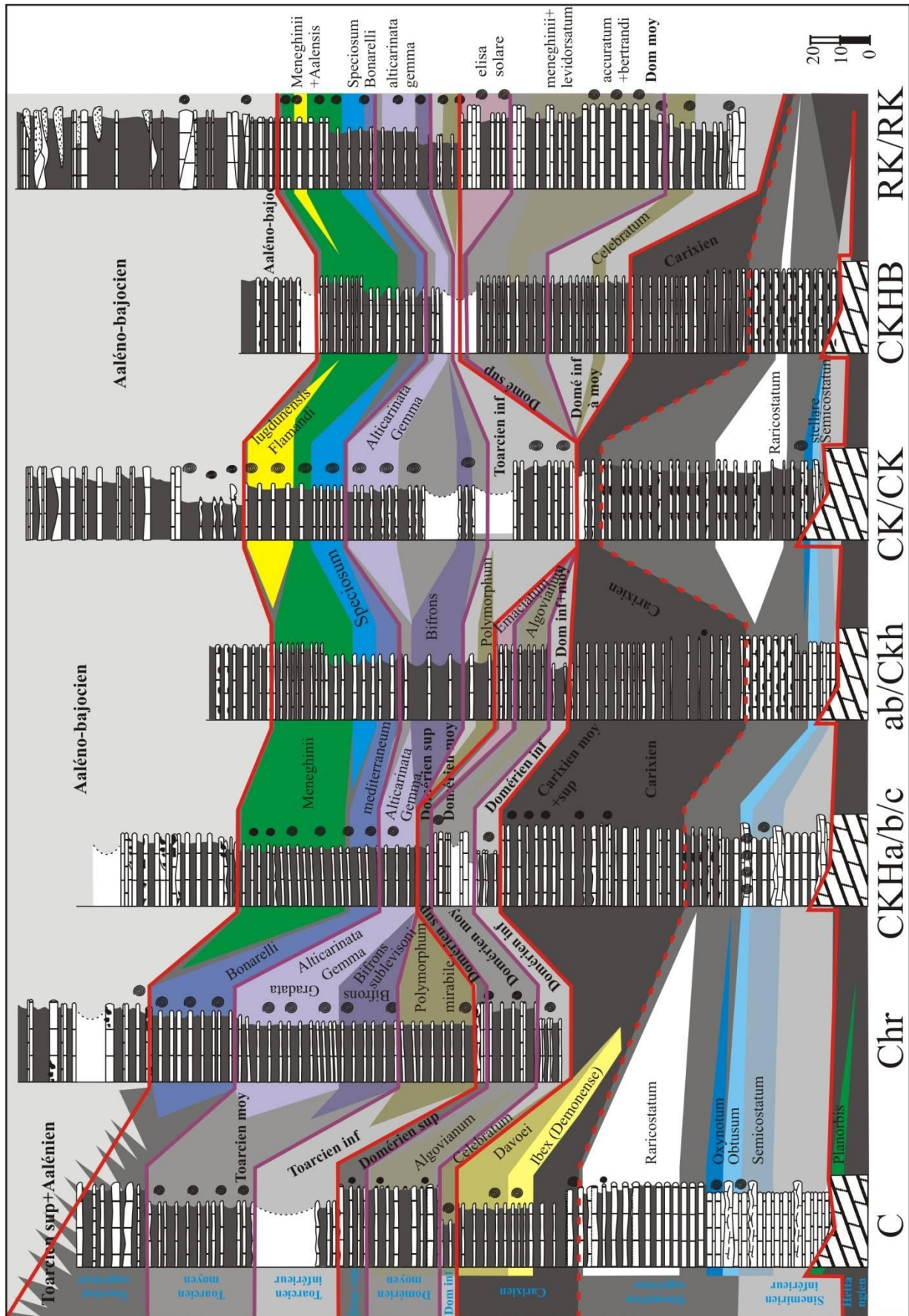
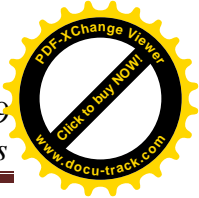


Fig.8- Zones et sous-zones des coupes étudiées (Djebel Chemarikh et Raknet El Kahla (d'après Mekahli, 1998 et Sebane, 2007).



Troisième chapitre

SIG et Application



INTRODUCTION ET DIFINITIONS DES SIG

I- Introduction

Les études cartographiques en géologie présentent certaines anomalies quand à l'utilisation et la mise à jour de l'information géologique. La production et la diffusion de cette information sont sujettes à de nombreux obstacles dont le manque de moyens adaptés et la non coordination des observations de terrain. Le quantitatif des bassins sédimentaires et leurs descriptions de leur contenu paléontologique est une étape incontournable pour une exploitation rationnelle de ces espaces.

Parmi les contributions scientifiques les plus fondamentales, la paléontologie, incontestablement plus indispensable de nos jours à l'apprentissage de la géologie et à la connaissance de l'évolution de la vie nécessite une cartographie riche et structurée. Il n'existe aucune autre composante des anciennes roches sédimentaires que les horizons fossilifères, dont l'âge moyen est inférieur à 1 Ma, présents dans de nombreux contextes géologiques (Callomon, 1984 ; Cope, 1993) offrant une précision géochronologique aussi grande. Ceci signifie que toutes tentatives de reconstitutions paléogéographiques sans faire appel à la paléontologie seront faussées. Il s'agit là d'une affirmation qui se veut volontairement audacieuse. Ainsi, les cartes des paléofaciès dressées à l'aide de corrélations de diagraphies qui sont supposées illustrer les territoires et paysages marins des temps anciens ne le font pas généralement. Ce qu'elles illustrent en réalité ce sont les configurations spatiales des unités lithostratigraphiques déterminées par la corrélation des mesures pétrophysiques, dans certains cas, par les descriptions de carottes et de déblais de sondage.

Devant la complexité et vue tout l'attrait des documents réalisés dans cette discipline, il devient nécessaire de prendre en charge cette problématique par des méthodes cartographiques spécifiques.

L'évolution des systèmes d'information et l'apparition des systèmes d'informations géographiques permettront de modéliser ces informations et d'extraire des modèles et des scénarios expliquant l'évolution géologique. En effet un SIG contenant des données spatiales doit permettre une analyse environnementale très précise pour la prise de décision et la visualisation de l'information scientifique. L'intégration de ces données pour l'inventaire, la visualisation et l'aide à la décision est réalisée à l'aide du SIG (Map_Info).



II- Définitions

Un Système d'Information Géographique (SIG) est un outil informatique permettant d'effectuer des tâches diverses sur des données à références spatiales (Catherine Satra, 2006 et 2008). Il est représenté par trois types ;

- Un type Gestion : il facilite la gestion de la base de données ;
- Un type Etude : pour répondre à une étude particulière ;
- Un type Observatoire : pour maintenir à jour l'information sur un site donné.

Ou bien c'est un système informatique de matériels (hardware), de logiciels (software), et de processus conçu pour permettre : la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale, afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion. (*Comité Fédéral de Coordination Inter-agences pour la Cartographie Numérique, 1988, USA*).

De point de vue général un SIG est constitué de cinq composants majeurs et il doit répondre à cinq fonctionnalités nommés les (5A).

A)- Les cinq composants majeurs d'un système d'information géographique:

- 1)- **Matériel** : Les SIG fonctionnent sur une très large gamme d'ordinateurs, des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.
- 2)- **Logiciels** : Les logiciels de SIG offrent les outils et les fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations.
- 3)- **Données** : Les données sont certainement les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.
- 4)- **Utilisateurs** : Un SIG étant avant tout un outil, c'est son utilisation qui permet d'en exploiter la quintessence. Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes utilisant dans leur travail quotidien la dimension géographique.
- 5)- **Méthodes** : La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.

B)- Les cinq fonctionnalités (5A) d'un système d'information géographique :

(Fig.9).

- 1)- **Abstraction** : Modélisation de l'information
- 2)- **Acquisition** : Récupérer l'information existante, alimenter le système en données,
- 3)- **Archivage** : Stocker les données de façon à les retrouver et les interroger facilement,
- 4)- **Analyse** : Réponses aux requêtes, cœur même du SIG,
- 5)- **Affichage** : Restitution graphique.

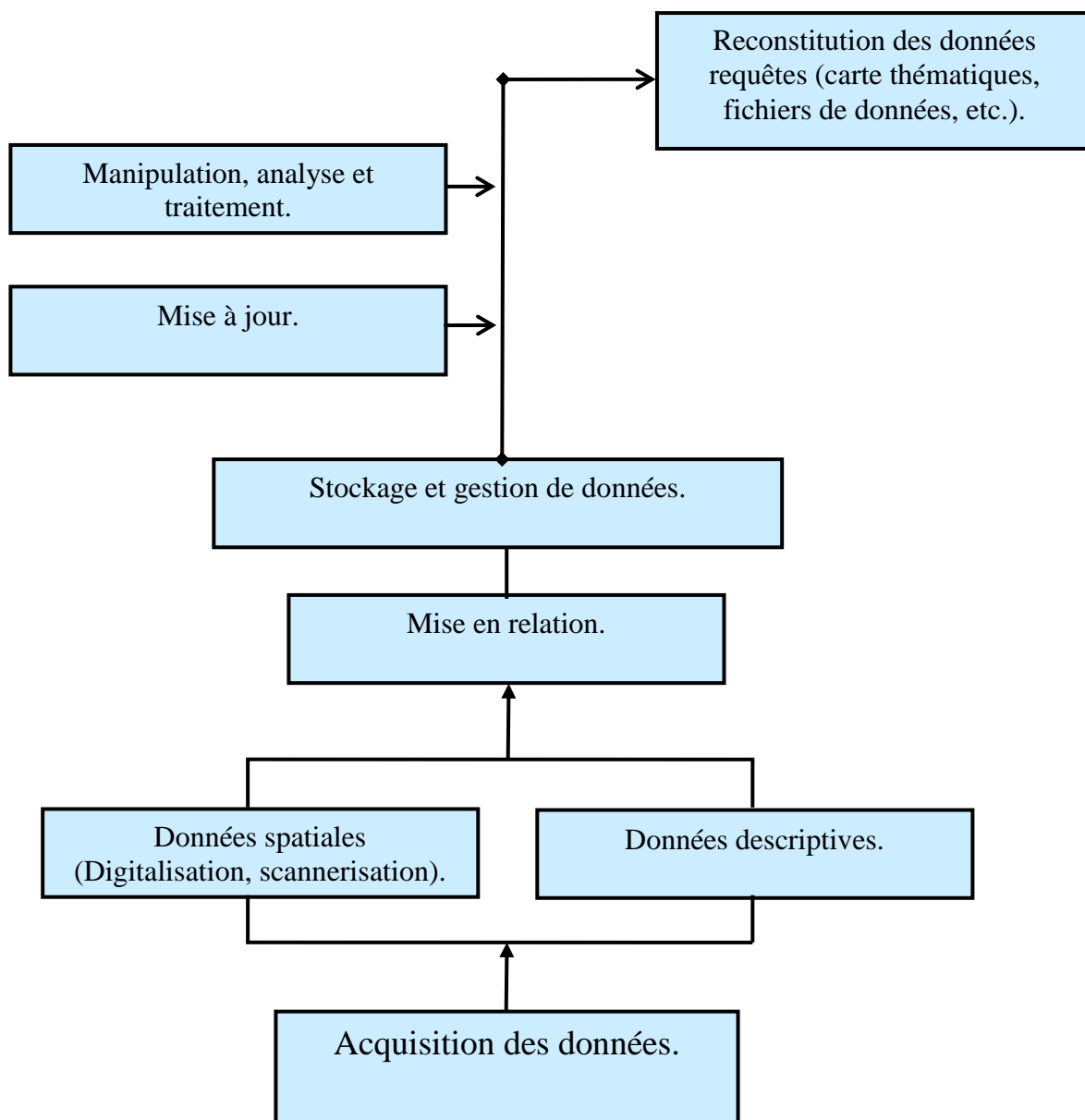


Fig.9- Organigramme montrant les différentes fonctionnalités d'un SIG.

III- Information géographique ou (géologique) (IG) :

L'information est géographique (IG) lorsqu'elle est liée à une localisation dans un système de référence sur la terre. Le même concept s'applique aux objets géologiques, tel qu'un bassin sédimentaire qui peut être localisé dans le même système de référence.

On parle aussi de données localisées (SIL ; Système d'Information Localisé), ou d'information à référence spatiale (SIRS ; Système d'Information à Référence Spatiale). Comme l'information géographique, l'information géologique est composée d'informations géométrique, descriptive et topologique. Elle constitue une interprétation du monde réel.

Ces informations peuvent être stockées sous deux formes (Fig.10) :

1)- Le mode raster : on associe une entité descriptive à une localisation.

C'est un mode maillé fondé sur un quadrillage régulier du terrain. L'information est stockée en lignes-colonnes. Chaque pixel contient une information (c'est-à-dire que le vide est également codé). Il n'y a pas de notion d'objet.

2)- Le mode vecteur : on associe une localisation à une entité descriptive.

Le terrain est représenté par des primitives graphiques (points, lignes, surfaces). Seuls les endroits renseignés sont stockés.

Dans ce mode, il existe une notion d'objet.

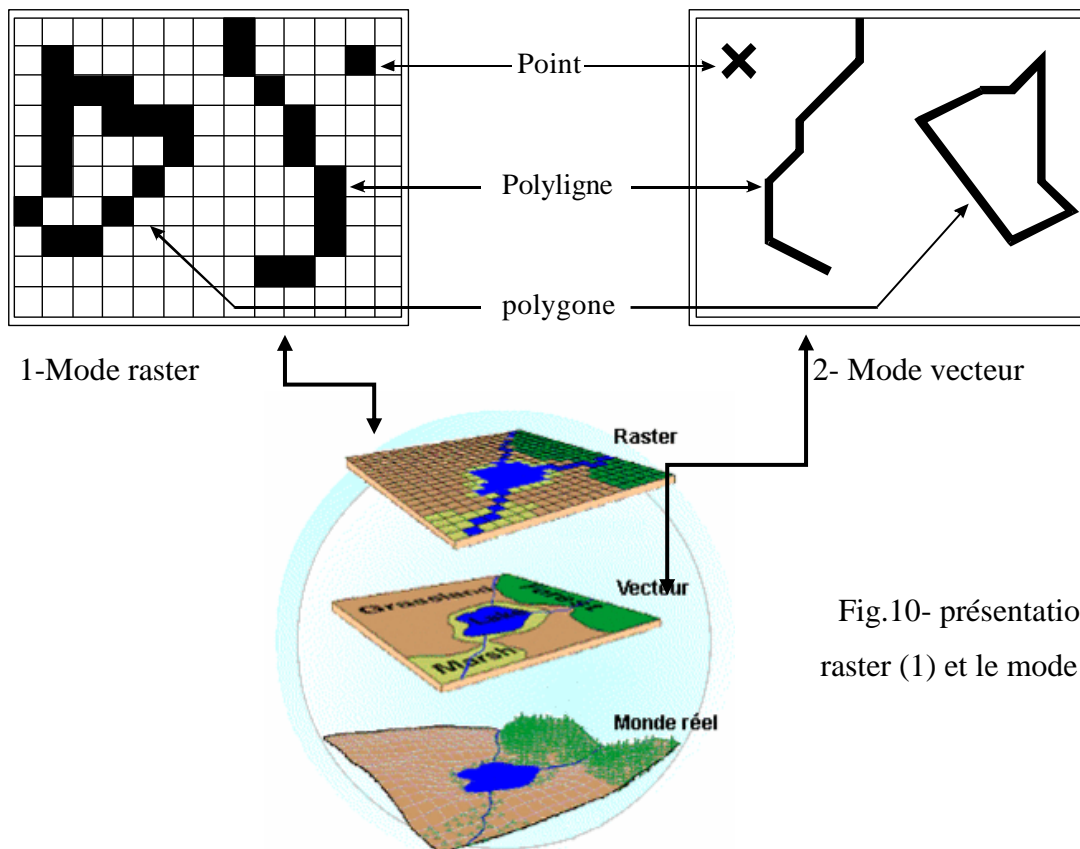


Fig.10- présentation du mode raster (1) et le mode vecteur (2).



IV- Définition des différents thèmes (ou couches) composant le SIG.

On parle de couche ou thème topologique lorsqu'on veut le partage de la géométrie entre les données.

Les objets ayant des relations topologiques feront partie de la même couche ; les objets n'ayant pas de relation topologique seront considérés comme couches distinctes.

Une bonne gestion de la topologie permet de préciser la géométrie, d'aider la saisie, d'éviter les erreurs de saisie, et surtout de ne pas dupliquer la donnée.

L'élaboration d'un catalogue des objets traités permet de définir une nomenclature. C'est l'équivalent de fiches techniques par classes d'objets.

Exemple de fiche :

Classe d'objet : nom du thème (carte géologique du Djebel Chemarikh par exemple),

Type d'objet : point, arc, surface, complexe,

Liste des attributs,

Valeurs possibles des attributs et observations sur ces valeurs,

Code de données pour les valeurs,

Échelle de validité,

Cette liste n'est pas exhaustive, mais elle est à déterminer précisément avant l'implémentation du SIG, pour ne pas ajouter de champs en cours de réalisation.

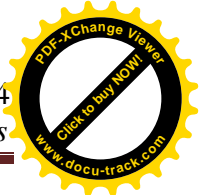
V- Le Système de Gestion de Base de Données (SGBD)

Avant d'évoquer le système de gestion de base de données (SGBD), il faut en premier lieu définir la donnée et la base de données.

V.1- Donnée

Les données sont certainement les composantes les plus importantes du SIG. Les données géographiques et géologiques peuvent être soit importées à partir de fichiers, soit saisies par l'opérateur et elles possèdent quatre composantes ;

- 1- les données géométriques (la forme et la localisation des objets),
- 2- les données descriptives (qui font partie des données attributaires),
- 3- les données graphiques (type de trait, couleur...),
- 4- les données sur les données (date d'acquisition, nom du propriétaire, méthodes d'acquisition...).



V .2- Base de données

La Base de données (BD) est la collection de donnée sur un domaine d'application particulier où les propriétés des données ainsi que les relations sémantiques entre ces données sont spécifiées en utilisant les concepts proposés par le model de données.

Une BD est un ensemble d'informations qui répond à trois critères :

a- L'exhaustivité :

Les informations constituant la BD doivent être complétées sur le sujet ;

b- Le non redondance :

Ne pas répéter la même donnée plusieurs fois dans la base de données;

c- La structuration :

Les données sont réparties en enregistrement et chaque structure ayant une structure définie.

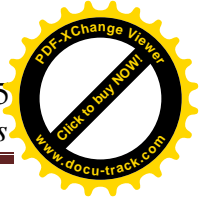
Le regroupement de toutes les informations dans une structure uniformisée s'est avéré être une nécessité. Le choix s'est porté sur un Système d'Information Géographique (SIG) qui présente l'avantage d'être un système de gestion de base de données (SGBD) ou bien le plus utilisé le (SGBDR) (Système de Gestion de Bases de Données Relationnel), où les informations sont repérées dans l'espace et organisées dans un ensemble structuré (Pornon, 1992). Un SIG permet l'archivage et la saisie de données géographiques et sémantiques associées, l'analyse spatiale des données et leur restitution cartographique.

Gérer les données dans un SIG facilite leur accès pour la communauté scientifique. Une organisation structurée favorise la comparaison des données acquises, la réalisation de synthèses géologiques et de documents cartographiques, et aide à la préparation des futurs documents géologiques.

Pour établir un lien entre l'utilisateur et le SGBD, il faut disposer d'un langage commun (Langage structuré de requête).

V .3- Langage structuré de requête "*Structured Query Language*" (S.Q.L).

Ce langage fut développé pour interroger et gérer les bases de données relationnelles. Il assure d'une certaine façon l'indépendance programmes–données, puisque la manière dont les données sont recherchées est en partie transparente à l'utilisateur.



VI- Définitions des spécifications de saisie

L'acquisition des données est la phase la plus importante dans la mise en place d'un projet SIG, d'où l'intérêt de bien définir le processus, avec les utilisateurs.

Les spécifications de saisie déterminent l'interprétation des sources de saisie : sélection ou généralisation des données. Elles peuvent évoluer en fonction des cas rencontrés. C'est pourquoi il faut noter les règles de saisie initiales afin de répéter la même opération pour le même cas rencontré.

Pour chaque type de données (chaque classe d'objets) on peut déterminer sous quelles formes elles existent, quelles sélections effectuer et quelles opérations de base appliquer pour l'implémentation du SIG (digitalisation, scannage, ...).

VII- La différence entre un SIG et un CAO

La différence entre un système d'information géographique (SIG) et une conception assistée par ordinateur (CAO) réside dans la structure des données. Les objets géométriques sont décrits à l'aide des attributs situés dans le système de gestion de base de données (SGBD) dans les SIG. Il existe des logiciels SIG d'Autodesk qui sont utilisés comme passerelle entre les domaines (CAO) et les (SIG) grâce à la technologie (FDO ; Feature Data Objects).

Les SIG offrent très peu de possibilités de représentation 3D, on parle plus tôt d'une représentation 2D $\frac{1}{2}$ (Fig.11), parce qu'il est difficile de structurer les données 3D (autant géométrique que descriptive).

Un logiciel SIG plus évolué permet une bonne représentation en 3D. Ce logiciel est développé par l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie de Nancy, 2003 en France, nommé (Gocad ; *Geological Objects Computer Aided Design*).

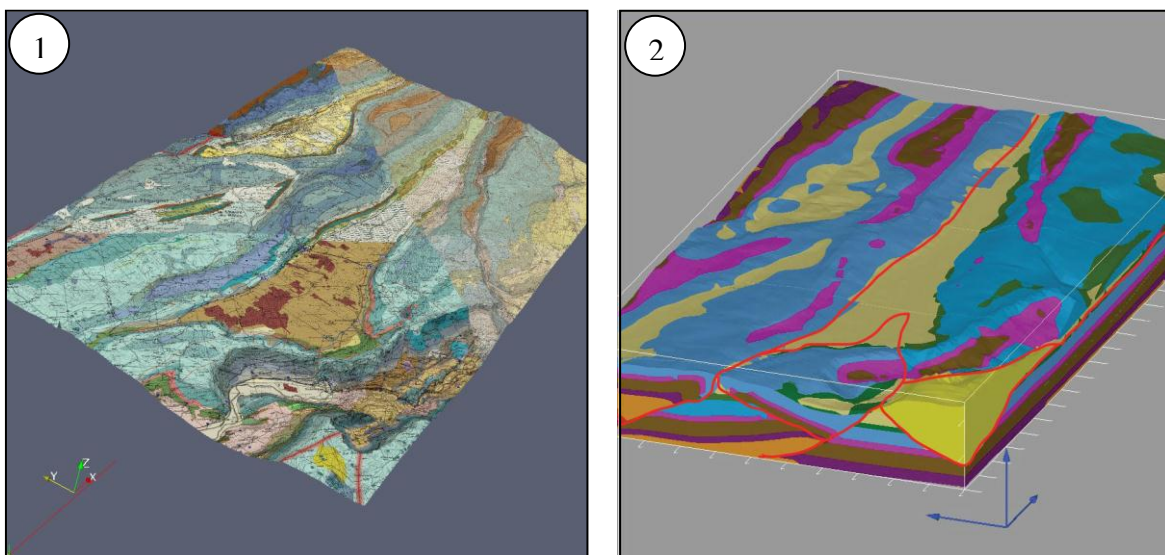


Fig.11- Présentation d'une structure 2D 1/2 (1) et une modélisation 3D (2).

IIX- Modélisation

Un modèle peut se définir comme une représentation abstraite de l'information et éventuellement des opérateurs de manipulation de l'information.

Les différents modèles nécessaires au processus de la création d'une BD (Fig.12), sont les modèles conceptuels, logiques et le modèle physiques des données (Nedjari, 2000) :

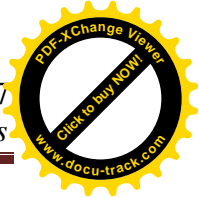
IIX .1- Le modèle conceptuel de données (MCD) :

Le modèle conceptuel de données (MCD) est basé directement sur l'inventaire et l'analyse des données et des besoins. Il décrit l'ensemble de la BD. Il est indépendant de la technologie, prolixité minimisée, outil de travail créateur ;

IIX .2- Le modèle physique de données (MPD) :

Ce model est une étape purement informatique (outil de travail pour l'ordinateur), représentant le contenu du modèle conceptuel et permettant d'écrire les données telles qu'elles sont stockées.

Il a pour objet de proposer une solution technique optimale pour l'implémentation physique des données et de la décrire ainsi que leurs liens dans le langage spécifique du SGBD utilisé.

**IIX .3- Le modèle logique de données (MLD) :**

Entre les deux modèles (le modèle conceptuel et le modèle physique des données), il existe un autre modèle intermédiaire (modèle logique des données) qui permet l'optimisation de la structure de données élaborées dans le MCD et tient compte de la réalisation par le biais d'un SGBD. Il est dépendant du type de technologie choisie. Modèle optimisé pour la performance, outil de travail pour le programmeur.

IIX .4- Les niveaux d'abstraction des données (Fig.12) :

Une base de données (BD) peut se faire à plusieurs niveaux suivant que l'on regarde plus du côté utilisateur que du côté stockage physique.

Il existe 04 niveaux de conception de données (Fig.12) ; le niveau externe, le niveau conceptuel, le niveau logique et le niveau physique. Dans une telle représentation seule la base de données physique a une existence matérielle, alors que les autres représentations sont des descriptions abstraites et logiques :

1- Le niveau externe :

Il correspond à la façon dont sont vues les données par l'utilisateur «elles sont appelées souvent VUE ». (Belkacemi, Meziane et Aouf, 2003) ;

2- Le niveau conceptuel :

Ce niveau regroupe les différentes vues. Le but de ce niveau consiste à déterminer les objets de la base de données, ainsi que les liaisons entre ceux-ci en faisant abstraction de l'environnement matériel et logiciel ;

3- Le niveau logique :

Le premier niveau informatique, il est le résultat d'un processus de transformation du modèle conceptuel et il a pour objet d'adapter le modèle conceptuel de données aux contraintes exigées par la machine ;

4- Le niveau interne :

Le niveau interne est la représentation physique des données. Il permet de cacher la complexité de l'implémentation de la base de données. (Madjoub, 2002), car il se trouve sur la machine et correspond aux stockages et l'organisation des différents fichiers. (Belkacemi, Meziane, Aouf, 2003).

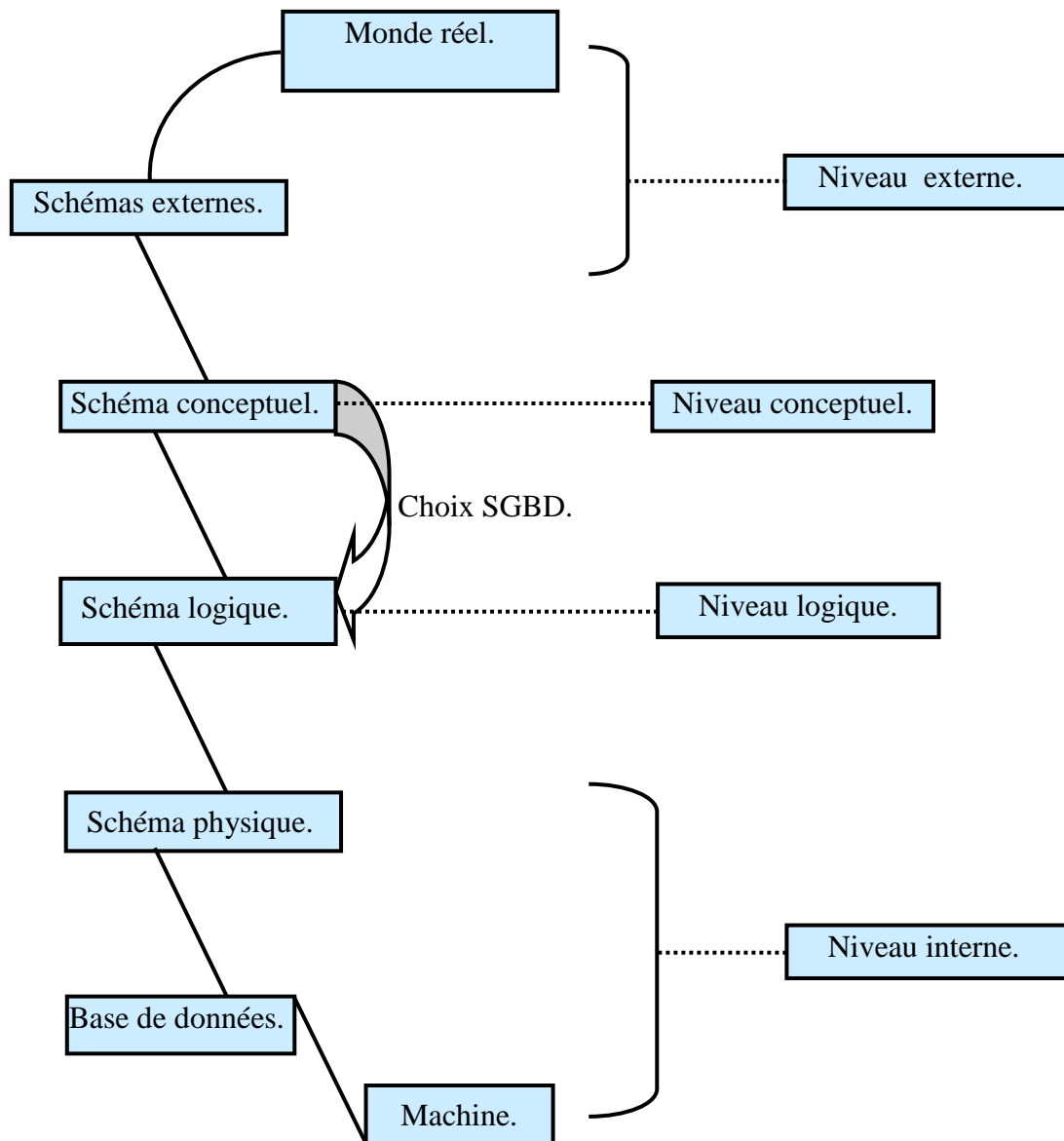


Fig.12- Les différents niveaux de représentation d'une Base de Données (BD).



IX- Le modèle numérique de terrain MNT

Un modèle numérique de terrain (MNT) est une représentation numérique du terrain qui permet de fournir des renseignements sur les formes du relief (géométrie) et leur position (dans un système donné). Il permet d'évaluer l'altitude en tout point. Cette évaluation est basée sur une extrapolation des courbes de niveaux et des points côtiers dont le principe est le suivant : les courbes de niveaux sont dans un premier temps assimilées à un ensemble de points, chacun comportant en attribut l'altitude de la courbe dont il provient.

Puis le logiciel (Surfer ou Vertical-Mapper intégré au Map_Info) effectue une interpolation afin de déterminer les valeurs de l'altitude entre ces points (Zaoui et Khiati, 2006).

X- Conclusion

Un Système d'Information Géographique englobe les concepts suivants :

I)- L'ensemble « Informations géographiques-Fonctionnalités » constitue l'outil SIG, qui permet d'apporter des solutions aux problèmes posés.

II)- Créer un projet SIG est un investissement important, tant en matériel qu'en personnel. D'où il faut exprimer clairement les besoins et les objectifs, qui correspondent en générale aux solutions apportées par les SIG. Ces solutions peuvent être sous forme de :

- 1)- analyses thématiques, statistiques, spatiales,
- 2)- cartes (géographique, géologique, topographique et paléontologique),
- 3)- mise à jour de données,
- 4)- rassemblement de données.

Pour justifier l'investissement fourni, le SIG doit être vivant. Il doit être fonctionnel, permettre des analyses et évoluer dans le temps, par la gestion de la mise à jour et de la qualité.



APPLICATION

I- Introduction

Notre étude est consacrée à la modélisation des données lithologiques et paléontologiques recueillies dans les Monts des Ksour (Djebel Chemarikh et Raknet El Kahla) à l'aide du S.I.G. Elle a pour objet de faire une carte géologique et une carte topographique numériques pour le secteur d'étude, ainsi que d'élaborer une base de données (lithologique et paléontologique) et des cartes thématiques spatiales à l'aide de ces données.

Donc on va utiliser la démarche classique ; inventaires et analyse de données ; classification et structuration des informations, puis implémentation et réalisation d'une base de données générale.

II- Inventaire et analyse

Devant toute la complexité de l'analyse des données géologiques, la cartographie numérique et l'avènement des SIG ont permis une meilleure maîtrise de la gestion spatiale des unités géologiques.

Cependant, on peut remarquer l'absence de modèles permettant de dégager une approche décisionnelle en exploitation. De ce fait, on considère le bassin comme hyperclasse dans le schéma conceptuel de données. La réflexion de cette étude apportera donc sa contribution sur les paramètres suivants, à savoir :

- Cartes et plans en géologie.
- L'intégration de la cartographie structurale pour l'intérêt des études topographiques.
- La définition du volume des données spatiales à manipuler.
- Découpage des bassins en unités et en sous unités spatiales.

L'inventaire et l'analyse des données existantes sont deux opérations importantes à effectuer dans la conception d'une base de données (BD).



II .1- Inventaire des données

Tous les documents qui peuvent fournir des informations (géologiques, cartographiques et surtout paléontologiques) concernant la région étudiée (Aïn Ouarka) doivent être bien exploités.

Les différents documents de base utilisés pour la réalisation de ce travail sont :

- 1- La carte géologique 1/100.000eme d'Aïn Ouarka (Institut Géographique Nationale de Paris, 1957);
- 2- La carte topographique 1/100.000eme d'Aïn Ouarka (Institut Géographique Nationale de Paris, 1957) ;
- 3- La lithologie (âges et formations), travaux antérieurs ;
- 4- La structurale, travaux antérieurs ;
- 5- Les données paléontologiques et biostratigraphiques (Mekahli, 1998 et Sebane, 2007).

II .2- Présentation et analyse des données

- La lithologie (Les formations et les membres) ;

Les dépôts Liasiques de la région d'Aïn Ouarka sont représentés essentiellement par trois (3) formations, qui sont de bas en haut :

La Dolomie du Chemarikh, d'âge Héttangien ;

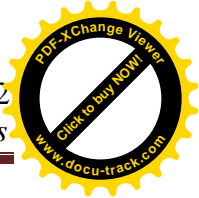
Les Alternances d'Aïn Ouarka, d'âge Héttangien-Domérien supérieur ;

Les Marno-calcaires d'Aïn Rhézala, d'âge Toarcien.

Les « Dolomie du Chemarikh » sont formées par une masse dolomitique. Elles sont surmontées par les « Alternances d'Aïn Ouarka » qui présentent plusieurs membres et termes superposés, différents les uns des autres du point de vue couleur, lithologie et contenu paléontologique.

Les membres qui appartiennent à cette formation sont représentés par la succession suivante : les calcaires sublithographiques noirâtres en bancs lités, les calcaires sublithographiques grisâtres à trainés rouges, l'alternance de marnes et de calcaires à silex, l'alternance de marnes et de calcaires ondulés et bioturbés, l'alternance verdâtre de marnes et de calcaires, l'alternance violacée de marnes et de calcaires ou «Ammonitico-rosso» et l'alternance noirâtre de marnes et de calcaires.

La succession se poursuit par la formation « Marno-calcaires d'Aïn Rhézala » ; elle comprend trois membres essentiellement carbonatées (Alternance rapprochée ou espacée



de marnes et de calcaires, parfois à filaments et une alternance de marnes et de calcaires à *Zoophycos*).

-La structurale ;

Du point de vue structural le secteur étudié est très accidenté et faillé suivant une direction orientée sensiblement NE-SW. La grande faille d'Aïn Ouarka sépare le Djebel Chemarikh au sud du secteur de Raknet El Kahla au nord.

-La paléontologie ;

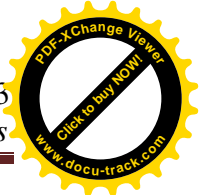
Les travaux paléontologiques détaillés qui ont été effectués dans la région d'Aïn Ouarka montrent l'existence de plusieurs ammonites réparties en 76 genres. Le nombre de foraminifères est très élevé et il est composé de 21 genres appartenant à huit familles. La répartition verticale de cette faune d'ammonites ainsi que celle des foraminifères a permis de reconnaître 17 zones d'ammonites.

Le Lias inférieur qui débute par la zone à *Planorbis*, affleure dans la formation basale d'Aïn Ouarka (Dolomie du Chemarikh). La succession observée dans les « Alternances d'Aïn Ouarka » a révélé la superposition des zones d'ammonites suivantes : *Semicostatum*, *Obtusum*, *Oxynotum*, *Raricostatum* du Lias inférieur. Le Lias moyen est établi par la reconnaissance des zones à *Demonence*, à *Davoei*, à *Celebratum*, à *Algovianum* et en dernier par la zone à *Emaciatum*.

Le Lias supérieur débute par le Toarcien inférieur avec les zones à *Polymorphum*, à *Levisoni*, auquel succède un Toarcien moyen marqué par les zones à *Bifrons* et à *Gradata*. Le Toarcien supérieur est caractérisé par les zones suivantes : *Bonarelli*, *Speciosum* et *Meneghinii*. Les zones du Toarcien supérieur sont définies dans la formation « Marno-calcaires d'Aïn Rhézala » (Mekahli, 1998 et Sebane, 2007).

L'analyse des foraminifères benthiques du Lias des Monts des Ksour a permis de mettre en évidence plusieurs associations, assemblages et biozones. Ces derniers sont largement dominés par les *Nodosariidés*.

La répartition verticale des foraminifères benthiques a permis à Sebane (2007) de définir trois associations liasiques qui se succèdent du Carixien au Toarcien supérieur. La première association dite (**A**) est assignée au Carixien, la deuxième appelée (**B**) est d'âge Domérien-Toarcien inférieur et la dernière association (**C**) est attribuée au Toarcien moyen supérieur. Ces trois associations sont répandues dans la partie septentrionale du Djebel



Chemarikh (les coupes ab/Ckh et CKHB) ainsi que celle de Raknet El Kahla (la coupe ab/RK).

Le travail de détail entrepris par Sebane (2007) a permis à l'auteur d'établir une subdivision en biozones et sous-biozones. L'auteur a défini trois biozones de foraminifères dont chacune peut montrer plusieurs sous-biozones.

1) la biozone à *Marginulina* gr. *Prima* et *Lingulina* gr. *Tenera* :

Cette biozone caractérise le Carixien-Toarcien basal. Elle comprend cinq sous-biozones (la sous-biozone à *Involituna liassica*, la sous-biozone à *Marginulina* gr. *Prima* + *Lingulina* gr. *Tenera* + *Ichtyolaria* + *Bolivina liassica*, la sous-biozone à *Bolivina liassica*, la sous-biozone à *Lenticulina sublaevis* mg. *Saracenaria* + *Lenticulina insignis* mg. *Falsopalmula*, et la sous-biozone à *Lenticulina toarcense* mg. *Lenticulina*).

2)- la biozone à Spectre *chicheryi* :

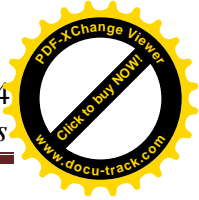
Cette dernière est représentée par une seule sous-biozone à *Ichtyolaria hauffi* et *Lenticulina pennensis* mg. *Marginulinopsis*. Elle est d'âge Toarcien moyen.

3)- la biozone à spectre d'*Orbigny* :

Elle comprend deux sous-biozones successives. La première assignée au Toarcien supérieur est représentée par l'espèce *Lenticulina subalata* mg. *Lenticulina* et la deuxième biozone attribuée à l'Aalénien est composée par l'association deux espèces *Lenticulina subalata* mg. *Lenticulina* et *Lenticulina tenuistriata* mg. *Falsopalmula*.

La notion d'assemblage introduite par Sebane, 2007 est établie selon les caractères morphologiques et la nature des tests des foraminifères benthiques récoltés durant l'intervalle de temps considéré dans ce travail. Leur étude détaillée a permis à l'auteur d'établir un lien de causalité entre leur évolution spatio-temporelle et les changements environnementaux. D'autres critères ont été également considérés par Sebane, 2007 pour la définition de ces assemblages, nous retenons les principales qui sont :

- 1- Le rapport entre les foraminifères agglutinés et les foraminifères à test calcaire hyalin.
- 2- Le rapport entre les morphogroupes de foraminifères benthiques étudiés.
- 3- L'abondance et la taille des foraminifères.



4- L'apparition et la disparition des genres et des espèces les plus significatifs.

Six assemblages ont été définis dans le secteur d'étude:

1) l'assemblage (B et C) ; cet assemblage d'âge Domérien supérieur est formé de Nodosariidés ornés, Ammodiscidés et de Lituolidés. Ces derniers sont largement répandus dans le C. Il caractérise le milieu de plate forme distale à salinité normale et bien oxygéné.

2) l'assemblage (D) ; il est marqué par l'augmentation des formes plates et déroulés et par l'apparition des Polymorphinidés et des Cératobuliminidés qui indiquent un milieu relativement profond en voie d'isolement.

3) l'assemblage (E) ; il est souligné par le développement des formes déroulées, droites et de petite taille (*Lingulina=Paralingulina*) qui sont indicatrices d'un milieu profond isolé et pauvre en oxygène.

4) l'assemblage (F) ; cet assemblage est caractérisé par un renouvellement qualitatif, marqué par la diminution des *Dentalina*, la disparition des *Lingulina* et surtout l'apparition des premières Citharines de petite taille et à côtes fines. Ce changement de microfaune marqué par la disparition de formes liées au confinement et l'apparition de formes costulées caractérise un milieu bien oxygéné.

Ces derniers trois assemblages sont d'âge Toarcien inférieur.

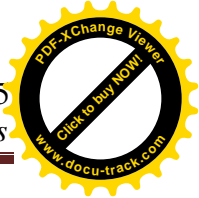
5) l'assemblage (G) ; au niveau de cet assemblage d'âge Toarcien moyen, Sebane, 2007 avait noté une augmentation de la diversité spécifique avec une présence imposante des formes enroulées usées biconvexe (*Lenticulina*) et la diminution des Polymorphinidés et Cératobuliminidés.

6) l'assemblage (H) ; ce dernier assemblage d'âge Toarcien supérieur est formé d'une microfaune abondante avec une grande diversité spécifique. Il est représenté généralement par des formes déroulées et larges (*Astacolus*, *Planularia*, *Falsopalmula* et *Citharina*), et les formes enroulées biconvexes (*Lenticulina*) et les spirillinidés.

Ces deux assemblages caractérisent un milieu peu profond bien oxygéné.

III- Modélisation des Données

La prise en charge de toutes ces données et leur intégration pour l'exploitation de la cartographie en paléontologie et en sédimentologie ainsi que la prise en compte des données environnementales géologiques à l'aide des SIG exige la réalisation d'un modèle conceptuel de données (MCD). Celui-ci est le résultat de l'analyse de l'existant et des



enquêtes avec les futurs développements du SIG (Motet1992, Laurini1993). Il représente de manière synoptique l'ensemble des données et les liens qui existent entre elles. Les questions du MCD reprennent les problèmes relatifs aux traitements (Tab.1).

<p>Localisation (Inventaire localisé) <i>Qu'y a-t-il à cet endroit ?</i></p>	<p>Distribution (Analyse thématique) <i>Où trouve-t-on ?</i></p>
<p>Evolution Analyse temporelle <i>Qu'est-ce qui a changé ?</i></p>	<p>Répartition (Analyse spatiale) <i>Quelle est la structure ?</i></p>
<p>Modélisation (Simulation des processus) <i>Que se produirait-il si ?</i></p>	<p>Optimisation (Aide à la décision) <i>Quelle est la meilleure façon ?</i></p>

Tab.1- Typologie des traitements

III .1- Organigramme des données :

L'organigramme des données nous permet de structurer le modèle et d'opérer de manière organisée afin d'obtenir une modélisation scientifique. La solution proposée s'articule autour d'une cartographie des bassins qui prend en compte les données géologiques, sédimentologiques et paléontologiques en général. Le plan de la démarche est établi en relation directe avec les éléments constitutifs de la carte géologique. Comme la plupart des cartes n'offrent qu'une représentation statique pour les géo-thematiciens, il faut selon [Rimbert, 1990] construire des systèmes permettant de faire des passages entre différents états. Le problème revient à formaliser le fonctionnement des systèmes par des modèles. Il existe plusieurs approches de modélisation. La principale qui est retenue pour notre étude est celle qui prend en considération les aspects futurs des représentations : ce sont les modèles normatifs. Il s'agit de mettre en jeu beaucoup d'éléments pour la génération de modèles de simulation; ceci est possible grâce aux concepts suivants :

- La surface cartographique,
- Les attributs de lieux et des objets d'intérêt,
- Le temps d'évolution sous forme d'intervalles, d'itérations, ou de constructions

récurrentes,

- Le moteur d'inférence qui est généré par des règles de transformation déterministe ou stochastique.

Il est donc facile de comprendre la contribution considérable que l'informatique apporte à la cartographie thématique et de simulation en permettant plusieurs structures à la fois et en facilitant une visualisation rapide des résultats. Le bassin sédimentaire peut être considéré comme un espace localisé délimité topographiquement où des opérations spatiales s'effectuent. Ainsi, le classique répertoire de coordonnées tridimensionnelles devient un tableau complété par des indicateurs de cet environnement complexe qu'est le bassin géologique.

Jean COMBE propose dans le cadre d'un programme assurance-qualité sur l'information fournie une grille d'action ou d'intervention dont l'objectif est d'éviter les abus et de ne commettre aucune négligence (Fig.13). Cette grille prend en considération le temps, l'espace et l'action [Combe1990].

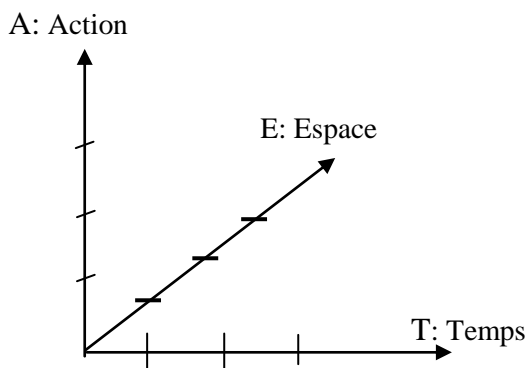
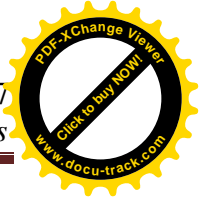


Fig.13- La grille de Jean COMBE, 1990.

$3A*3T*3E$ donne 27 chances de succès donc une meilleure information géologique- paléontologique-sédimentologique

Afin de bien produire des données scientifiques regroupant plusieurs facteurs d'intérêt, la structuration de l'information et la modélisation des données sont nécessaires. Le trièdre Action/Espace/Tempo sera normalisé pour des actions continues.



III .2- Modèle conceptuel de données MCD :

Le modèle conceptuel des données (MCD) constitue le cœur du processus de réalisation d'un SIG. Il représente de manière synoptique l'ensemble des données et les liens qui existent entre elles. Le modèle conceptuel est un outil privilégié de discussion, car il est le résultat de l'analyse de l'existant et des entretiens avec les futurs utilisateurs du SIG qui valident le modèle par étape. Un modèle conceptuel des données est élaboré sur la base d'un formalisme. Dans notre cas, on a choisi le formalisme entités/reliations.

Il est évident que la conception d'un modèle passe par la définition de la classe, de l'entité et de l'attribut. La relation entre classes est une structure à prévoir toutefois. Mais elle ne rentre pas dans le cadre de cette étude.

III .2. 1- Les entités

Elles sont définies par les objets d'une classe (couche thématique) et possédant des propriétés comme attributs pour éviter les redondances dans les données.

III .2. 2- Les relations

La relation permet de définir des liens existants entre les entités. Elles sont représentées dans le modèle par une ellipse. Les relations sont encore précisées par les cardinalités. Une relation peut être définie par des liens géométriques, sémantiques ou topologiques. Le caractère spatial est mis en évidence pour faciliter la gestion des données.

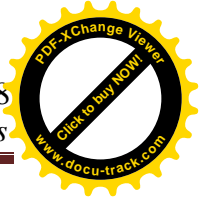
III .2. 3- Les cardinalités

Elles indiquent le nombre de fois minimum et maximum qu'une relation peut se produire entre les enregistrements de deux entités (ex: un faciès connecté entre un affleurement et un autre affleurement). C'est au travers de ces liens qu'apparaît alors la structure de la base de données du modèle adopté.

III .2. 4- Description du Modèle :

Le modèle est indispensable pour comprendre les requêtes que l'on peut effectuer sur la base de données géologiques, sédimentaire ou paléontologique, ou lorsque l'on désire modifier ou compléter cette dernière. Un modèle conceptuel n'est donc pas un instrument dynamique pour la gestion, il est appelé à évoluer avec le besoin des utilisateurs. Le modèle qu'on propose n'est qu'un prototype dont les entités retenues sont décrites dans l'analyse de l'existant.

Dans cette étape on va essayer de modéliser, de structurer, de coder les variables alphabétiques aux variables numériques et d'analyser les données.



Elle permet la création, la mémorisation et l'analyse des données, c'est-à-dire traduire le monde réel avec toute sa complexité par des structures de données qui sont dans ce travail de différentes natures (cartographiques, géologiques, lithologiques et paléontologiques).

Cette modélisation mène à une représentation des données par des schémas et un dictionnaire des données. Ces annexes décrivent toutes l'information intégrée dans la base de données de notre travail.

Un schéma conceptuel final présenté par le formalisme entité-association représente ces données par des classes d'objets et des liens.

Dans le cas de traitement des données lithologiques et paléontologiques plusieurs codes numériques sont proposés pour l'exploitation et la réalisation des analyses thématiques et spatiales à partir de ces données.

III .3- Modèle logique des données (MLD relationnel) :

Le modèle logique des données (MLD) est une étape intermédiaire entre le modèle conceptuel et le modèle physique (langage machine). Le MLD est écrit avec un formalisme dépendant du type de système de gestion de base de données (SGBD) et du logiciel choisi.

Dans notre cas, le logiciel Map_Info fonctionne avec un SGBD de type relationnel (SGBDR).

Un MLD est essentiellement composé de tables logiques reliées entre elles par des flèches. Donc le modèle logique le plus utilisé est le modèle relationnel.

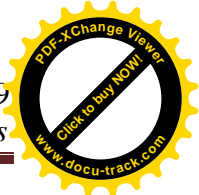
Le passage du modèle logique conceptuel (entité-association) au modèle logique (relationnel) est une étape primordiale dans la conception de la base de données, il se traduit par les étapes suivantes :

- toute entité du modèle conceptuel se transforme en une table relationnelle.
- l'identifiant de l'entité clé primaire de la table.
- les propriétés de l'entité deviennent des attributs de la table.

III .4- Modèle Physique de Données

Le modèle physique des données (MPD) est la traduction du modèle logique des données (MLD) dans une structure de données spécifique au système de gestion de base de données (SGBD) utilisé.

Le MPD est donc représenté par des tables définies aux niveaux du système de gestion de base de données. C'est donc au niveau du MPD que nous quittons la méthode



générale de création d'un MCD et de sa transformation en MLD, pour nous tourner vers la manipulation d'un SGBD spécifique.

Le passage du MLD au MPD se fait par les étapes suivantes :

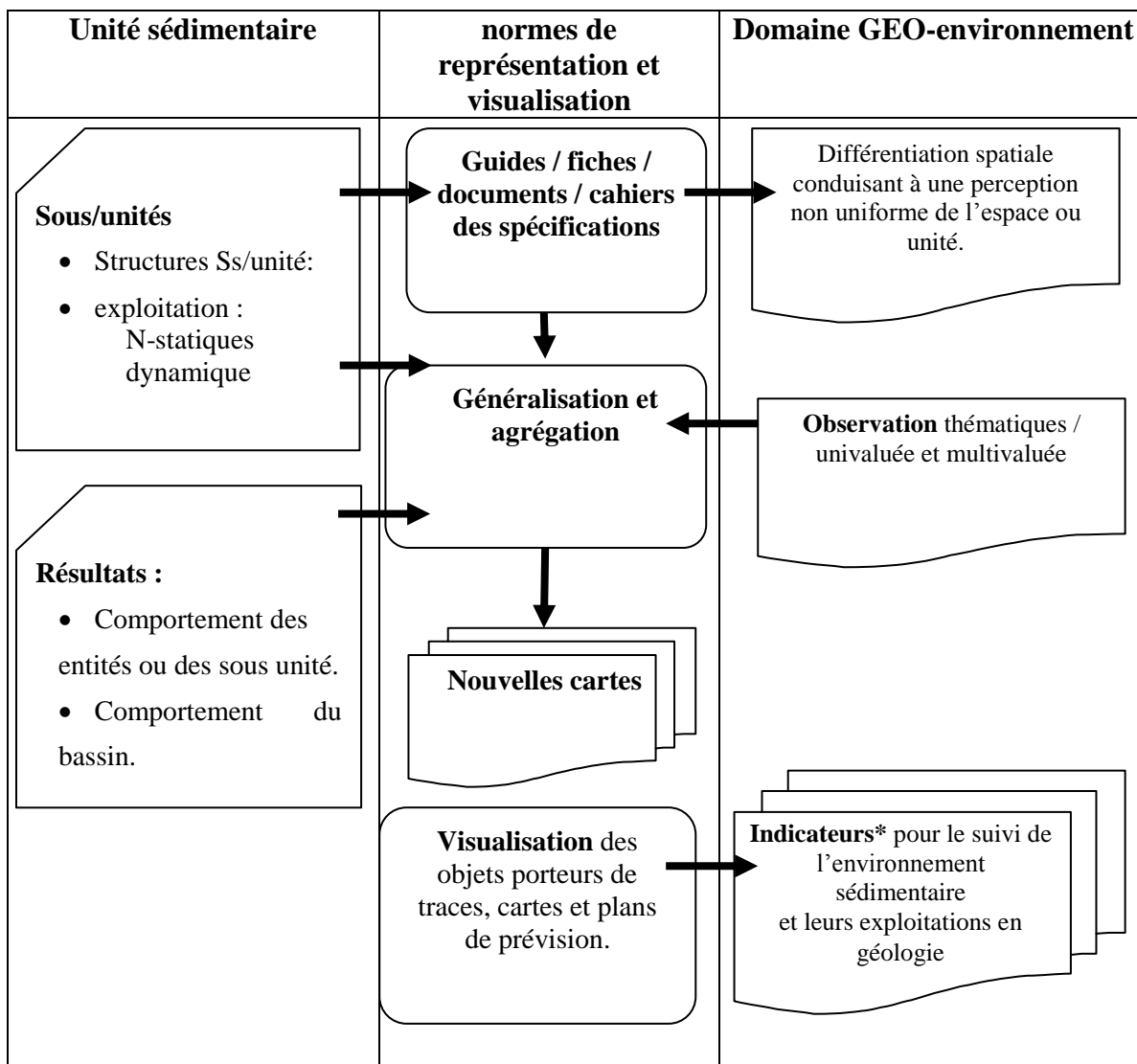
- implémentation physique de chaque table du MLD dans Le SGBD utilisé.
- Pour chaque table, indiquer au SGBD quel champ constitue la clé primaire.
- Pour chaque table, indiquer au SGBD la clé étrangère et la clé primaire correspondante.

III .5- Diagramme de transfert

La structuration de l'information technique et spatiale (fig.14) conduit à une modélisation informatique (MCD) qui doit prendre en charge une implémentation physique des informations. Le système d'information pour le paléo-environnement (SIPE) pose un double problème lié à l'inventaire des différentes informations et à leur structuration sous forme de schémas. Cette étape d'inventaire nécessite la prise en compte d'un modèle de transfert (Fig.14). Pour adapter le schéma du SIPE et rechercher une équivalence entre les options techniques et les éléments de cartes qui sont généralement des légendes ou des nomenclatures.

Toutes ces indications indiquées dans la fig. 14, n'ont pas la prétention de donner des solutions finies, ni de résoudre tous les problèmes d'exploitation. L'ingénierie en géologie sédimentaire coûte cher, mais elles restent incontournables pour la réussite des projets paléo-environnementaux. Les fonctions de généralisation et d'agrégation sont déduites des inventaires et traitées par des schémas de structuration de l'information. Cette phase restera en recherche tout au long du projet et fixera des perspectives à court et au long terme. Le traitement cartographique doit permettre un découpage selon des périmètres d'exploitation pour les plans de recollement.

L'ensemble des données collectées est rattaché à son contexte spatial mais aussi au contexte temporel. En effet, tous les prélèvements doivent être structurés et stockés (archivés). Ainsi, on dote notre SIG d'un outil efficace pour le suivi de l'évolution d'un bassin. Ce concept, appelé "version d'objet" est très répandu dans le génie-logiciel.



(* Indicateurs = d'ordres géométriques, physiques, chimique, autre ...)

Fig.14- Diagramme illustrant le transfert du modèle.

D'autres outils d'analyse statistique seront développés pour offrir un système complet d'aide à la décision (fig.15).

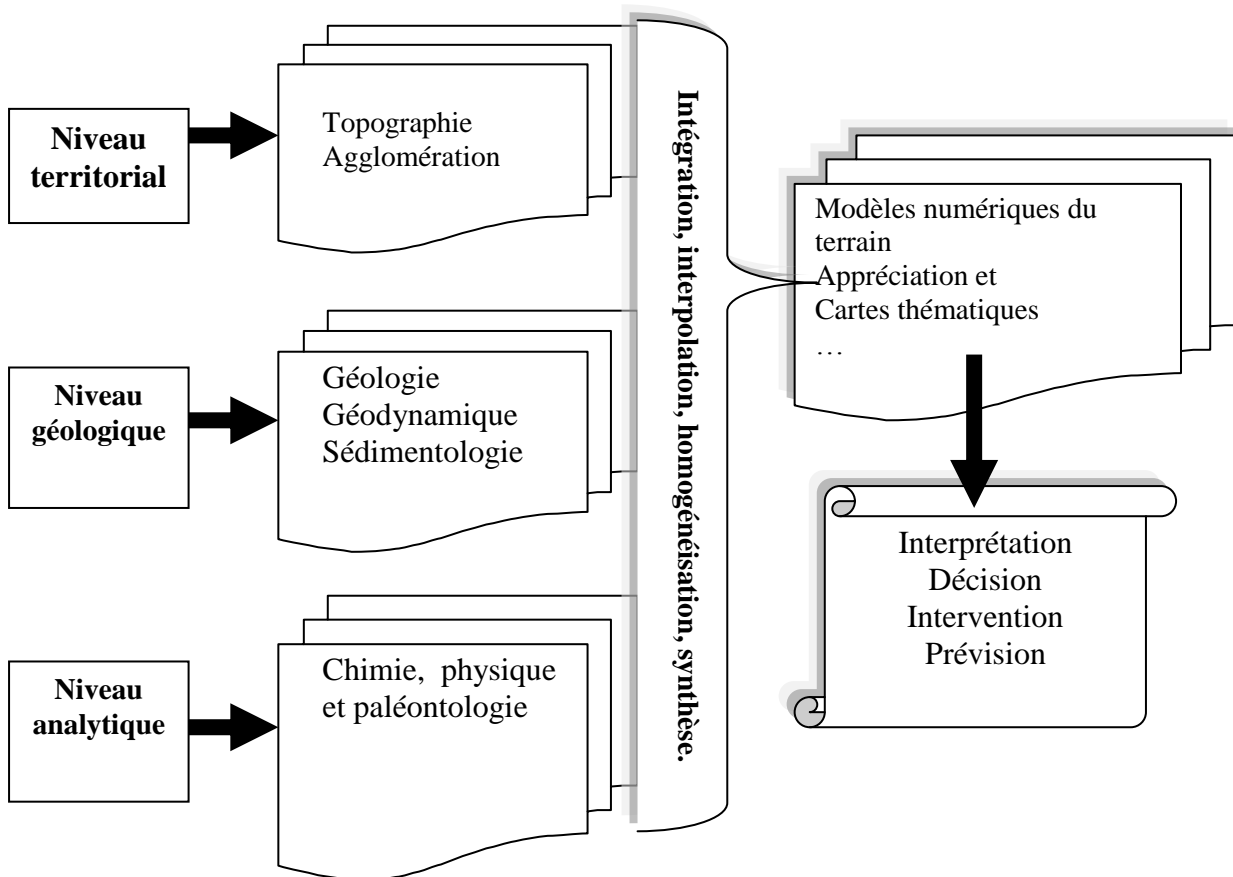
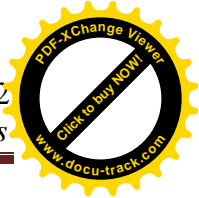


Fig.15- Démarche globale du processus d'exploitation des données relatives d'un bassin sédimentaire.

IV- Modélisation et traitements :

Les traitements produits par un SIG sont complexes, diversifiés et évolutifs. De plus, il n'est pas aisé d'effectuer un inventaire exhaustif de tous les traitements qui vont être réalisés. La typologie (Tab.2) permet de simplifier et de classer le phénomène étudié.



Traitements	Usages	Exemples
Localisation	Inventaire localisé	Qu'y a-t-il a cet endroit?
Distribution	Analyse thématique	Où trouve-t-on?
Evolution	Analyse temporelle	Qu'est-ce qui a changé?
Répartition	Analyse spatiale	Quelle est la structure?
Modélisation	Simulation des processus	Que se produirait-il si?
Optimisation	Aide à la décision	Quelle est la meilleure façon?

Tab.2- Typologie des traitements.

Parmi les différents traitements qui sont modélisés ci-dessus, ceux qui couvrent les besoins de consultation et de communication sont plus développés que les traitements couvrant les autres types de besoins. La modélisation reste donc une problématique du thématicien spécialiste.

IV .1- Gérer les données des schémas :

Les schémas de prototype possèdent des informations graphiques et alphanumériques qui évoluent rapidement, leur gestion implique:

- d'intégrer des données dans une structure prédéfinie.
- de planifier les opérations de mise à jour (observation et analyse).

Les traitements cartographiques souhaités à l'aide d'opération SIG ont plusieurs approches à satisfaire. Les principaux éléments de ce traitement s'articuleront autour des aspects suivants :

- Utilisation des cartes : le Map_Info permet de consulter l'information à l'écran et produire des cartes et des graphiques que l'on peut intégrer directement dans des rapports de décision.

- Créer des cartes de synthèse : La base de données à référence spatiale permet de créer des cartes thématiques et de les stocker. Pour le SIG des schémas de structure.

- Effectuer des requêtes et créer des tables : La base de données à référence spatiale permet encore d'effectuer des requêtes et de combiner des informations.

- Imprimer les documents de la base de données : L'impression de documents (cartes, tables, graphiques) est l'étape ultime du système d'information, elle permet de fournir de l'information sur un support matériel.

- Elaboration des plans MCD et MPD : Les tables graphique et les données alphanumérique permettras d’actualisé le développement et la mise à jour du prototype en prennent compte de tous les précautions de sécurité et de confidentialité des données.

IV .2- Le modèle de Traitement

Les traitements sont un ensemble de travaux définis dans un cahier de charge permettant une mise en place d’un serveur donnant droit aux différents accès du système d’information. Le modèle est ainsi donc soumis aux différentes sollicitations pour l’exploitation, la gestion et la mise à jour (Fig.16).

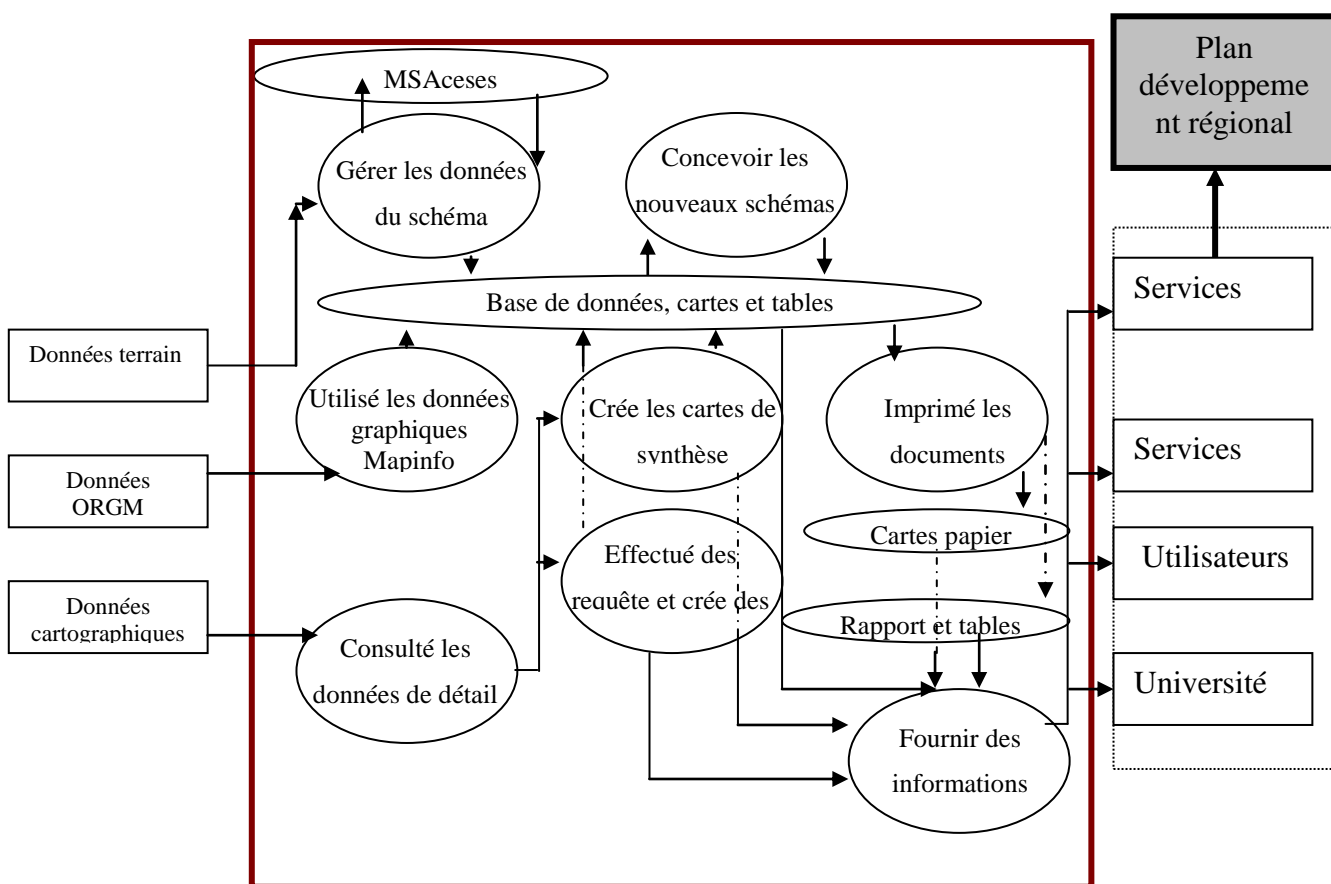
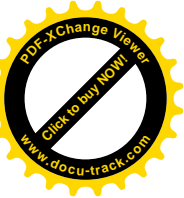


Fig.16- Modèle de traitement des données géographiques.

IV .3- Les règles générales de structuration pour le SCI :

Les données sont intégrées dans des couches spécifiques (plans Map_Info). Les éléments symboliques (Symbol Map_Info) possèdent des formes spécifiques permettant de les identifier. Au niveau des "outils" de dessin utilisés, on recense les entités suivantes :



- Les polygones.
- Les lignes.
- Les symboles pour des entités points, élément constitutif d'une bibliothèque de symboles.
- Les hachures (pour les éléments zonales), etc....

La structuration de l'information et la modélisation des données sont des étapes évoluant simultanément, ceci permettra la mise en place d'un SIG complet. La technologie actuelle des SIG permet cette transition en utilisant des modules d'intégration et de prise de décision, c'est l'exemple du système d'information ARCGIS.

Le modèle proposé pour le travail

Pour notre travail on a adopté un modèle (Fig.17) pour le traitement des données compilées.

Les données sont de différentes sortes :

Des données topographiques et géologiques, pour la réalisation d'une carte géologique et un modèle numérique de terrain.

Des données lithologiques et paléontologiques, pour la création des différentes cartes.

Les solutions SCI seront proposées pour toutes ces données, pour la réalisation d'un projet S.I.G.

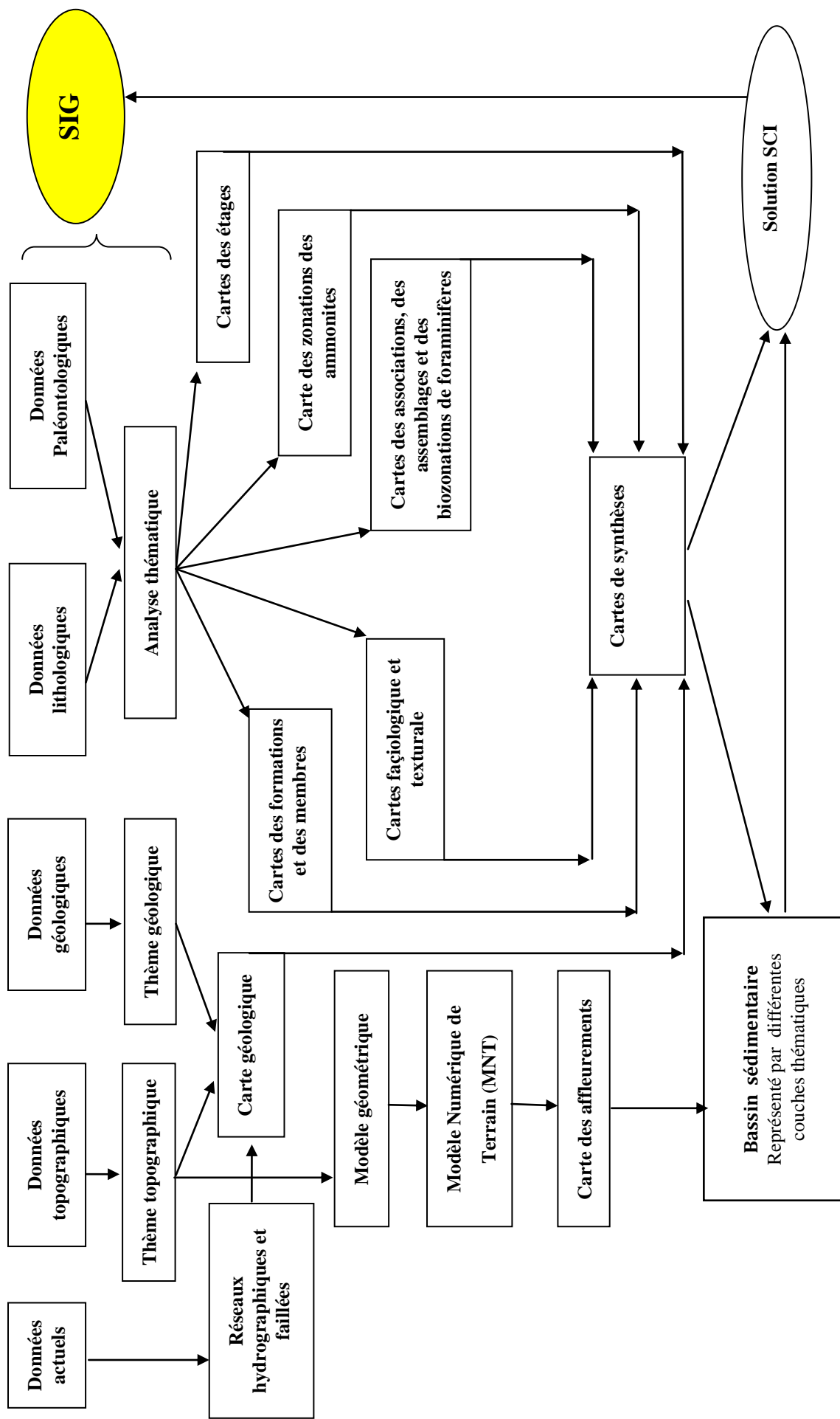
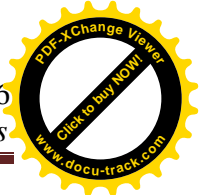


Fig.17- Un modèle de traitement proposé pour l'étude paléontologique du secteur du Djebel Chemarikh et Raknet El Kahla.



IV .4- Etapes du traitement

IV .4. 1- Données cartographiques

Acquisition des données

L'intégration de la carte géologique 1/100.000^{eme} d'Aïn Ouarka et de la carte topographique 1/100.000^{eme} d'Aïn Ouarka sous Map_Info (7.5) se fait par digitalisation (scanner). Cette opération nécessite la fixation des paramètres de scannérisation (résolution de 300 méga-pixel) ainsi que les formats d'enregistrements (image JPEG).

Manipulation des données

-Géoréférencement des cartes (Calage):

Il s'agit de sélectionner des points repérables sur ces deux cartes (au moins trois points non alignés sur chaque carte).

Les coordonnées des points sont saisies dans un système de projection (choisit selon les besoins). Dans notre cas, nous avons utilisé une projection non terrestre. Il s'agit du système Lambert V.L.U Nord Algérie et pour la transformation des coordonnées d'un système à un autre (par ex : du système géographique aux coordonnées Lambert) on a utilisé le programme Coord4.

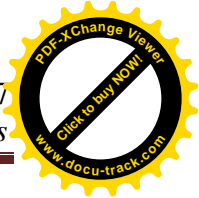
-Numérisation :

La numérisation se fait sur la carte scannée et calée à l'aide d'outils de dessins (symboles, ligne, polyligne, polygone, texte, ...).

Cette opération englobe aussi la projection des coupes étudiées à partir des coordonnées Lambert données pour chacune de ces coupes.

IV .5- Stockage et gestion des données

En se basant sur les entités définies lors du MCD, plusieurs couches d'informations sont dégagées.



IV .5. 1- Données cartographiques

a- Cartes topographiques

Couche thème topographique (fig.18)

Exploitation des données

La couche thème topographique à été réalisée à partir de quatre couches ; une couche pour les courbes de niveaux qui sont de deux types ; des courbes de niveaux maitresse dont l'équidistance est de 200m et des courbes normales ; 40m d'équidistance (fig.18-a) ; la deuxième couche (fig.18-b) montre les points de côtés. Le réseau hydrographique est bien représenté dans la troisième couche ; couche cours d'eau (fig.18-c). Alors que la dernière couche de ce thème est réservée aux réseaux routiers et aux noms des localités (fig.18-d).

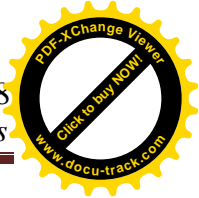
Résultats

A partir de la superposition de ces différentes couches, il en résulte une carte (couche thème topographique, fig.18), qui permet de bien visualiser la géométrie et la topographie du secteur d'étude en 2D et qui peut être exploitée pour la réalisation d'un modèle numérique du terrain.

ID	Type courbe	Elévation
1	Maitresse	1200
2	Maitresse	1000
3	Maitresse	1000
5	Maitresse	1400
6	Maitresse	1200
7	Maitresse	1200
8	Maitresse	1000
10	Maitresse	1200
11	Maitresse	1200
12	Maitresse	1200
13	Maitresse	1200
14	Maitresse	1200
15	Maitresse	1200
16	Maitresse	1000
17	Maitresse	1200
18	Maitresse	1400
19	Maitresse	1400
20	Maitresse	1400

ID	Type courbe	Elévation
21	Maitresse	1200
22	Maitresse	1400
23	Maitresse	1200
24	Maitresse	1200
25	Maitresse	1200
26	Maitresse	1200
27	Maitresse	1200
28	Maitresse	1200
29	Maitresse	1200
30	Maitresse	1200
31	Maitresse	1200
32	Maitresse	1200
33	Maitresse	1200
34	Maitresse	1000
35	Maitresse	1200
36	Maitresse	1400
37	Maitresse	1400
38	Maitresse	1200

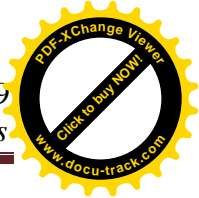
ID	Type courbe	Elévation
39	Maitresse	1000
40	Maitresse	1000
41	Maitresse	1000
42	Maitresse	1200
43	Maitresse	1000
44	Maitresse	1000
45	Maitresse	1000
46	Maitresse	1000
47	Maitresse	1000
49	Maitresse	1200
50	Maitresse	1200
51	Maitresse	1200
52	Maitresse	1200
53	Maitresse	1200
54	Maitresse	1200
55	Maitresse	1600
56	Maitresse	1600
57	Maitresse	1600



ID	Type courbe	Elévation
58	Maitresse	1600
59	Maitresse	1200
60	Maitresse	1200
61	Maitresse	1200
62	Maitresse	1200
63	Maitresse	1200
64	Maitresse	1200
65	Maitresse	1200
66	Maitresse	1200
67	Maitresse	1200
68	Maitresse	1000
69	Maitresse	1400
70	Maitresse	1400
71	Maitresse	1400
72	Maitresse	1400
73	Maitresse	1400
74	Maitresse	1000
75	Normale	1280
76	Normale	1240
77	Normale	1320
78	Normale	1280
79	Normale	1240
80	Normale	1280
81	Normale	1320
82	Normale	1360
83	Normale	1280
84	Normale	1160
85	Normale	1120
86	Normale	1280
87	Normale	1240
88	Normale	1120
89	Normale	1160
90	Normale	1080
91	Normale	1040
92	Normale	1160
93	Normale	1120
94	Normale	1080
95	Normale	1080
96	Normale	1120
97	Normale	1080
98	Normale	1160
99	Normale	1120
100	Normale	1120

ID	Type courbe	Elévation
101	Normale	1320
102	Normale	1280
103	Normale	1240
104	Normale	1280
105	Normale	1280
106	Normale	1280
107	Normale	1240
108	Normale	1280
109	Normale	1240
110	Normale	1240
111	Normale	1240
112	Normale	1240
113	Normale	1240
114	Normale	1240
115	Normale	1240
116	Normale	1160
117	Normale	1160
118	Normale	1120
119	Normale	1320
120	Normale	1280
121	Normale	1240
122	Normale	1160
123	Normale	1160
124	Normale	1160
125	Normale	1160
126	Normale	1120
127	Normale	1080
128	Normale	1040
129	Maitresse	1000
130	Normale	1280
131	Normale	1640
132	Normale	1640
133	Normale	1640
134	Normale	1640
135	Normale	1560
136	Normale	1560
137	Normale	1480
138	Normale	1560
139	Normale	1560
140	Normale	1520
141	Normale	1440
142	Normale	1480
143	Normale	1440

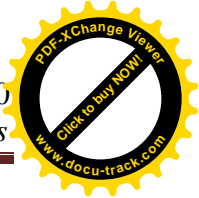
ID	Type courbe	Elévation
144	Normale	1440
145	Normale	1480
146	Normale	1520
147	Normale	1520
148	Normale	1560
149	Normale	1480
150	Normale	1440
151	Normale	1240
152	Normale	1280
153	Normale	1320
154	Normale	1360
155	Normale	960
156	Normale	1280
157	Normale	1080
158	Normale	1040
159	Normale	1040
160	Normale	1160
161	Normale	1240
162	Normale	1320
163	Normale	1280
164	Normale	1320
165	Normale	1360
166	Normale	1160
167	Normale	1160
168	Normale	1120
169	Normale	1320
170	Normale	1280
171	Normale	1240
172	Normale	1080
173	Normale	1080
174	Normale	1040
175	Normale	1280
176	Normale	1280
177	Normale	1240
178	Normale	1280
179	Normale	1240
180	Normale	1240
181	Normale	1240
182	Normale	1080
183	Normale	920
184	Normale	880
185	Normale	1320
186	Normale	1280



ID	Type courbe	Elévation
187	Normale	1120
188	Normale	1040
189	Normale	1120
190	Normale	1240
191	Normale	1080
192	Normale	1080
193	Normale	1120
194	Normale	1080
195	Normale	1080
196	Normale	1080
197	Normale	1080
198	Normale	1520
199	Normale	1520
200	Normale	1560
201	Normale	1120
202	Normale	1160
203	Normale	1120
204	Normale	1080
205	Normale	1040
206	Normale	1040
207	Normale	1040
208	Normale	1040
209	Normale	1080
210	Normale	1120
211	Normale	1160
212	Normale	1160
213	Normale	1120
214	Normale	920
215	Normale	1120
216	Normale	1120
217	Normale	1080
218	Normale	1240
219	Normale	1240
220	Normale	1280
221	Normale	1240
222	Normale	1240
223	Normale	1160
224	Normale	1160
225	Normale	1080
226	Normale	1080
227	Normale	1160
228	Normale	1080
229	Normale	1160

ID	Type courbe	Elévation
230	Normale	1240
231	Normale	1240
232	Normale	1240
233	Normale	1240
234	Normale	1240
235	Normale	1240
236	Normale	1040
237	Normale	1080
238	Normale	1080
239	Normale	1120
240	Normale	1120
241	Normale	1120
242	Normale	1080
243	Normale	1160
244	Normale	1120
245	Normale	1160
246	Normale	1120
247	Normale	1160
248	Normale	1120
249	Normale	1120
250	Normale	1080
251	Normale	1120
252	Normale	1120
253	Normale	1160
254	Normale	1080
255	Normale	1160
256	Normale	1160
257	Normale	1160
258	Normale	1160
259	Normale	1120
260	Normale	1120
261	Normale	1080
262	Normale	1120
263	Normale	1120
264	Normale	1120
265	Normale	1120
266	Maitresse	1000
267	Normale	1040
268	Normale	1080
269	Normale	1080
270	Normale	1120
272	Normale	1160
271	Normale	1040

ID	Type courbe	Elévation
273	Normale	1040
274	Normale	1160
275	Normale	1160
276	Normale	1280
277	Normale	1240
278	Normale	1240
279	Normale	1280
280	Normale	1240
281	Normale	1240
282	Normale	1240
283	Normale	1320
284	Normale	1280
285	Normale	1280
286	Normale	1280
287	Normale	1160
288	Normale	1160
289	Normale	1080
290	Normale	1320
291	Normale	1280
292	Normale	1320
293	Normale	1360
294	Normale	1320
295	Normale	1360
296	Normale	1320
297	Normale	1320
298	Normale	1280
299	Normale	1240
300	Normale	1240
301	Normale	1240
302	Normale	1120
303	Normale	1240
304	Normale	1280
305	Normale	1360
306	Normale	1280
307	Normale	1360
308	Normale	1360
309	Normale	1320
310	Normale	1280
311	Normale	1320
312	Normale	1280
313	Normale	1160
314	Normale	1160
315	Normale	1120

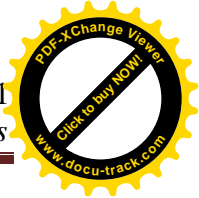


ID	Type courbe	Elévation
316	Normale	1240
317	Normale	1120
318	Normale	1360
319	Normale	1320
320	Normale	1320
321	Normale	1240
322	Normale	1240
323	Normale	1240
324	Normale	1320
325	Normale	1360
326	Normale	1360
327	Normale	1360
328	Normale	1440
329	Normale	1360
330	Normale	1320
331	Normale	1420
332	Normale	1360
333	Normale	1280
334	Normale	1240
335	Normale	1320
336	Normale	1280

ID	Type courbe	Elévation
337	Normale	1240
338	Normale	1280
339	Normale	1240
340	Normale	1240
341	Normale	1240
342	Normale	1120
343	Normale	1280
344	Normale	1240
345	Normale	1280
347	Normale	1040
348	Normale	1040
349	Normale	1040
350	Normale	1040
351	Normale	1040
352	Normale	1040
353	Normale	1080
354	Normale	1120
355	Normale	1120
356	Normale	1160
357	Maitresse	1200
358	Normale	1120

ID	Type courbe	Elévation
359	Normale	1160
360	Normale	1080
361	Normale	1040
362	Normale	1040
363	Normale	1080
364	Normale	1040
365	Normale	1080
366	Normale	1120
367	Normale	1160
368	Normale	920
369	Normale	1440
370	Normale	1360
371	Normale	880
372	Normale	880
373	Maitresse	1200
374	Normale	1120
375	Normale	1440
376	Normale	1160
367	Normale	1240
368	Normale	1280
369	Normale	1320

Tab.3- Table permettant d'inventoriés les données relatives aux courbes de niveaux.

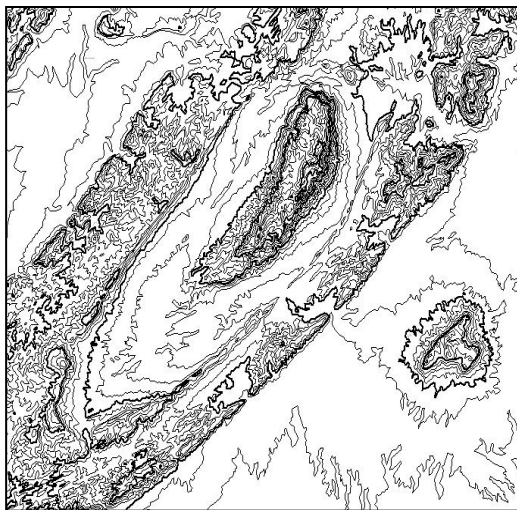


ID	Elévation
1	1222
2	1009
3	856
4	859
5	869
6	882
7	883
8	900
9	882
10	887
11	911
12	912
13	942
14	915
15	940
16	934
17	1204
18	954
19	1286
20	1307
21	1035
22	928
23	958
24	1069
25	1076
26	1506
27	1288
28	898
29	1261

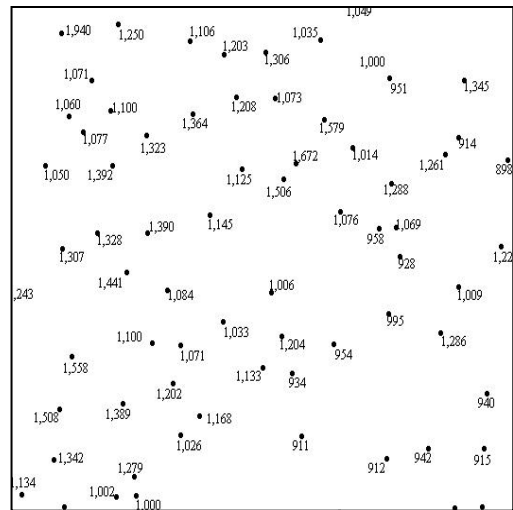
ID	Elévation
30	914
31	1014
32	1579
33	1073
34	1345
36	951
37	1049
38	1262
39	1940
40	1250
41	1306
42	1203
43	1106
44	1071
45	1060
46	1077
47	1050
48	1392
49	1100
50	1364
51	1125
52	1208
54	1328
55	1323
56	1390
57	1441
58	1084
59	1145
60	1006

ID	Elévation
61	1672
62	1243
63	1508
65	1100
66	1071
67	1026
68	1202
69	1389
70	1033
71	1342
72	1134
73	1061
74	1298
75	1002
76	921
77	1279
78	899
79	946
80	940
81	916
82	969
83	980
84	1000
85	1346
86	1558
87	1133
88	1168
89	995

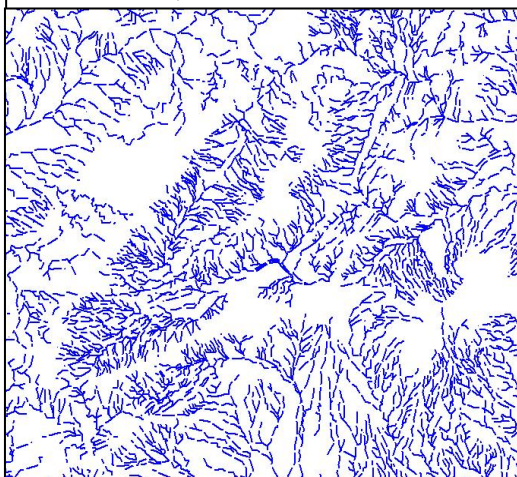
Tab.4- Table permettant d’inventoriés les données relatives aux points de côtiers.



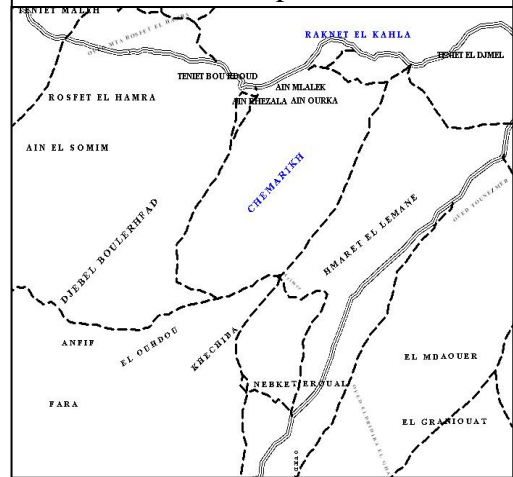
a-Couches ; Les courbes de niveaux.



b- Couches ; Les points de côtés.



c- Couches (1) : Les cours d'eaux.



d- Couches (2) : Nom de localités.

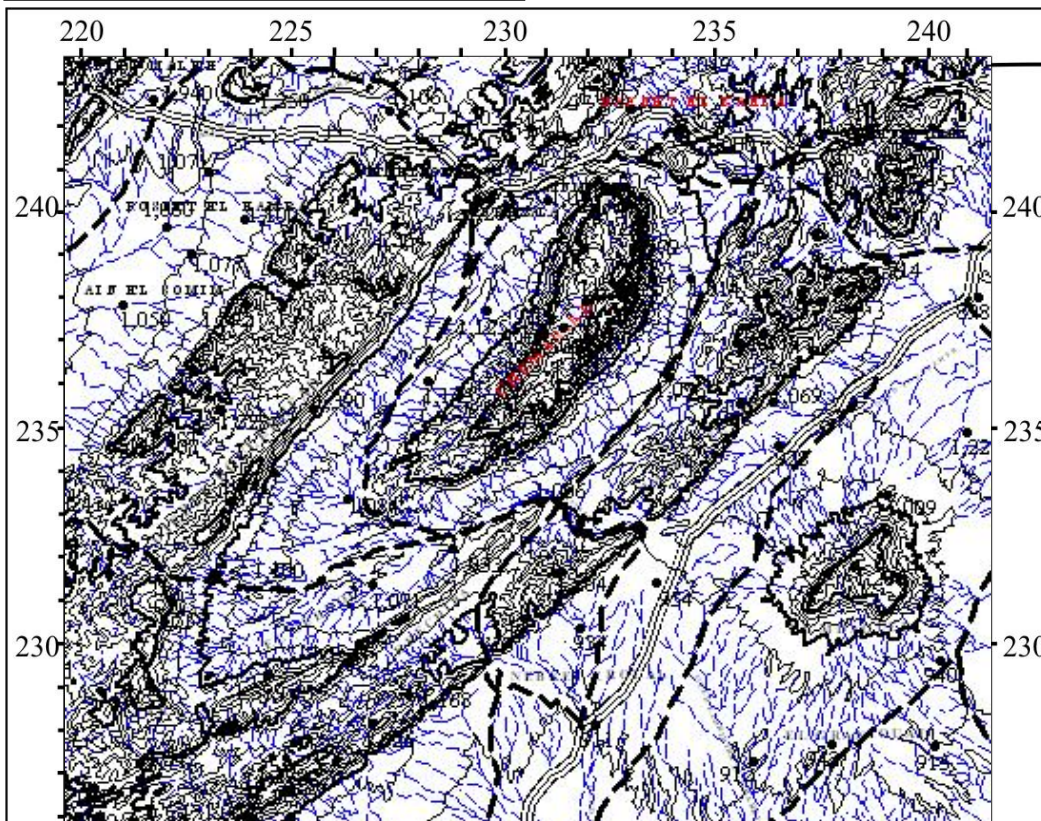
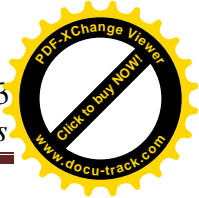


Fig.18- Thème topographique.





b- Cartes géologiques

Couche thème géologique.

Exploitation des données

Le thème géologique a été construit à partir de la superposition de 23 couches de dessins ; dont 21 couches montrent un thème des unités géologiques ; (02 couches pour le Diapir argilo-gypseux et les roches vertes , 02 couches pour les dépôts du Jurassique inférieur , 03 couches pour les dépôts du Jurassique moyen, 04 couches pour les dépôts du Jurassique supérieur et les autres couches présentent les dépôts de l'infra-Crétacé jusqu'au Quaternaire (fig.19-a, b, c, d, e et f).

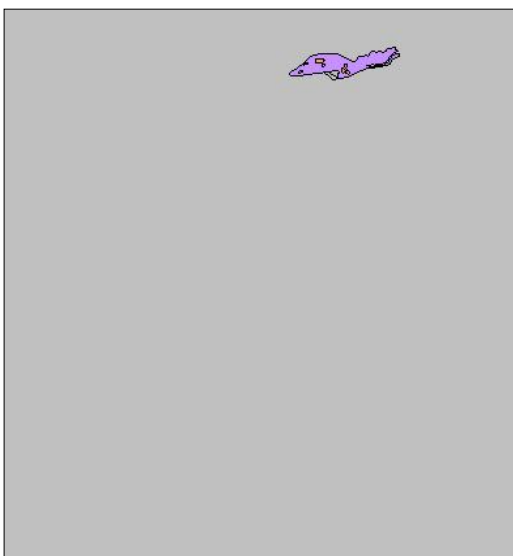
Les deux autres couches sont réservées, l'une aux réseaux de failles ; couche réseaux de failles et des accidents (fig.19-g) et la seconde aux pendages, et aux axes des anticlinaux et des synclinaux (fig.19-h).

Résultats

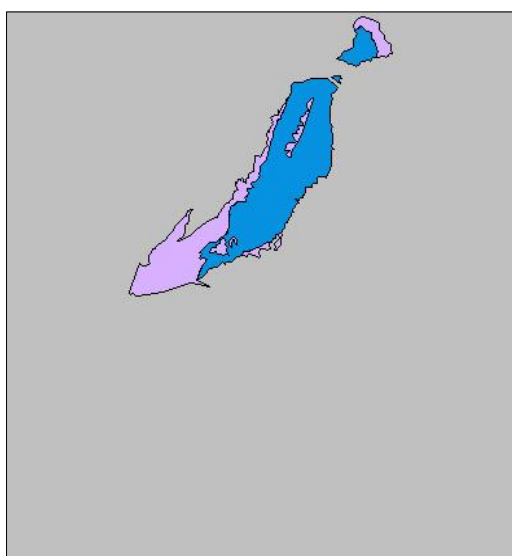
La carte qui en résulte (couche thème géologique fig.19), montre la distribution spatiale et géographique des différentes unités et des différentes formations, ainsi que les structures tectoniques caractéristiques du secteur d'étude.

Conclusion

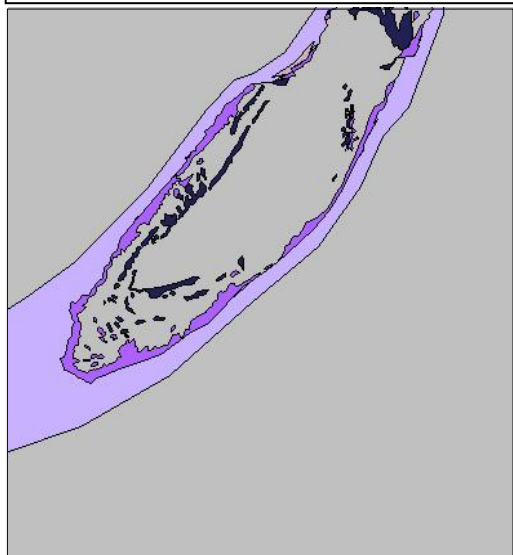
La superposition des couches du thème topographique (fig.18) et les couches du thème géologique (fig.19) permettent de réaliser une carte géologique numérique qui contient une base de données riche en informations (fig.20).



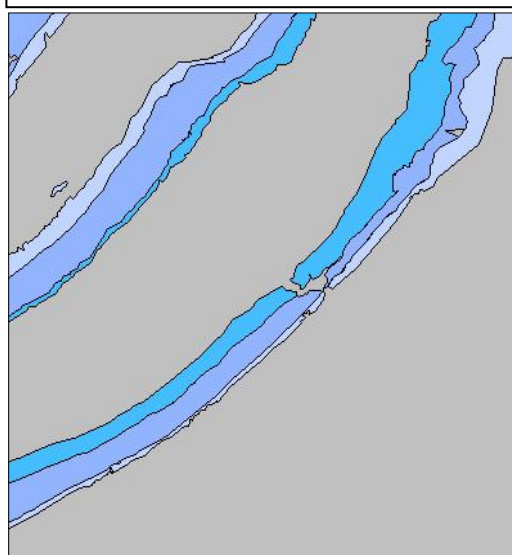
a-Couches (1 & 2) ; Diapir argilo-gypseux et roches vertes.



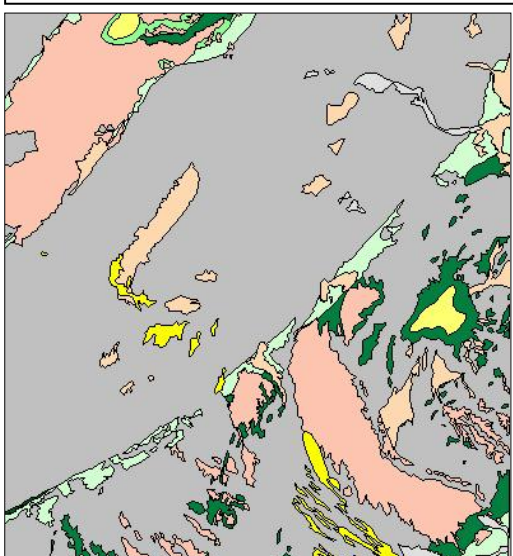
b-Couches (3 & 4) ; Les dépôts du jurassique inférieur (Lias).



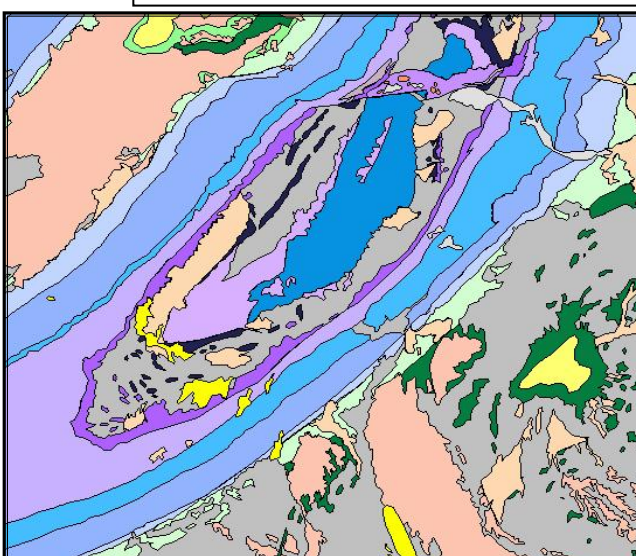
c-Couches (5, 6 & 7) ; Les dépôts du Jurassique moyen (Dogger).



d-Couches (8,9,10&11) ; Les dépôts du jurassique supérieur (Malm).



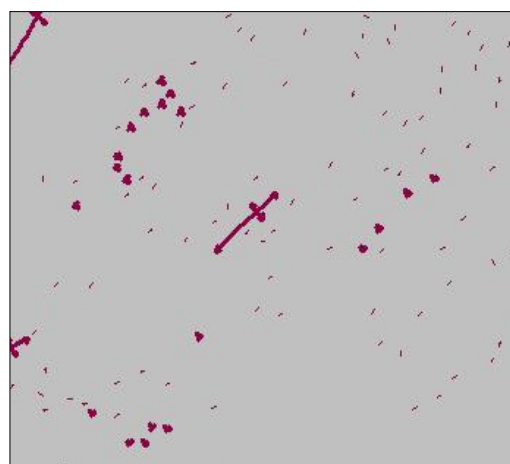
e-Couches (12 à 22), Les dépôts de l'Infra-crétacés jusqu'au quaternaire



f-Thème 1 (Superposition de 21 couches) ; Les unités géologique de la région d'étude.



g- Couche ; Réseau de failles et des accidents.



h- Couche ; Pendages, Axes des anticlinaux et des synclinaux.

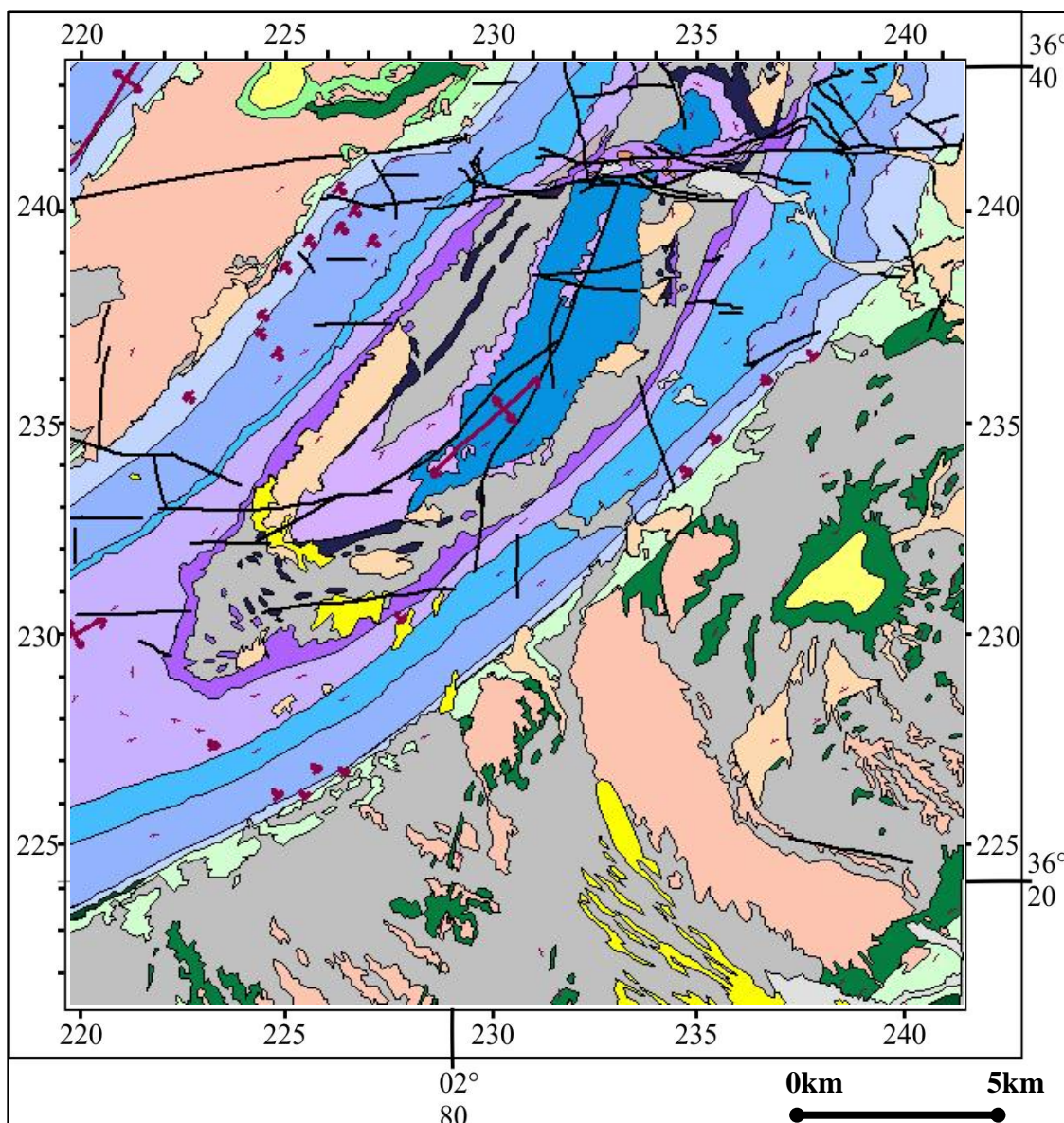


Fig.19- Thème géologique.

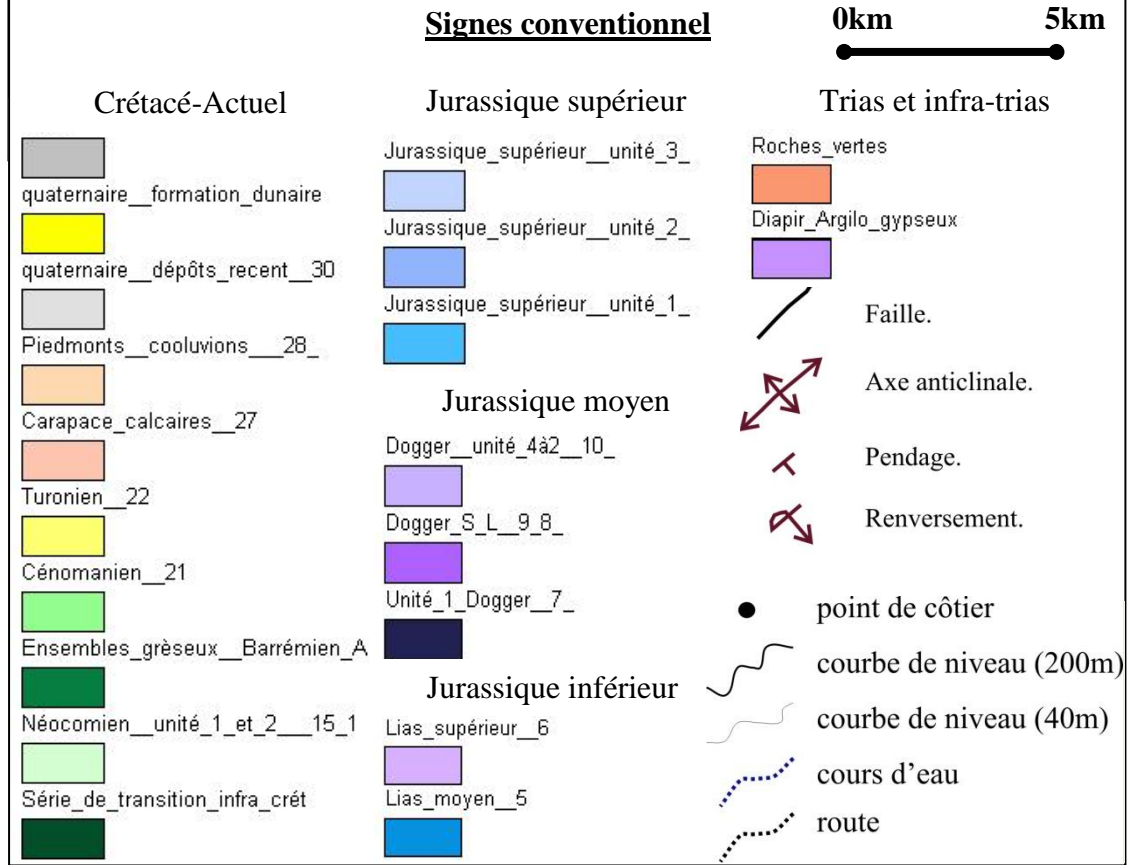
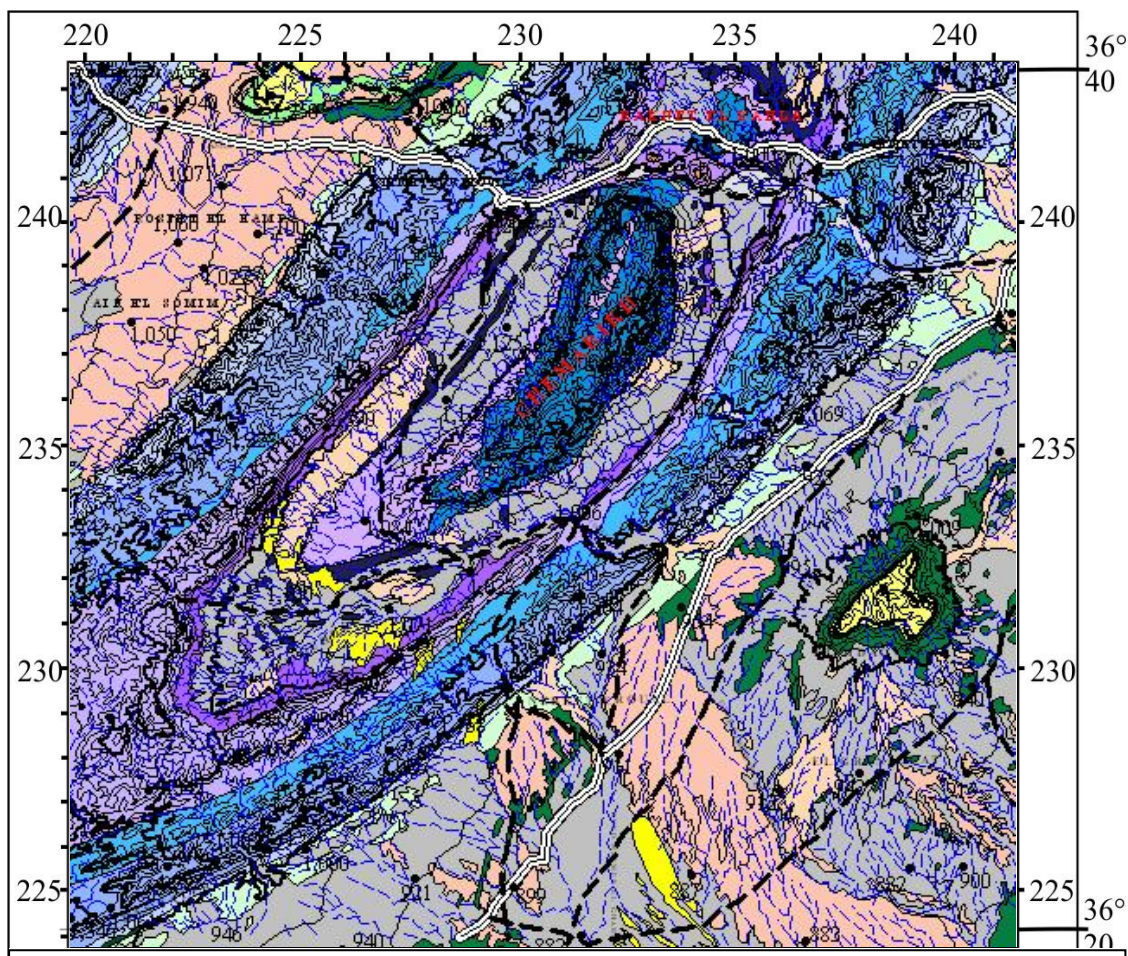
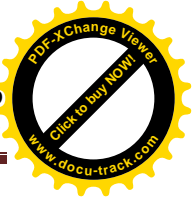


Fig.20- Carte géologique d'Ain Ouarka.

IV .6- Création du MNT

Les points cotés et les courbes de niveaux numérisés sous (Map_Info, 7.5), permettent la réalisation d'un Modèle Numérique du Terrain (MNT) en 2D et 1/2 sous Surfer v8.0 ou bien sous Vertical Mapper intégré (Map_Info, 7.5). La démarche suivie est illustrée dans la (Fig.21).

Le MNT créé à l'aide de la table courbe de niveaux et le champ élévation, permet de visualiser les formes et la géométrie de reliefs (fig.22).

Il existe d'autres logiciels SIG permettant le drapage de la carte numérisée sur le model numérique du terrain.

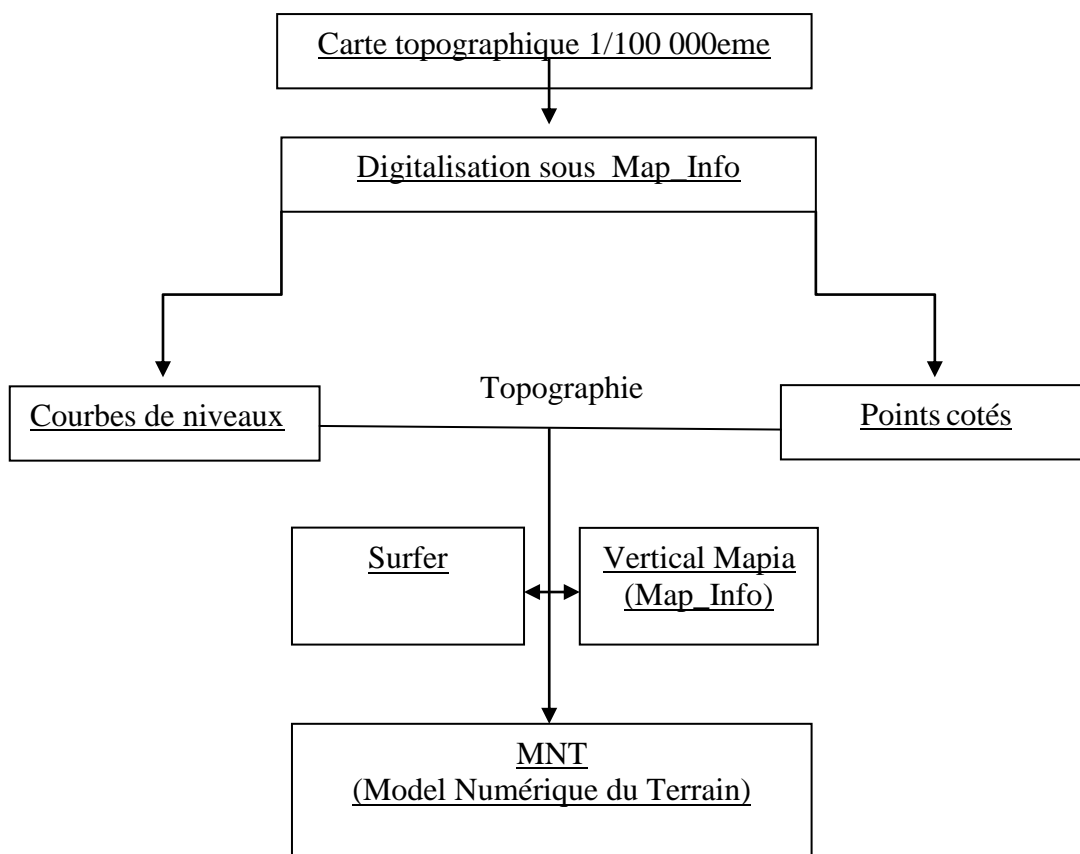


Fig.21- Les étapes de création d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT).

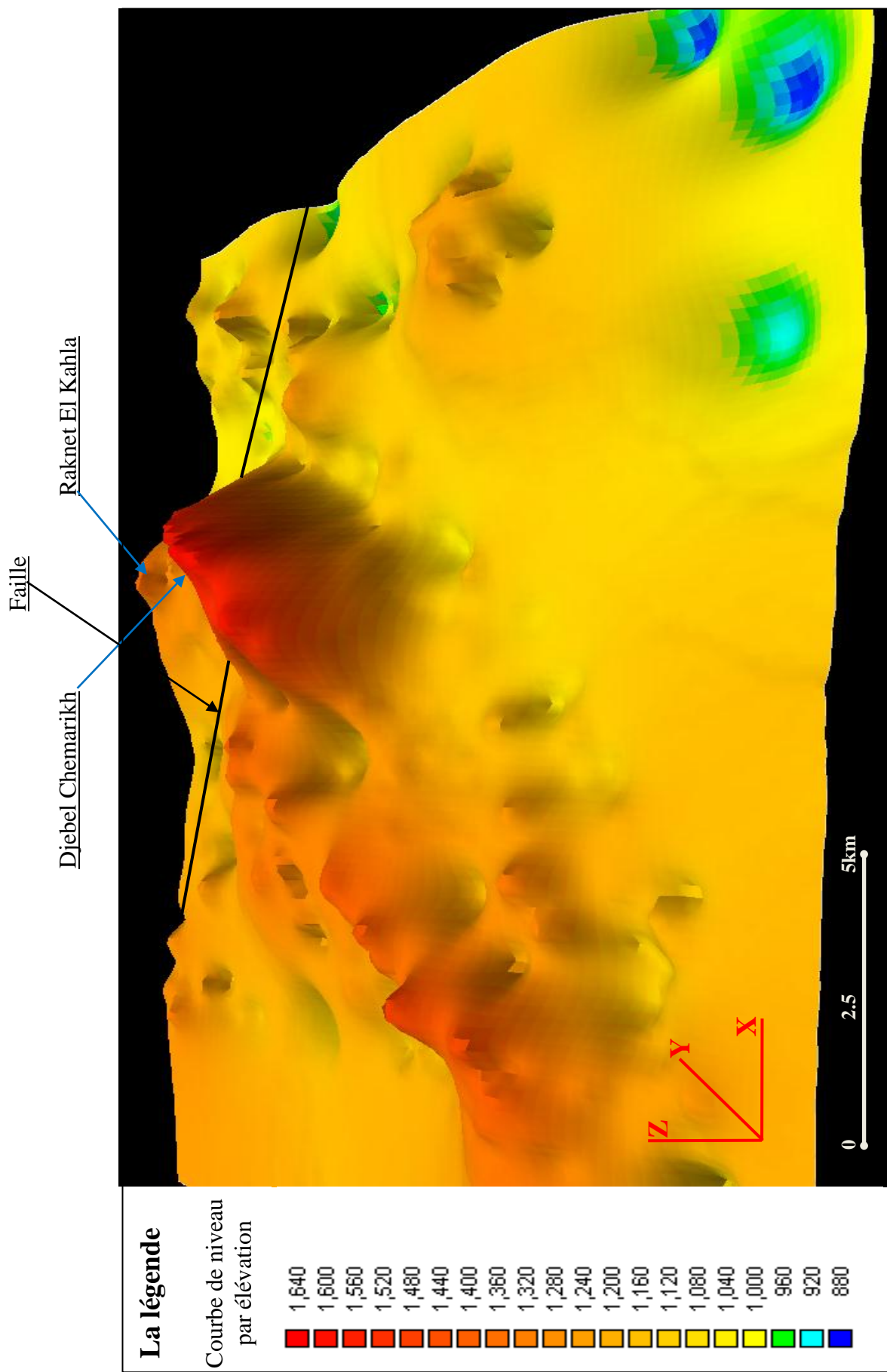
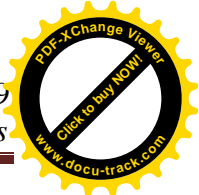


Fig.22-Modèle Numérique de terrain (MNT) en 2 D et 1/2 du secteur d'étude.



IV .7- Les données lithologiques :

Exploitation des données

1- Les données de base :

Sept (7) coupes ont été choisies pour les traitements dans ce travail :

- Quatre coupes ont été levées et étudiés par L. Mekahli, 1998 (la coupe C, CKH a/b/c, Chr et CK/CK'), qui montrent, en plus des données lithologiques, des données paléontologiques, notamment celles qui concernent les ammonites.

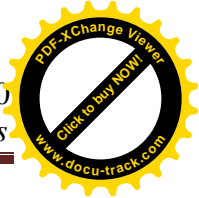
- Trois coupes ont été décrites par A. Sebane, 2007 (Ab/CKH, CKHB et la coupe de Raknet El Kahla Ab/RK ou RK/RK' de L. Mekahli, 1998). Ces dernières forment un document de base pour le traitement du matériel paléontologique (ammonites et foraminifères).

La représentation des coupes à été faite par sept (7) polyignes qui contiennent des données descriptives et lithologiques regroupées dans une table nommée les coupes. Ces données sont saisies dans la table de données du logiciel (Map_Info) soit en format caractères (le nom de la région, le nom du secteur, le dorsale, le nom de la coupe et le nom de l'auteur), soit en format entiers (l'ID, le numéro de la coupe et le code proposer pour cette coupe, l'année de publication de la coupe, le nombre de formations, le nombre de membres et l'épaisseur réel totale de chaque coupe).

Ces opérations sont effectuées aussi pour la réalisation d'une table pour les formations du secteur (les formations), où 76 objets ont été créés, dont 25 polyignes représentant le nombre de formations des toutes les coupes et 51 objets ponctuels représentant les limites de ces formations.

La table de données du thème les formations ne contient que le nom de la formation en format caractère, alors que toutes les autres variables sont saisies en format entiers (l'ID, l'épaisseur réelle totale de chaque formation, le nombre de genres des ammonites et des foraminifères, les codes donnés pour chaque nom de formation et pour leur emplacement dans le système terrain) (Tab.5, Tab.6).

Pour les membres et les termes on a utilisé 100 objets dans une table nommée les limites des termes. Dans cette table on a saisie : le type de limite (soit un limite de formation, de membre ou du terme), le nom du membre et du terme. Le facies et la texture sont donnés en format caractère, alors que l'ID, le code attribué pour le type de la limite, l'épaisseur du terme ou du membre, le code d'emplacement du membre dans le système terrain et le code du facies et de la texture sont décrits en format entiers.



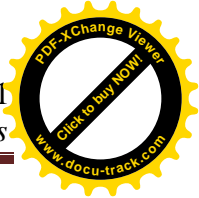
2- Les données élaborées

À partir des coordonnées Lambert des coupes (Xdébut, Ydébut) et (Xfin, Yfin), on peut estimer l'épaisseur apparente des formations de chaque coupe (Xfin-Xdébut & Yfin-Ydébut). Elle correspond à l'épaisseur des traits de coupes sur la carte (Tab.5).

L'analyse thématique de la table (les coupes) à l'aide du Map_Info et Vertical Mapper, nous a permis de sectoriser les coupes à partir de plusieurs variables ; 07 coupes bien distinctes par rapport à leur nom, leur épaisseur, le nombre de formation, le nombre de membre.

La coupe	Auteur	X début	X fin	Y début	Y fin	Epaisseur apparente	Epaisseur réel (m)
C	L. Mekahli	228,70	228,10	233,60	233,90	0721.11	440
CKH a/b/c	L. Mekahli	228,70	228,10	233,90	234,00	0608.27	260
Chr	L. Mekahli	231,00	230.55	236.20	236.96	0883.23	182
CK/CK	L. Mekahli	231.50	230.00	237.10	237.80	1655.29	438
Ab-(RK/RK)	A. Sebane, L. Mekahli	235.80	234.50	241.10	241.00	1303.84	180
Ab/CKH	A. Sebane	231.10	230.50	237.00	237.80	1000.00	200
CKHB	A. Sebane	232.30	232.00	239.10	240.00	0948.68	300

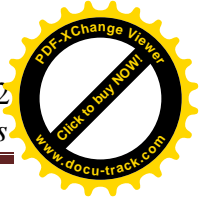
Tab.5- Les coordonnées Lambert et les épaisseurs des coupes étudiées.



En revanche la table (les formations) a permis de tracer les formations réparties dans chaque coupe et de les sectoriser par le nom de formation (Fig.23-b), de distinguer les coordonnées Lambert (X, Y) du toit et du mur de chaque formation (Tab.6), donc de constater l'épaisseur apparente et de tracer les contours de chacune de ces formations (Fig.23-c) et de faire une carte thématique de répartition géographique spatiale selon deux directions (X, Y) des formations (Fig.23-d et Fig.24-1) sur la carte géologique du Aïn Ouarka (Fig.24-1).

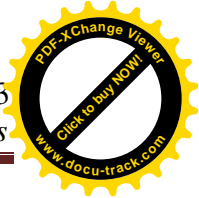
Coupe	Nom formation	Code	X début	X fin	Y début	Y fin	Epaisseur apparente	Epaisseur réel (m)
C	Brèches de Raknet El Kahla	4	228.12	228.10	233.98	233.99	031.00	19
	Marno-calcaires d'Aïn Rhézala	3	228.21	228.12	233.92	233.98	105.99	65
	Alternances d'Aïn Ouarka	2	228.42	228.21	233.78	233.92	254.99	156
	Dolomie du Chemarikh	1	228.70	228.42	233.59	233.78	327.00	200
CKH a/b/c	Brèches de Raknet El Kahla	4	228.23	228.11	233.97	233.99	124.00	54
	Marno-calcaires d'Aïn Rhézala	3	228.36	228.23	233.95	233.97	138.00	60
	Alternances d'Aïn Ouarka	2	228.65	228.36	233.90	233.95	290.00	126
	Dolomie du Chemarikh	1	228.70	228.65	233.90	233.90	46.00	20
Chr	Brèches de Raknet El Kahla	4	230.66	230.55	236.76	236.95	222.00	46
	Marno-calcaires d'Aïn Rhézala	3	230.93	230.66	236.30	236.76	531.28	110
	Alternances d'Aïn Ouarka	2	231.00	230.93	236.19	236.30	125.14	26
CK/CK	Brèches de Raknet El Kahla	4	230.39	230.00	237.61	237.79	429.52	114
	Marno-calcaires d'Aïn Rhézala	3	230.85	230.39	237.39	237.61	514.23	136
	Alternances d'Aïn Ouarka	2	231.43	230.85	237.13	237.39	631.29	167
	Dolomie du Chemarikh	1	231.50	231.43	237.10	237.13	075.02	20
RK/RK	Brèches de Raknet El Kahla	4	234.92	234.49	241.03	240.99	435.00	87
	Marno-calcaires d'Aïn Rhézala	3	235.30	234.92	241.06	241.03	375.10	76
	Alternances d'Aïn Ouarka	2	235.80	235.30	241.09	241.06	499.99	100
Ab/Ckh	Brèches de Raknet El Kahla	4	230.58	230.52	237.68	237.76	100.00	20
	Marno-calcaires d'Aïn Rhézala	3	230.78	230.58	237.41	237.68	340.42	68
	Alternances d'Aïn Ouarka	2	231.09	230.78	237.00	237.41	520.19	104
CKHB	Brèches de Raknet El Kahla	4	232.04	232.02	239.88	239.93	047.00	15
	Marno-calcaires d'Aïn Rhézala	3	232.08	232.04	239.73	239.88	155.99	50
	Alternances d'Aïn Ouarka	2	232.15	232.08	239.54	239.73	199.00	62
	Dolomie du Chemarikh	1	232.30	232.15	239.09	239.54	470.17	150

Tab.6- Les coordonnées Lambert, les codes et les épaisseurs des formations de chaque coupe.



ID	Nom de la formation	Epaisseur de la formation	Emplacement	Code	Nombre du membre	Nombre de genres des ammonites	Nombre de genres des foraminifères
0	Dolomie du Chemarikh	150	1	1	1	0	0
1	Alternances d'Aïn Ouarka	62	2	2	3	5	10
2	Marno-calcaires d'Aïn Rhezala	50	3	3	2	4	4
3	Brèches de Raknet El Kahla	15	4	4	1	0	0
4	Alternances d'Aïn Ouarka	100	1	2	2	15	10
5	Brèches de Raknet El Kahla	87	3	4	1	0	0
6	Marno-calcaires d'Aïn Rhezala	76	2	3	3	16	15
7	Dolomie du Chemarikh	20	1	1	1	0	0
8	Alternances d'Aïn Ouarka	167	2	2	6	12	0
9	Alternances d'Aïn Ouarka	26	1	2	2	8	0
10	Marno-calcaires d'Aïn Rhezala	110	2	3	3	9	0
11	Brèches de Raknet El Kahla	46	3	4	1	0	0
12	Alternances d'Aïn Ouarka	104	2	2	7	5	9
13	Brèches de Raknet El Kahla	114	4	4	2	0	0
14	Marno-calcaires d'Aïn Rhezala	136	3	3	3	25	0
15	Marno-calcaires d'Aïn Rhezala	68	3	3	2	7	12
16	Brèches de Raknet El Kahla	20	4	4	1	0	0
17	Dolomie du Chemarikh	200	1	1	1	1	0
18	Dolomie du Chemarikh	20	1	1	1	0	0
19	Alternances d'Aïn Ouarka	126	2	2	7	9	0
20	Alternances d'Aïn Ouarka	156	2	2	7	13	0
21	Marno-calcaires d'Aïn Rhezala	60	3	3	3	13	0
22	Marno-calcaires d'Aïn Rhezala	65	3	3	2	3	0
23	Brèches de Raknet El Kahla	19	4	4	1	0	0
24	Brèches de Raknet El Kahla	54	4	4	2	0	0

Tab.7- Table permettant d'inventorié les données relatives aux formations.



ID	Code	Nom de la coupe
1	4	Brèches de Raknet El Kahla
2	2	Alternances d'Aïn Ouarka
3	2	Alternances d'Aïn Ouarka
4	3	Marno-calcaires d'Aïn Rhezala
5	3	Marno-calcaires d'Aïn Rhezala
6	4	Brèches de Raknet El Kahla
7	4	Brèches de Raknet El Kahla
8	2	Alternances d'Aïn Ouarka
9	2	Alternances d'Aïn Ouarka
10	3	Marno-calcaires d'Aïn Rhezala
11	3	Marno-calcaires d'Aïn Rhezala
12	4	Brèches de Raknet El Kahla
13	4	Brèches de Raknet El Kahla
14	1	Dolomie du Chemarikh
15	1	Dolomie du Chemarikh
16	2	Alternances d'Aïn Ouarka
17	2	Alternances d'Aïn Ouarka
18	3	Marno-calcaires d'Aïn Rhezala
19	3	Marno-calcaires d'Aïn Rhezala
20	4	Brèches de Raknet El Kahla
21	1	Dolomie du Chemarikh
22	1	Dolomie du Chemarikh
23	2	Alternances d'Aïn Ouarka
24	2	Alternances d'Aïn Ouarka
25	2	Alternances d'Aïn Ouarka

ID	Code	Nom de la coupe
26	3	Marno-calcaires d'Aïn Rhezala
27	4	Brèches de Raknet El Kahla
28	4	Brèches de Raknet El Kahla
29	2	Alternances d'Aïn Ouarka
30	2	Alternances d'Aïn Ouarka
31	3	Marno-calcaires d'Aïn Rhezala
32	3	Marno-calcaires d'Aïn Rhezala
33	4	Brèches de Raknet El Kahla
34	4	Brèches de Raknet El Kahla
35	1	Dolomie du Chemarikh
36	1	Dolomie du Chemarikh
37	2	Alternances d'Aïn Ouarka
38	1	Dolomie du Chemarikh
39	1	Dolomie du Chemarikh
40	2	Alternances d'Aïn Ouarka
41	2	Alternances d'Aïn Ouarka
42	3	Marno-calcaires d'Aïn Rhezala
43	3	Marno-calcaires d'Aïn Rhezala
44	4	Brèches de Raknet El Kahla
45	4	Brèches de Raknet El Kahla
46	2	Alternances d'Aïn Ouarka
47	3	Marno-calcaires d'Aïn Rhezala
48	3	Marno-calcaires d'Aïn Rhezala
49	4	Brèches de Raknet El Kahla
50	4	Brèches de Raknet El Kahla
51	3	Marno-calcaires d'Aïn Rhezala

Tab.8- Table permettant d'inventorier les données relatives aux limites des formations.

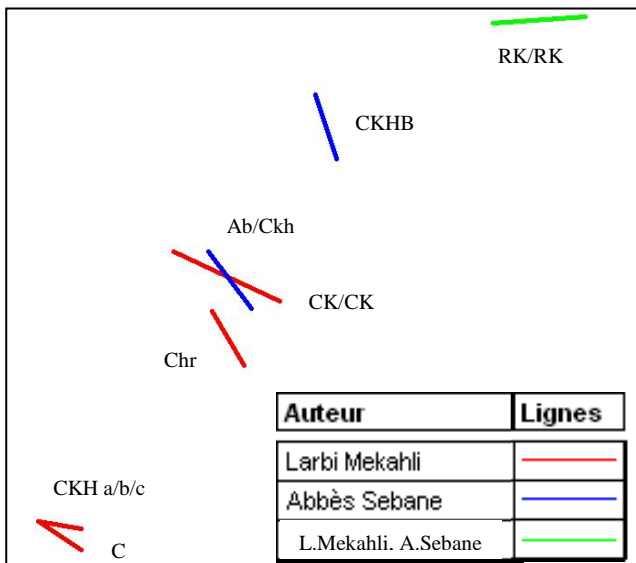


Fig.23.a-Sectorisation des coupes du Djebel Chemarikh et de Raknet El Kahla à partir du Nom de l'Auteur sous SIG.

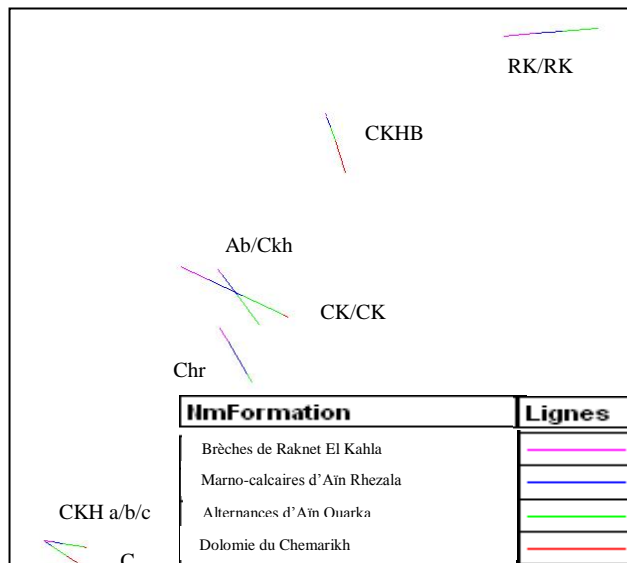


Fig.23.b-Sectorisation des coupes du Djebel Chemarikh de Raknet El Kahla à partir du Nom de formation sous SIG.

0km — 2.5km

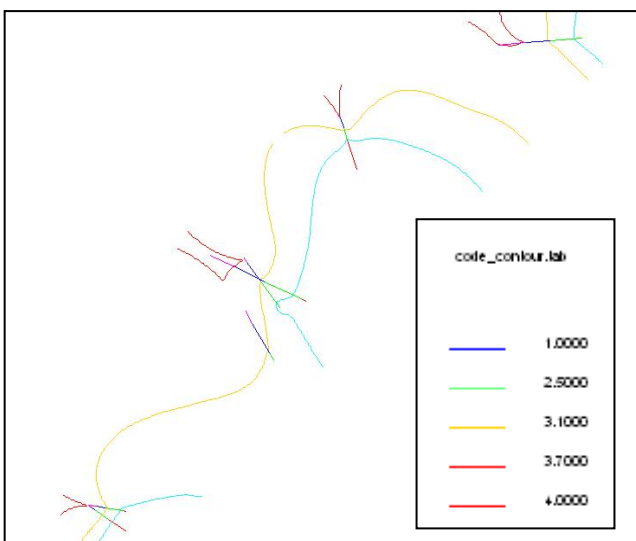


Fig.23.c-Sectorisation par formation, et présentation de leurs contours supposés.

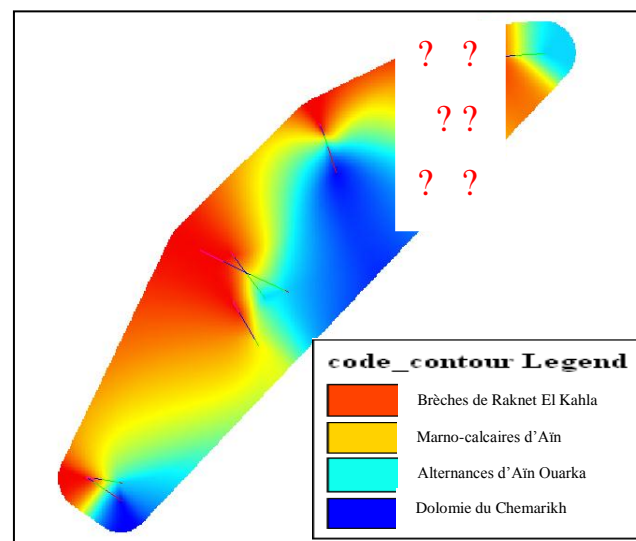
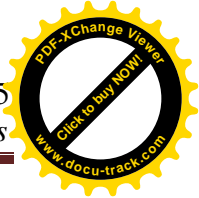


Fig.23.d-Sectorisation par formation et présentation de leurs répartitions spatiales.

Fig.23- Modélisation et sectorisation des données lithologiques (coupes & formations) sous SIG.



La carte qui en résulte, montre la distribution et l'évolution des formations définies à partir des coupes étudiées dans le Djebel Chemarikh. Vers le nord, le passage aux formations de Raknet El Kahla (la coupe RK/RK' ou ab/RK) est difficile à schématiser et à structurer, à cause de l'effet de la tectonique et de la remontée des diapirs.

A l'aide du code emplacement (Tab.9) de chaque formation qui est utilisé comme une troisième dimension (Z), on peut réaliser une vue 3D pour le Djebel Chemarikh et Raknet El Kahla (Fig.24-2).

Ce schéma a pour objet de montrer théoriquement comment les formations sont classées dans le système terrain, où les « Dolomies du Chemarikh » qui se trouvent à la base du système étudié occupent le cœur du Djebel Chemarikh et sont suivies par « l'Alternance d'Aïn Ouarka », puis les « Marno-calcaires d'Aïn Rhézala » et se terminent par les « Brèches de Raknet El Kahla » au sommet.

Nom de la formation	Code (nom de la formation)	Code d'emplacement
Brèches de Raknet El Kahla	4	4
Marno-calcaires d'Aïn Rhézala	3	3
Alternances d'Aïn Ouarka	2	2
Dolomie du Chemarikh	1	1

Tab.9- Codification des formations étudiées.

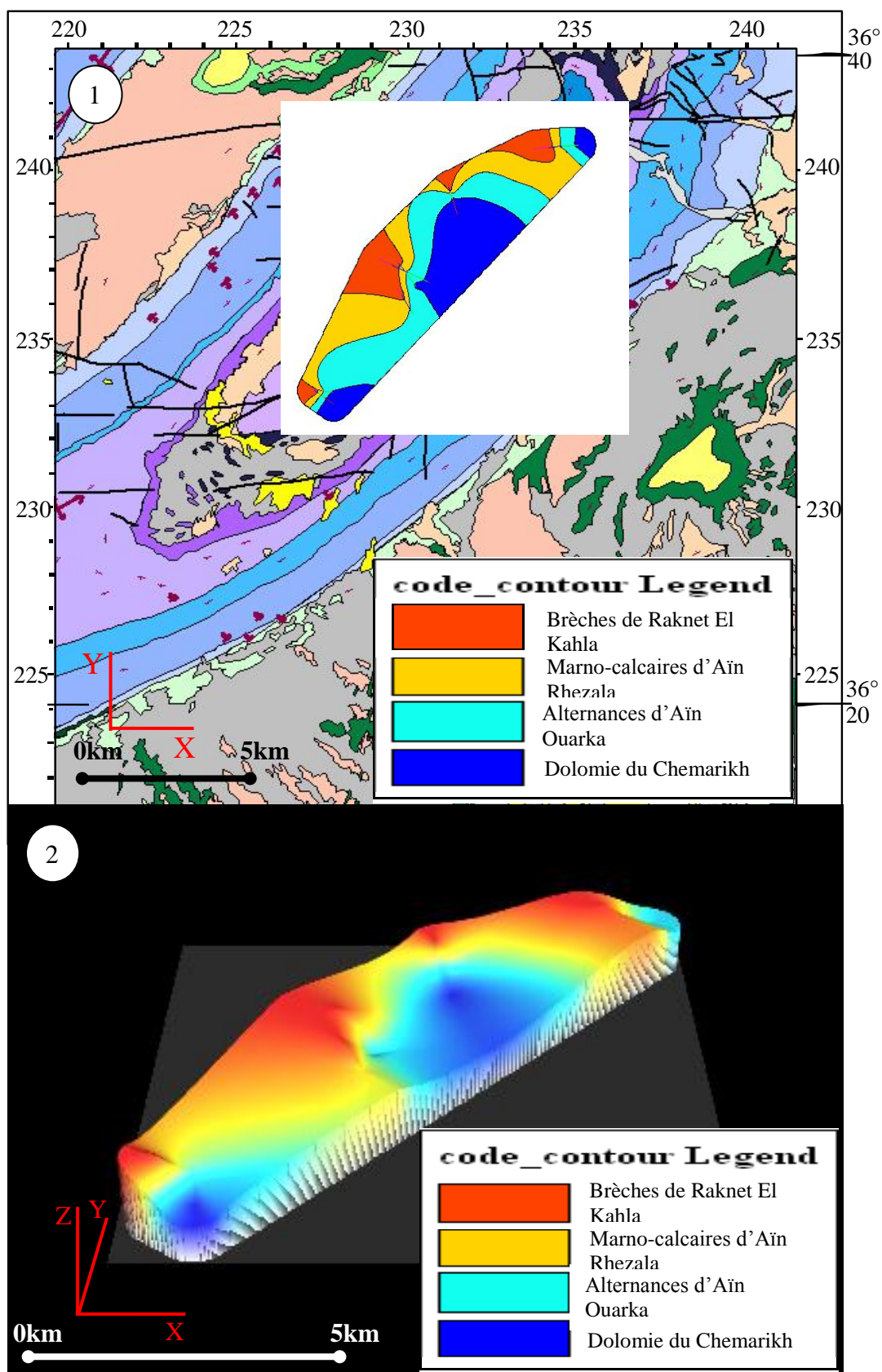
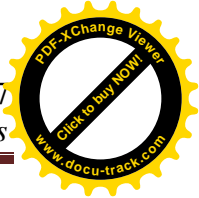


Fig.24- Modélisation des données lithologiques du secteur d'étude sous SIG.
1-Répartition spatiales (2D). 2- Model (3D), avec z = code emplacement

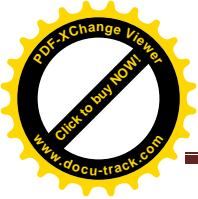


La table membre est représentée par 100 objets ponctuels sur la couche de dessin du logiciel (Map_Info), qui indiquent les toits et les murs des termes, des membres et des formations.

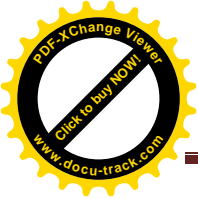
L'analyse thématique sous (Map_Info, 7.5) a pour objet de sectoriser la table membre pour bien distinguer les trois types de limites prédéfinies sur la carte d'Aïn Ouarka ; une limite entre deux formations, une limite entre deux membres et une limite entre deux termes (Fig.25).

Formation	Nom du membre	Code par nom	Code d'emplacement
Marno-calcaires d'Aïn Rhézala	Alternances de marnes et de calcaires à Zoophycos.	13	13
	Alternances rapprochée de marnes et de calcaires.	12	12
	Alternances espacée de marnes et de calcaires.	11	11
Alternances d'Aïn Ouarka	Alternances de marnes et de calcaires à brèches.	10	10
	Calcaires à interlits marneux.	9	9
	Marnes à intercalations calcaires.	8	8
	Alternances noirâtres de marnes et de calcaires.	7	7
	Alternances violacées de marnes et de calcaires.	6	6
	Alternances verdâtres de marnes et de calcaires.	5	5
	Alternances de marnes et de calcaires ondulés.	4	4
	Alternances de marnes et de calcaires à silex.	3	3
	Calcaires à trainées rouges.	2	2
	Calcaires noirâtres lités.	1	1
Dolomie du Chemarikh	Dolomie du Chemarikh	0	0

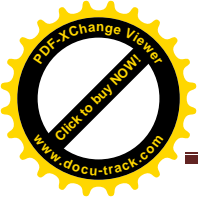
Tab.10- Codification des membres étudiés.



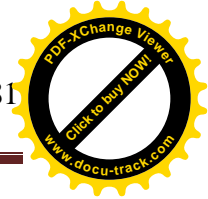
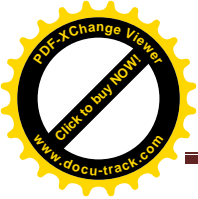
ID	Type de limite	Code de limite	Nom du terme	Epaiss du terme	Code du terme	Nom du membre	Code du membre	Facies	Code de facies	Texture	Code de texture
1	Formation	1	a	150	0	Dolomie	1	Dolomie	1	Dolomie	1
2	membre	2	a	32	0	Calcaires noirâtres lités	2	Micrite	1	Mudstone	1
3	Terme	3	a	3	3	Calcaires à Trainées rouges	3	Biomicroite	2	Mudstone	1
4	Membre	2	b	5	0	Calcaires à trainées rouges	3	Micrite	1	Mudstone	1
5	Membre	2		23	0	Alternances de marnes et de calcaires à silex	4	Micrite	1	Mudstone	1
6	Membre	2	a	24	0	Alternances de marnes et de calcaires ondulés	5	Biomicroite	2	Mudstone	1
7	Terme	3	a	12	0	Alternances verdâtre de marnes et de calcaires	6	Micrite	1	Mudstone	1
8	Terme	0	b	8	0	Alternances verdâtre de marnes et de calcaires	6	Micrite	1	Mudstone	1
9	Membre	2	c	16	0	Alternances verdâtre de marnes et de calcaires	6	Micrite	1	Mudstone	1
10	Membre	2	a	6	0	Alternances violacée de marnes et de calcaires	7	Micrite	1	Mudstone	1
11	Formation	1	a	25	0	Alternances noirâtre de marnes et de calcaires	8	Micrite	1	Mudstone	1
12	Terme	3	a	8	0	Marnes à intercalations calcaires	9	/	0	/	0
13	Membre	2	b	20	0	Marnes à intercalations calcaires	9	/	0	/	0
14	Formation	1	a	37	0	Calcaires noduleux à interlits marneux	10	/	0	/	0
15	Formation	1	a	20	0	Dolomie	1	Dolomie	1	Dolomie	1
16	Membre	2	a	31	0	Calcaires noirâtres lités	2	Micrite	1	Mudstone	1
17	Terme	3	a	1	0	Calcaires à trainées rouges	3	Biomicroite	2	Mudstone	1
18	Membre	2	b	7	0	Calcaires à trainées rouges	3	Micrite	1	Mudstone	1
19	Membre	2	a	14	0	Alternances de marnes et de calcaires à silex	4	Micrite	1	Mudstone	1
20	Membre	2	a	35	0	Alternances de marnes et de calcaires ondulés	5	Biomicroite	2	Mudstone	1
21	Terme	3	a	12	0	Alternances verdâtre de marnes et de calcaires	6	Micrite	1	Mudstone	1
22	Membre	2	b	22	0	Alternances verdâtre de marnes et de calcaires	6	Micrite	1	Mudstone	1
23	Formation	1	e	8	0	Alternances noirâtres de marnes et de calcaires	8	/	0	/	0
24	Formation	1		14	0	Alternances de marnes et de calcaires à zoophycos	14	/	0	/	0
25	Formation	1		31	0	Alternances de marnes et de calcaires à zoophycos	11	/	0	/	0



ID	Type de limite	Code de limite	Nom du terme	Epais du terme	Code du terme	Nom du membre	Code du membre	Facies	Code de facies	Texture	Code de texture
26	Formation	1	b	4	0	Alternances noirâtre de marnes et de calcaires	8	/	0	/	0
27	Formation	1		14	0	Alternances de marnes et de calcaires à zoophycos	11	Biomicroite	2	Mudstone	1
28	Formation	1		27	0	Alternances noirâtre de marnes et de calcaires	7	Biomicroite	2	Mudstone	1
29	Formation	1		20	0	Dolomie	1	Dolomie	1	Dolomie	1
30	Formation	1		14	0	Alternances de marnes et de calcaires à zoophycos	11	Biomicroite	2	Mudstone	1
31	Formation	1	a	16	0	Alternances noirâtre de marnes et de calcaires	8	Micrite	1	Mudstone	1
32	Formation	1	a	20	0	Alternances de marnes et de calcaires à zoophycos	11	Biomicroite	2	Mudstone	1
33	Formation	1	b	35	0	Alternances verdâtre de marnes et de calcaires	6	Biomicroite	2	Mudstone	1
34	formation	1	a	150	0	Dolomie	1	Dolomie	1	Dolomie	1
35	Formation	1	c	7	0	Alternances de marnes et de calcaires à zoophycos	11	Micrite	1	Mudstone	1
36	Formation	1	b	45	0	Alternances noirâtre de marnes et de calcaires	8	Micrite	1	Mudstone	1
37	Membre	2		5	0	Alternances violacée de marnes et de calcaires	7	/	0	/	0
38	Terme	3	a	17	0	Alternances noirâtre de marnes et de calcaires	8	/	0	/	0
39	Membre	2		27	0	Alternances dilatée de marnes et de calcaires noduleux	9	/	0	/	0
40		0		14	0	Alternances rapprochée de marnes et de calcaires	10	/	0	/	0
41		0		3	0	Alternances rapprochée de marnes et de calcaires	10	/	0	/	0
42		0		18	0	Alternances rapprochée de marnes et de calcaires	10	/	0	/	0
43	Membre	2		17	0	Alternances rapprochée de marnes et de calcaires	10	/	0	/	0
44	Membre	2		5	0	Calcaires noirâtres lités	2	/	0	/	0
45	Terme	3	a	1	0	Calcaires à trainées rouges	3	Biomicroite	2	Mudstone	1
46	Membre	2	b	5	0	Calcaires à trainées rouges	3	Micrite	1	Mudstone	1
47	Membre	2		92	0	Alternances de marnes et de calcaires à silex	4	Micrite	1	Mudstone	1
48	Membre	2		7	0	Alternances de marnes et de calcaires ondulés	5	/	0	/	0
49	Membre	2		30	0	Surface masquée	6	/	0	/	0
53	Membre	2		42	0	Alternances de marnes et de calcaires noduleux	9	/	0	/	0



ID	Type de limite	Code de limite	Nom du terme	Epais du terme	Code du terme	Nom du membre	Code du membre	Facies	Code de facies	Texture	Code de texture
50		0		0	0	Alternances de marnes et de calcaires à filaments	10	Biomicrite	2	Mudstone	1
51		0		0	0	Alternances de marnes et de calcaires à filaments	10	Biomicrite	2	Mudstone	1
52		0		3	0	Alternances de marnes et de calcaires à filaments	10	Biomicrite	2	Mudstone	1
53		0		10	0	Alternances de marnes et de calcaires à filaments	10	Biomicrite	2	Mudstone	1
54	Membre	2		12	0	Alternances de marnes et de calcaires à filaments	10	Biomicrite	2	Mudstone	1
55		0		6	0	Alternances de marnes et de calcaires à zoophycos	11	Biomicrite	2	Mudstone	1
56		0		15	0	Alternances de marnes et de calcaires à zoophycos	11	Biomicrite	2	Mudstone	1
57		0		23	0	Alternances de marnes et de calcaires à zoophycos	11	Biomicrite	2	Mudstone	1
58		0		3	0	Alternances de marnes et de calcaires à zoophycos	11	Biomicrite	2	Mudstone	1
59		0		114	0	Brèches de Raknet El Kahla	14	Oomicrite	2	Mudstone	1
60		0		46	0	Brèches de Raknet El Kahla	14	/	0	/	0
61	Formation	1	a	20	0	Dolomie	1	Dolomie	1	Dolomie	1
62	Membre	2	a	8	0	Calcaires noirâtres lités	2	Biomicrite	2	Mudstone	1
63	Membre	2	b	8	0	Calcaires à trainées rouges	3	Micrite	1	Mudstone	1
64	Membre	2	a	12	0	Alternances de marnes et de calcaires à silex	4	Biomicrite	2	Mudstone	1
65	Membre	2	a	24	0	Alternances de marnes et de calcaires ondulés	5	Biomicrite	2	Mudstone	1
66	Membre	2	a	30	0	Alternances verdâtre de marnes et de calcaires	6	Biomicrite	2	Mudstone	1
67	Membre	2	a	6	0	Alternances violacée de marnes et de calcaires	7	Biomicrite	2	Mudstone	1
68	Membre	2		28	0	Alternances dilatée de marnes et de calcaires	9	Biomicrite	2	Mudstone	1
69	Membre	2		26	0	Alternances rapprochée de marnes et de calcaires	11	Micrite	1	Mudstone	1
70		0		0	0	Brèches de Raknet El Kahla	14	Micrite	1	Mudstone	1
71	Membre	2	a	20	0	Alternances de marnes et de calcaires à silex	4	Biomicrite	2	Mudstone	1
72	Membre	2	a	13	0	Alternances de marnes et de calcaires ondulés	5	Biomicrite	2	Mudstone	1
73	Terme	3	a	15	0	Alternances verdâtre de marnes et de calcaires	6	Micrite	1	Mudstone	1
74	Membre	2	a	33	0	Alternances rapprochée de marnes et de calcaires à filaments	10	Micrite	1	Mudstone	1



75		0		15	0	Brèches de Raknet El Kahla	14	Micrite	1	Mudstone	1
76	Membre	2	a	28	0	Alternances violacée de marnes et de calcaires	7	Micrite	1	Mudstone	1
77	Terme	3	a	27	0	Alternances noirâtre de marnes et de calcaires	8	Micrite	1	Mudstone	1
78	Terme	3	a	6	0	Marnes à intercalations calcaires	9	Micrite	1	Mudstone	1
79	Terme	3	a	5	0	Marnes à intercalations calcaires	9	Micrite	1	Mudstone	1
80	Membre	1	a	4	0	Marnes à intercalations calcaires	9	Micrite	1	Mudstone	1
81	Terme	3	a	6	0	Alternances de marnes et de calcaires à filaments	10	Biomicroite	2	Mudstone	1
82	Terme	3	a	9	0	Alternances de marnes et de calcaires à filaments	10	Biomicroite	2	Mudstone	1
83	terme	3	a	5	0	Alternances de marnes et de calcaires à filaments	10	Biomicroite	2	Mudstone	1
84	Terme	3	a	8	0	Alternances de marnes et de calcaires à filaments	10	Biomicroite	2	Mudstone	1
85	Membre	2	a	5	0	Alternances de marnes et de calcaires à filaments	10	Biomicroite	2	Mudstone	1
86	Terme	3	a	19	0	Alternances de marnes et de calcaires à zoophycos	11	Micrite	1	Mudstone	1
87	Terme	3	b	6	0	Alternances de marnes et de calcaires à zoophycos	11	Micrite	1	Mudstone	1
88	Terme	0	A	7	0	Brèches de Raknet El Kahla	14	Micrite	1	Mudstone	1
89	Membre	2	A	4	0	Alternances violacée de marnes et de calcaires	7	/	0	/	0
90	Terme	3	A	2	0	Alternances noirâtres de marnes et de calcaires	8	/	0	/	0
91	Terme	3	B	1	0	Alternances noirâtres de marnes et de calcaires	8	/	0	/	0
92	Terme	3	C	4	0	Alternances noirâtres de marnes et de calcaires	8	/	0	/	0
93	Terme	3	D	7	0	Alternances noirâtres de marnes et de calcaires	8	/	0	/	0
94	Terme	3	A	20	0	Alternances espacée de marnes et de calcaires	9	/	0	/	0
95	Membre	2		7	0	Alternances espacée de marnes et de calcaires	9	/	0	/	0
96		0		14	0	Alternances espacée de marnes et de calcaires	10	/	0	/	0
97	Membre	2		5	0	Alternances espacée de marnes et de calcaires	10	/	0	/	0
98	Membre	2		54	0	Brèches de Raknet El Kahla	14	Oomicrite	2	Wackstone	2
99	Membre	2		19	0	Brèches de Raknet El Kahla	14	Micrite	1	Mudstone	1
100		0	A	0	0	Calcaires à trainées rouges	3	Biomicroite	2	Mudstone	1

Tab.11- Table permettant d'inventoriés les données relatives la table les limites des termes.

L'option (create grid, interpolation, natural neighbour) dans le Vertical Mapper, permet de suivre la répartition spatiale et géographique des membres (par code membre) selon deux directions (X, Y). La carte qui en résulte de ce traitement (Fig.26) permet de visualiser 13 membres codés de 1 à 13 (Tab.10) sur la table, qui sont d'âge Sinémurien inférieur jusqu'au Toarcien supérieur.

Cette carte permet aussi de voir l'allure générale, la géométrie et la répartition spatio-temporelle théorique de ces membres sur la carte géologique d'Aïn Ouarka, où on remarque que ces membres sont plus évolués de point de vue épaisseur dans le Djebel Chemarikh. En revanche dans Raknet El Kahla, on note le contraire.

Le passage entre ces deux affleurements est plus compliqué et difficile à schématiser théoriquement. Il faut une mission de terrain pour corriger et résoudre ce problème à l'aide du GPS.

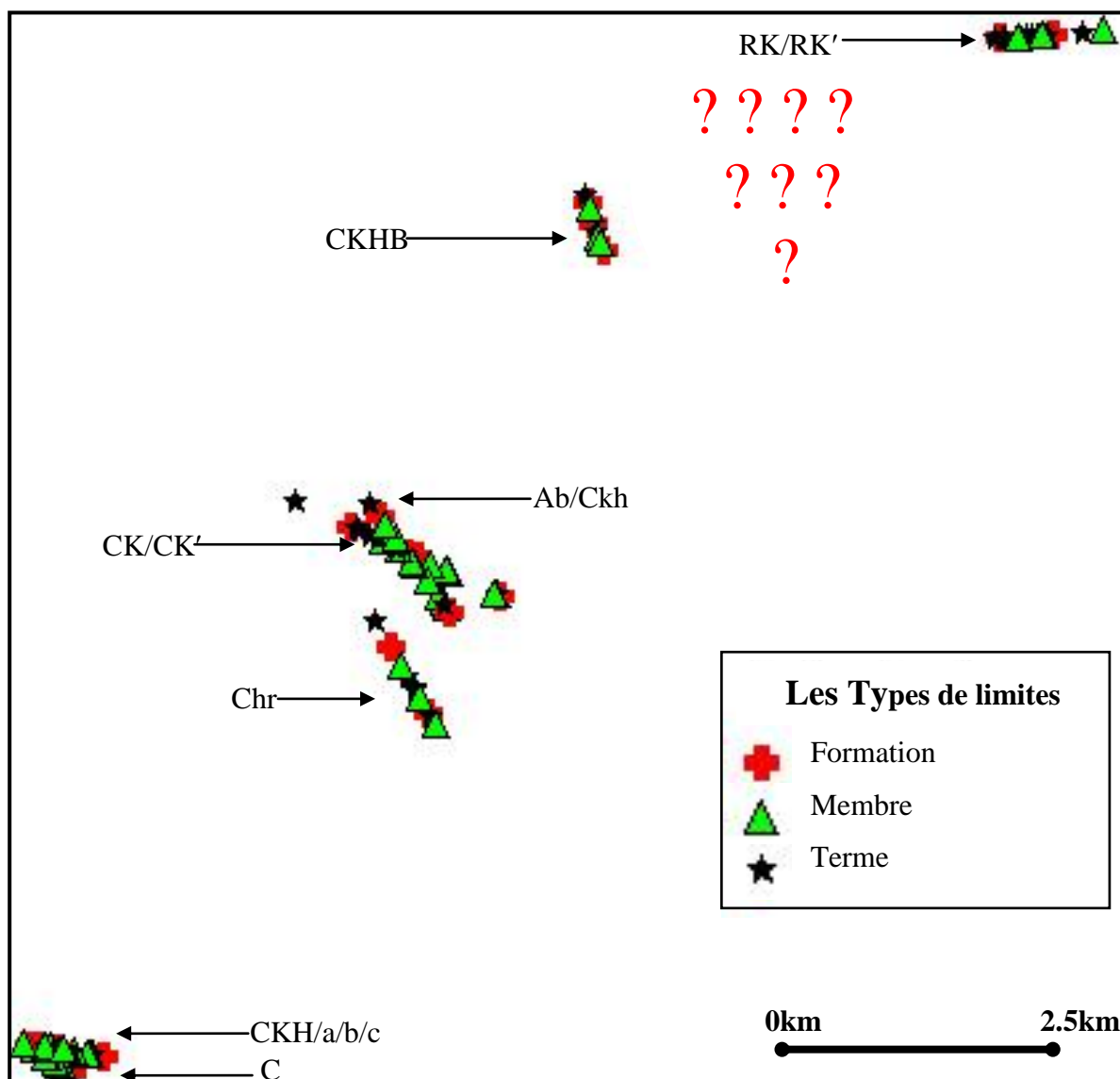
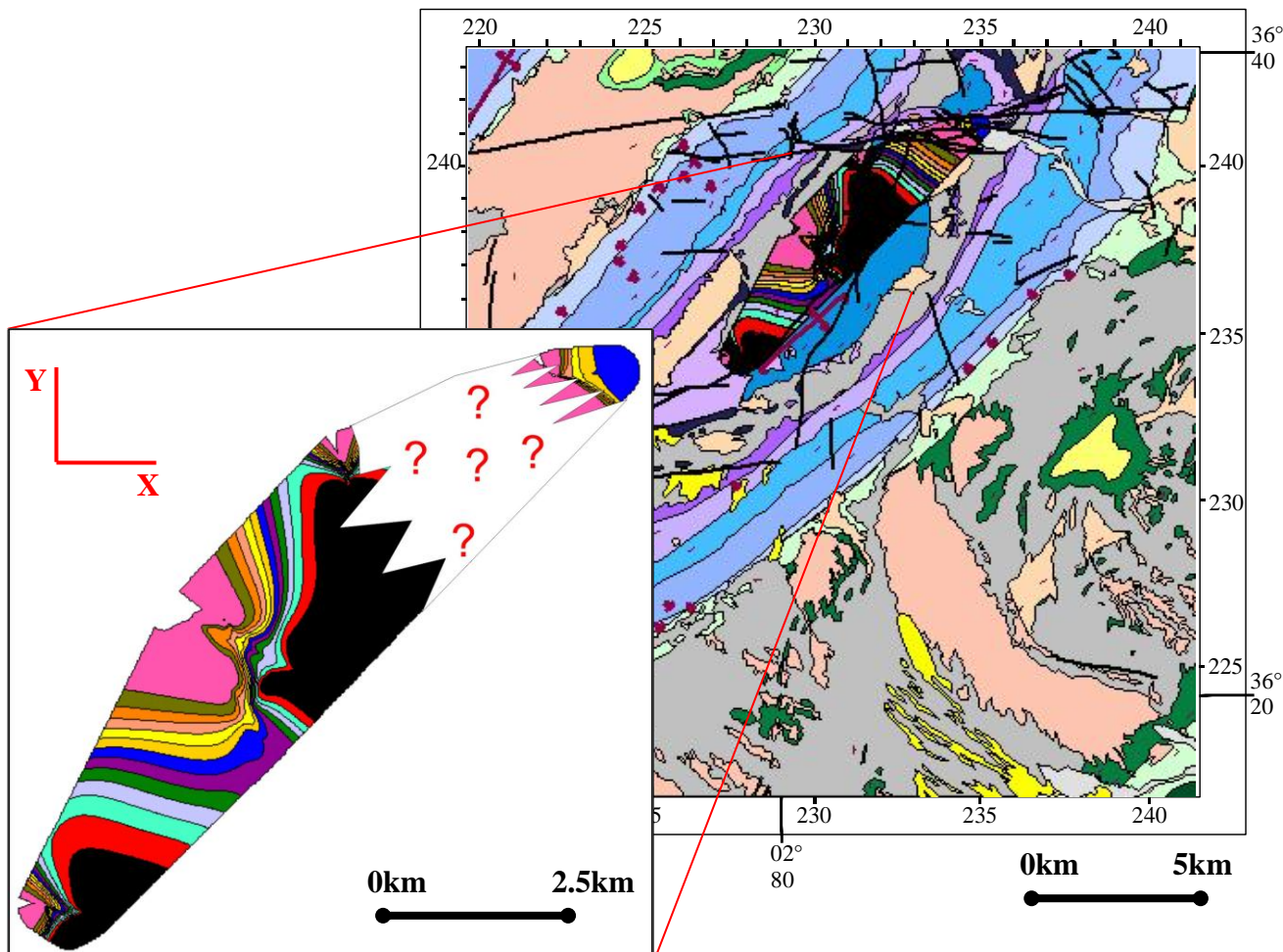


Fig.25- Présentation spatiale et géographique des membres et termes des coupes étudiées.



La légende

-  Alternances de marnes et de calcaires à *Zoophycos* (13).
-  Alternance rapprochée de marnes et de calcaires (12).
-  Alternance espacée de marnes et de calcaires (11).
-  Alternance de marnes et de calcaires à brèches (10).
-  Calcaires à interlits marneux (9).
-  Marnes à intercalations calcaires (8).
-  Alternances noirâtres de marnes et de calcaires (7).
-  Alternances violacées de marnes et de calcaires (6).
-  Alternances verdâtres de marnes et de calcaires (5).
-  Alternances de marnes et de calcaires ondulés (4).
-  Calcaires à trainées rouges (2).
-  Alternances de marnes et de calcaires à silex (3).
-  Calcaires noirâtres lités déposés sur la dolomie du Chemarikh (0,1).

Fig.26- Répartition spatiale des membres dans les coupes étudiées, traité sous SIG (Map_Info & Vertical Mapper).

Ces membres sont aussi classés selon leur code d'emplacement sur le terrain et selon le système (membre-âge).

L'utilisation de ce code (Tab.10) comme une troisième dimension (Z), permet d'obtenir un bloc diagramme (3D) qui n'a aucune relation avec la géométrie du relief réel, mais il présente la superposition des membres suivant leur âge (Fig.27).

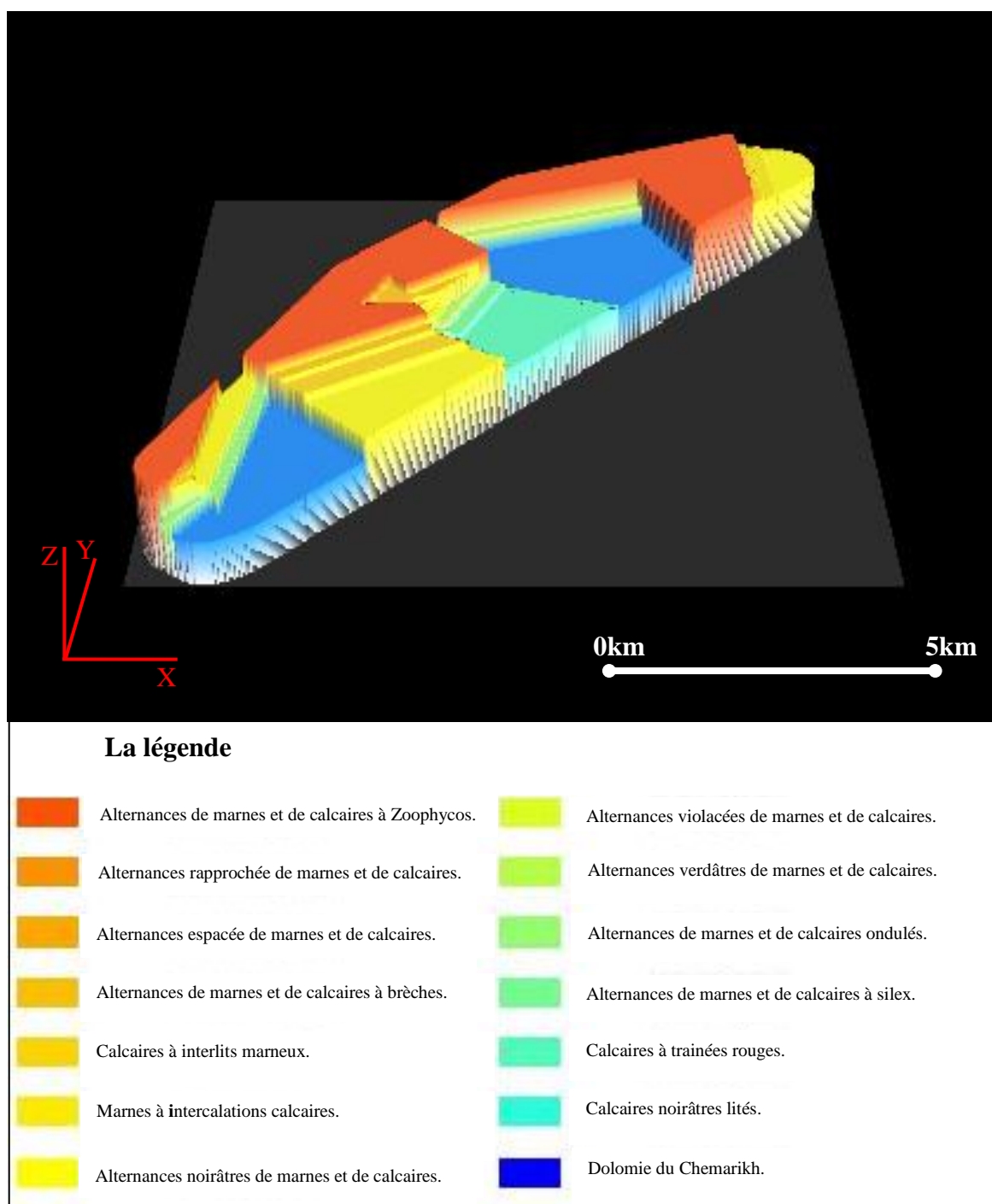
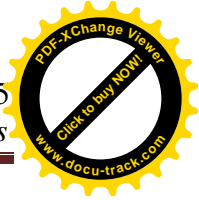


Fig.27- Bloc diagramme en 3D montrant la structure des membres dans le secteur d'étude.



Chaque membre est caractérisé par un faciès donné et une texture bien distincte. Généralement dans le secteur d'étude, il existe la micrite codé dans la table des données par le chiffre 1, alors que les autres faciès qui sont négligeables sont codés par le nombre 2.

Il existe des cas où le faciès n'a pas été déterminé dans les travaux antérieurs, on les définit par le code 0.

L'exploitation et le traitement des données stockées dans la table membre sous (Map_Info, Vertical Mapper), par code faciès permet de réaliser une carte pour les faciès prédéfinis dans le secteur d'étude ; on l'a nommé la carte faciologique d'Aïn Ouarka (Fig.28). C'est une carte bicolore qui montre que le Djebel Chemarikh et Raknet El Kahla sont formés par la boue, selon la classification descriptive de (R. Folk, 1959). C'est pour cela qu'on a utilisé un autre code en comparant les textures des roches carbonatées selon la classification de (R. J. Dunham, 1962). Les mêmes étapes peuvent être suivies, mais en utilisant la table membre par code attribué aux textures (le code 1 pour le Mudstone, le code 2 pour le Wackstone et pour le Packstone et 0 pour les textures non définies dans les travaux antérieurs). Le Grainstone est absent dans les terrains du Jurassique inférieur.

On obtiendra une carte qui montre la distribution des textures des roches carbonatées du Jurassique inférieur sur la partie occidentale du Djebel Chemarikh et la région de Raknet El Kahla et on l'a nommée la carte texturale d'Aïn Ouarka (Fig.29).

Ce type de carte peut avoir un intérêt économique ; dans le domaine minier, il permet de bien visualiser les meilleurs sites pour l'exploitation des agrégats.

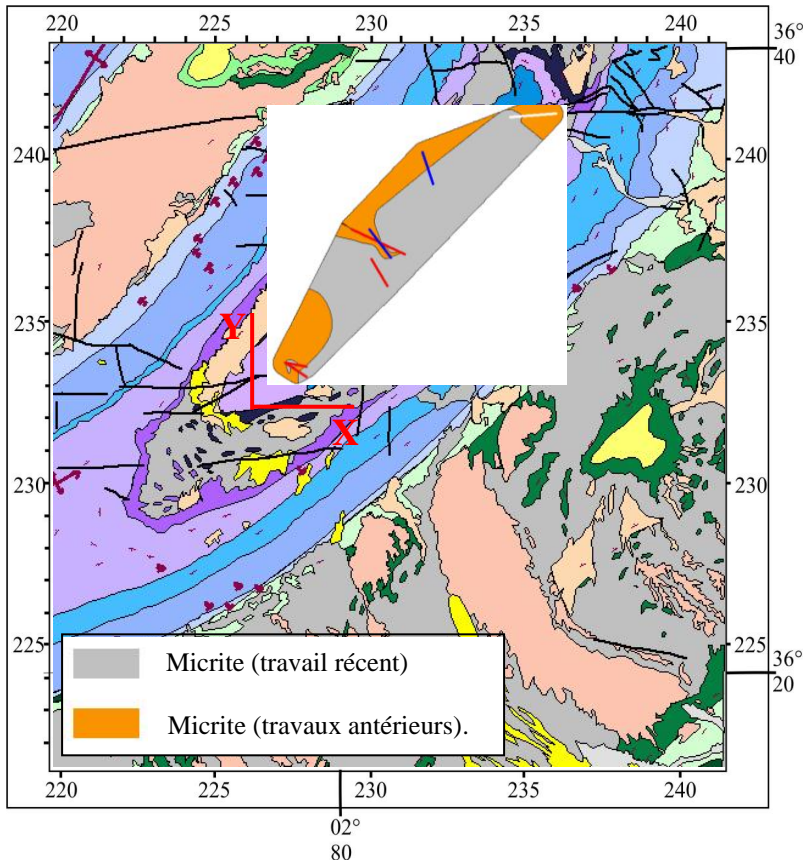


Fig.28- Carte façologique du Djebel Chemarikh et de Raknet El Kahla ; (Aïn Ouarka), sous SIG.

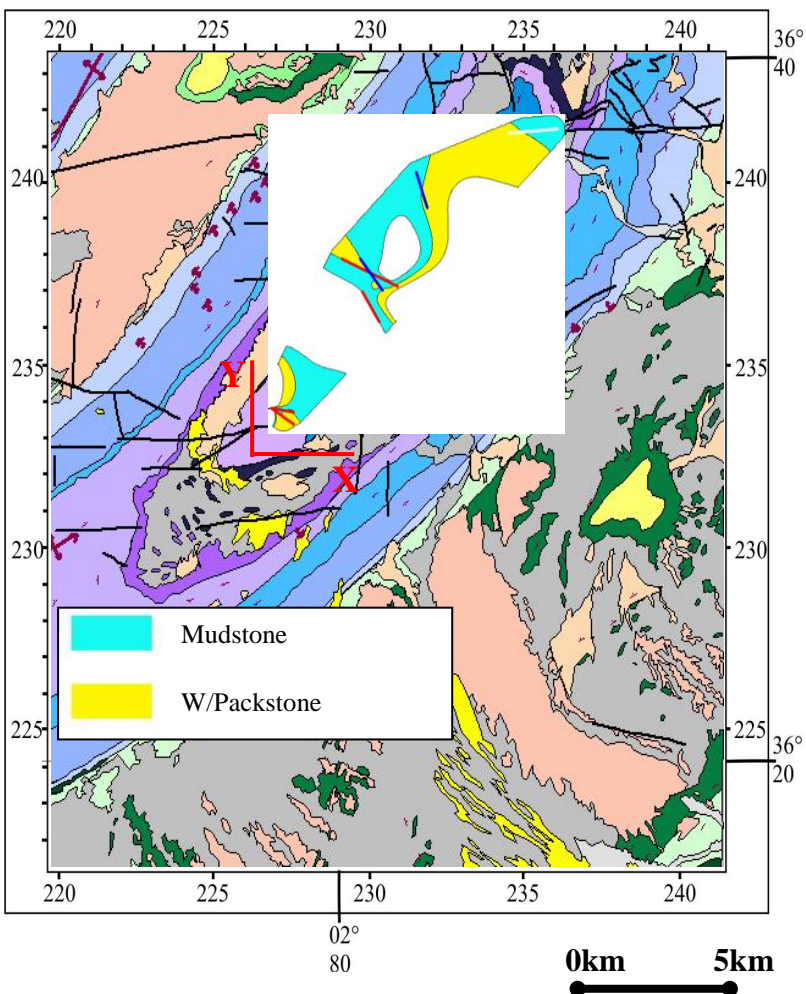
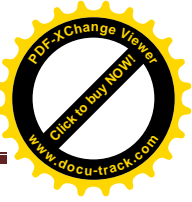


Fig.29- Carte texturale du Djebel Chemarikh et de Raknet El Kahla ; (Aïn Ouarka), sous SIG.



Conclusion

L'étude et la collecte des données lithologiques du Djebel Chemarikh et du Raknet El Kahla, à l'aide des logiciels (S.I.G) nous a permis de proposer une unité de stockage de ces données et de créer plusieurs cartes pour la répartition géométrique spatiale des formations et des membres Liasique du Dj Chemarikh et de Raknet El Kahla, avec un essai de modélisation 3D.

La superposition des cartes texturales d'Aïn Ouarka et la carte faciologique d'Aïn Ouarka, qui sont riches en données lithologiques et qui permettent de repérer les faciès des roches carbonatées de la région étudiée, permettent de réaliser une carte lithologique d'Aïn Ouarka (fig.30).

Cette carte montre que la micrite domine dans toute la partie orientale du Djebel Chemarikh et dans la région de Raknet El Kahla. La micrite est représentée généralement par la texture Mudstone.

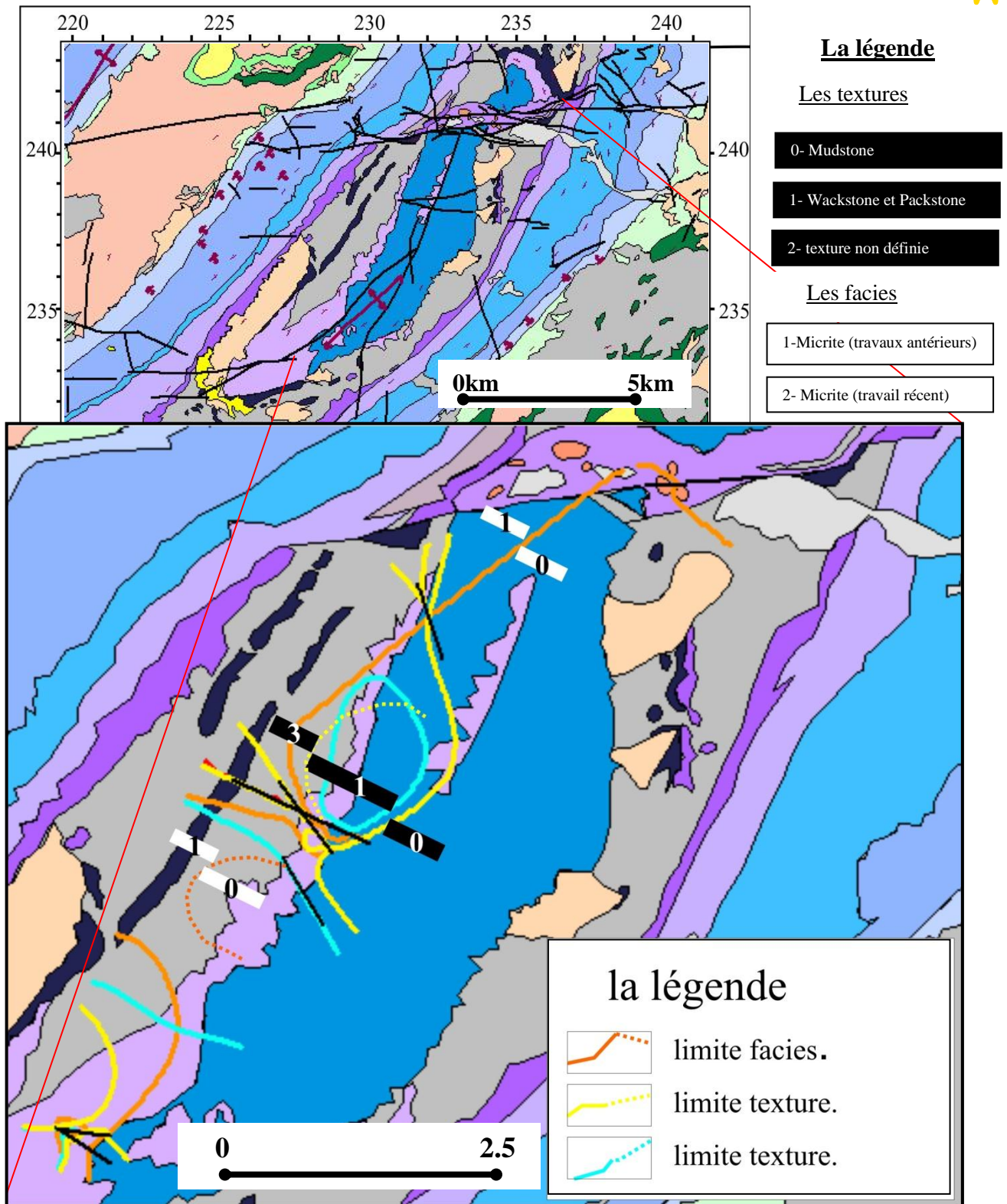


Fig.30- Une carte de synthèse lithologique d'Aïn Ouarka.



IV .8- Les données paléontologiques

On se basant sur les études paléontologiques réalisées dans les coupes du Djebel Chemarikh et dans la coupe de Raknet El Kahla, notamment celles effectuées par (Mekahli, 1998 et Sebane, 2007), pour la réalisation d'une base de données paléontologiques qui permet l'analyse thématique et l'élaboration des cartes synthétiques des étages, des zones d'ammonites, des biozones, des assemblages et des associations de foraminifères.

Exploitation des données

1-Les données de base

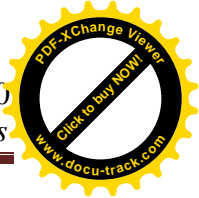
Les travaux paléontologique et stratigraphique antérieurs effectués dans la région d'Aïn Ouarka ont fournit plus de 152 espèces d'ammonites réparties en 76 genres et 63 espèces de foraminifères qui appartiennent à 21 genres et 08 familles.

La répartition verticale de toute cette faune a permis d'établir un cadre zonal comportant 17 zones d'ammonites (Tab.12) qui s'étage de l'Hettangien jusqu'au Toarcien supérieur (Tab.13). La subdivision établie par les foraminifères (Sebane, 2007) a révélé l'existence de trois associations de foraminifères composées par six assemblages, trois biozones et huit sous biozones.

Les épaisseurs, les étages et le contenu bioclastique additif sont différents selon la zone et la coupe.

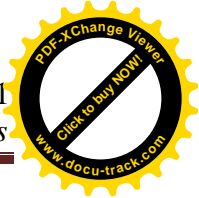
Il est à noter aussi que les données microfauniques dans la région sont très rares, on s'est basé sur les travaux de A. Sebane, 2007.

Toutes ces informations sont introduites à la table zone, qui contient 140 objets, dont chaque objet est défini par 30 entités (le nom de la zone d'ammonites, le nom de l'association de foraminifères, le nom de l'assemblage de foraminifères, le nom de la biozone et de la sous biozone et l'étage) en format caractère et (l'ID, le code d'âge, le nombre de genre d'ammonites, le nombre d'espèce d'ammonite, le nombre de genre de foraminifères, le nombre d'espèce de foraminifères, le code d'assemblage, le code d'association et le code de biozone de foraminifères) en format entier. Les autres organismes sont codés par le chiffre 1 pour la présence et 0 pour l'absence.



Zone d'ammonite	Code proposé à la zone d'ammonite	Age	Code proposé à l'âge
Meneghinii	17	Toarcien supérieur	10
Speciosum	16		
Bonarellii	15		
Gradata	14	Toarcien moyen	9
Bifrons	13		
Levisoni	12	Toarcien inférieur	8
Polymorphum	11		
Emaciatum	10	Domérien supérieur	7
Algovianum	9	Domérien moyen	6
Celebratum	8	Domérien inférieur	5
Davoei	7	Carixien	4
Demonence	6		
Raricostatum	5	Sinémurien supérieur	3
Oxynatum	4		
Obtusum	3		
Semicostatum	2	Sinémurien inférieur	2
Planorbis	1	Héttangien	1

Tab.12- Les zones d'ammonites, les âges et les codes utilisées pour ces deux variables.



Age	Association des foram	Code des associa	Assemblage des foram	Biozone des foraminifères	Code des biozo	Sous biozone	Code s/bioz
Toarcien	C	3	6	<i>Spectre d'orbigny</i>	3	<i>Lenticulina subalata</i> mg. <i>Lenticulina + Lenticulina tenuistriata</i> mg. <i>Falsopalmula</i>	8
						<i>Lenticulina subalata</i> mg. <i>Lenticulina</i>	7
			5	<i>Spectre chicheryi</i>	2	<i>Ichtyolaria hauffi + Lenticulina pennensis</i> mg. <i>Marginulinopsis</i>	6
Domérien	B	2	4	<i>Marginulina</i> gr. <i>Prima + Lingulina</i> gr. <i>Tenera</i>	1	<i>Lenticulina toarcense</i> mg. <i>Lenticulina</i>	5
			3			<i>Lenticulina sublaevis</i> mg. <i>Saracenaria + Lenticulina insignis</i> mg. <i>Falsopalmula</i>	4
						<i>Bolivina liassica</i>	3
			2			<i>Marginulina</i> gr. <i>Prima + Lingulina</i> gr. <i>Tenera + Ichtyolaria + Bolivina liassica</i>	2
Carixien	A	1	1			<i>Involituna liassica</i>	1

Tab.13- Les associations, les assemblages, les biozones et les sous biozones de foraminifères et les codes utilisées pour ces variables.

2- Les données élaborées

Sur la carte d'Aïn Ouarka numérisée sous (Map_Info, 7.5), par projection des zones sur les traits de coupes et à partir des épaisseurs réelles (des zones, des biozones, des assemblages et des associations), on peut estimer l'épaisseur apparente et les coordonnées Lambert pour la base et le sommet de chacune de ces variables (Tab.14). On introduit le nombre de genres et d'espèces des ammonites et le nombre de genres et d'espèces de foraminifères rencontrées pour chaque formation et pour chaque zone pour voir la différence et la répartition spatiale de ces derniers sur la carte.

L'analyse thématique des données paléontologiques stockées dans la table (les formations), permet de faire une comparaison entre la fréquence des genres d'ammonites et des genres de foraminifères dans chaque formation, aussi elle permet de voir la répartition de ces derniers tout au long des coupes étudiées (Fig.31), où les coupes (C, CKH a/b/c, Chr et CK/CK) ne montrent que la fréquence des genres d'ammonites par manque de données micropaléontologiques. Alors que les autres coupes (ab/CKH, CKHB et ab/RK) ont fourni des données macrofaunique et microfaunique.

1)- La coupe « C »

Nom de la zone	Xdébut	Ydébut	Xfin	Yfin
/	228.127	233.981	228.098	234.001
/	228.177	233.948	228.127	233.981
Bifrons	228.216	233.922	228.177	233.948
/	228.251	233.898	228.216	233.922
/	228.26	233.893	228.251	233.898
Celebratum	228.282	233.878	228.26	233.893
Davoeï	228.294	233.87	228.282	233.878
Demonence	228.311	233.859	228.294	233.87
/	228.343	233.836	228.311	233.859
Raricostatum	228.374	233.816	228.343	233.836
Oxynotum	228.381	233.812	228.374	233.816
Obtusum	228.384	233.81	228.381	233.812
Semicostatum	228.427	233.781	228.384	233.81
Planorbis	228.434	233.775	228.427	233.781

2)- la coupe « CKH a/b/c »

Nom de la zone	Xdébut	Ydébut	Xfin	Yfin
Meneghinii	228.236	233.976	228.206	233.982
Speciosum	228.245	233.975	228.236	233.976
Bonarelli s/z à méditerranée	228.275	233.97	228.245	233.975
Gradata s/z à alticarinata	228.292	233.967	228.275	233.97
Ggradata s/z à gemma	228.332	233.96	228.292	233.967
/	228.346	233.958	228.332	233.96
/	228.381	233.952	228.346	233.958
Obtusum	228.583	233.918	228.381	233.952
Semicostaum	228.654	233.907	228.583	233.918

3)- la coupe « Chr »

Nom de la zone	Xdébut	Ydébut	Xfin	Yfin
Bonarelli	230.743	236.632	230.665	236.764
Gradata s/z a alticarinata	230.783	236.564	230.743	236.632
Gradata s/z a gemma	230.829	236.488	230.783	236.564
Bifrons s/z à bifrons	230.835	236.476	230.829	236.488
Bifrons s/z a sublevisoni	230.87	236.418	230.835	236.476
Polymorphum	230.937	236.308	230.87	236.418
/	230.945	236.29	230.937	236.308
/	230.988	236.219	230.945	236.29

4)- la coupe « CK/CK »

Nom de la zone	Xdébut	Ydébut	Xfin	Yfin
Meneghinii	230.442	237.593	230.424	237.601
Speciosum	230.575	237.534	230.442	237.593
Gradata s/z a alticarinata	230.576	237.533	230.575	237.534
Gradata s/z a gemma	230.655	237.494	230.576	237.533
Bifrons s/z a semopolitum	230.693	237.476	230.655	237.494
Bifrons s/z à bifrons	230.707	237.469	230.693	237.476
Bifrons s/z a lusitanicum	230.711	237.468	230.707	237.469
Bifrons s/z a sublevisoni	230.714	237.466	230.711	237.468
/	230.859	237.398	230.714	237.466
/	230.954	237.354	230.859	237.398
Raricostatum	231.082	237.294	230.954	237.354
Oxynotum	231.396	237.148	231.082	237.294
Obtusum	231.412	237.14	231.396	237.148
/	231.415	237.139	231.412	237.14
/	231.432	237.131	231.415	237.139

Tab.14- Les coordonnées Lambert estimées pour chaque zone.

5)- la coupe « ab/CKH »

Nom de la zone	Xdébut	Ydébut	Xfin	Yfin
Meneghinii	230.652	237.594	230.51	237.78
Speciosum	230.673	237.562	230.652	237.594
Bonarellii	230.702	237.529	230.673	237.562
Bifrons	230.732	237.489	230.702	237.529
Levisoni	230.757	237.453	230.732	237.489
Polymorphum	230.787	237.416	230.757	237.453
Emaciatum	230.802	237.397	230.787	237.416
Algovianum	230.818	237.374	230.802	237.397
/	230.928	237.228	230.818	237.374
/	231.035	237.083	230.928	237.228
/	231.047	237.064	231.035	237.083
Obtusum	231.06	237.052	231.047	237.064
Semicostatum	231.085	237.02	231.06	237.052

6)- la coupe « CKHB »

Nom de la zone	Xdébut	Ydébut	Xfin	Yfin
Meneghinii	232.065	239.799	232.04	239.888
Bonarellii	232.078	239.768	232.065	239.799
Gradta	232.086	239.735	232.078	239.768
Algovianum	232.102	239.696	232.086	239.735
Celebratum	232.113	239.661	232.102	239.696
/	232.132	239.605	232.113	239.661
Raricostatum	232.151	239.546	232.132	239.605

7)- la coupe « ab/RK » ou « RK/RK »

Nom de la zone	Xdébut	Ydébut	Xfin	Yfin
Meneghinii	234.965	241.035		
Speciosum	235.084	241.044	234.965	241.035
Bonarellii	235.125	241.047	235.084	241.044
Gradata s/z à alticarinata	235.15	241.049	235.125	241.047
Gradata s/z a gemma	235.194	241.053	235.15	241.049
Bifrons s/z à semipolitum	235.223	241.054	235.194	241.053
/	235.245	241.057	235.223	241.054
Polymorphum	235.27	241.059	235.245	241.057
Emaciatum s/z à elisa	235.301	241.061	235.27	241.059
Emaciatum s/z à solare	235.354	241.062	235.301	241.061
Algovianum	235.43	241.071	235.354	241.062
Celebratum	235.675	241.089	235.43	241.071

Tab.14- Les coordonnées Lambert estimées pour chaque zone.

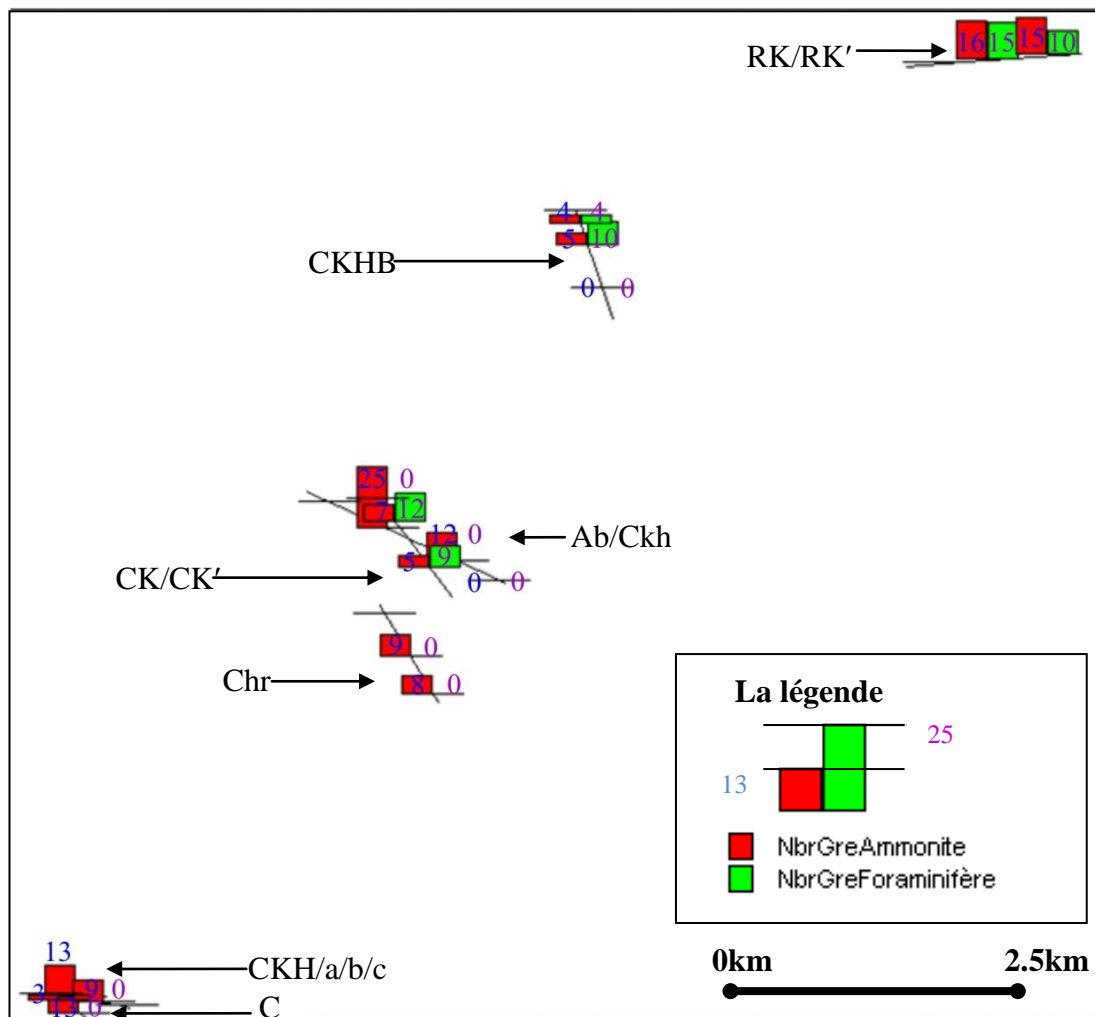
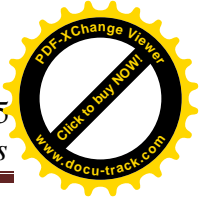


Fig.31- Répartition des ammonites et des foraminifères dans les coupes étudiées.



Le traitement des données de la table paléontologique (les zones) peut être traduit par plusieurs cartes thématiques :

La première carte (Fig.32) a été réalisée sous le logiciel (Map_Info, Vertical Mapper), par l'utilisation des codes (1-10) qui sont attribués aux étages de la région d'étude (de l'Hettangien jusqu'au Toarcien supérieur).

La carte obtenue de l'analyse thématique de la table les zones par code étage montre la répartition spatiale et géographique théorique des étages dans le secteur d'étude et elle sert comme un document de base pour la stratigraphie de la région d'Aïn Ouarka.

A partir de cette carte on note que :

- Au Nord-Est du Djebel Chemarikh, l'épaisseur du Lias inférieur est plus importante par rapport à la zone Sud-Ouest.

- L'épaisseur du Lias moyen est aussi importante dans le Djebel Chemarikh que dans la région de Raknet El Kahla.

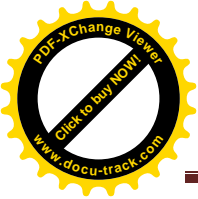
- Le Lias supérieur est plus évolué dans Raknet el Kahla et le Nord-est du Djebel Chemarikh.

Le passage entre le Djebel Chemarikh et Raknet El Kahla est très faillé et très fracturé, donc on ne peut pas proposer un modèle de transition entre ces deux régions sur la carte et elle reste à compléter sur le terrain à l'aide de l'outil GPS.

Les meilleurs endroits proposés pour les études de l'Héttangien, du Sinémurien et du Carixien se trouvent sur le flanc occidental du Djebel Chemarikh, alors que pour les études du Domérien et Toarcien dans la région de Raknet El Kahla qui offre les meilleurs sites (fig.31).

L'analyse thématique des zones d'ammonites par utilisation des données de la table (les zones), par les codes ; (1-17) proposés respectivement aux noms des zones ; (à Planorbis, à Semicostatum, à Obtusum, à Oxynotum, à Raricostatum, à Demonence, à Davoeï, à Celebratum, à Algovianum, à Emaciatum, à Polymorphum, à Levisoni, à Bifrons, à Gradata, à Bonarelli, à Speciosum et à Meneghinii), avait permis de réaliser une carte thématique nommée dans ce travail la carte zonale d'Aïn Ouarka (fig.33).

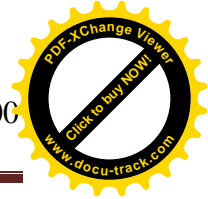
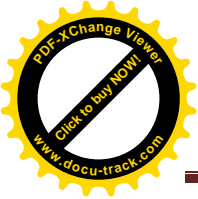
ID	Nom de la zone	Cod zone	élev zone	Age	code âge	Nbr genre amm	Nbr espèc amm	Nbr ger fora	Nbr espèc fora	Association de foram	Code asso	Assmb	Biozone de foraminifères	code biozo	Sous biozones de foraminifères	cod s/bio
1	Emaciatum, sous zone à elisa	10	100	Domérien supérieur	7	6	10	11	19	B	2	3	<i>Marginulina gr. Prima</i> + <i>Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>L. sublaevis</i> mg. <i>Ssaracenaria</i> + <i>L. insignis</i> mg. <i>Falsopalmula</i>	4
2	Algovianum	9	233	Domérien moyen	6	1	1	9	17	B	2	3	<i>Marginulina gr. Prima</i> + <i>Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>L. sublaevis</i> mg. <i>S</i> + <i>L. insignis</i> mg. <i>Falsopalmula</i>	4
3		0	0		0	0	0	0	0	/	0		/	0	/	0
4	Meneghinii	17	301	Toarcien supérieur	10	8	11	0	0	/	0		/	0	/	0
5	Aalensis, sous zone à flamandi	0	304	Toarcien supérieur	10	5	6	0	0	/	0		/	0	/	0
6	Meneghinii	17	172	Toarcien supérieur	10	1	1	5	6	C	3	6	<i>Spectre d'orbigny</i>	3	<i>L. tenuistriata</i> mg. <i>Falsopalmula</i> + <i>L. subalata</i> mg. <i>Lenticulina</i>	8
7	Raricostatum	5	183	Sinémurien supérieur	3	1	1	2	2	/	0		/	0	/	0
8	Meneghinii	17	286	Toarcien supérieur	10	2	2	4	10	C	3	6	<i>Spectre chichery</i>	2	<i>L. subalata</i> mg. <i>Lenticulina</i> + <i>L. tenuistriata</i> mg. <i>Falsopalmula</i>	9
9	Célébratum	8	25	Domérien inférieur	5	3	5	9	13	B	2	1	<i>Marginulina gr. Prima</i> + <i>Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>M. gr. Prima</i> + <i>L. gr. Tenera</i> + <i>Ichtyolaria sulcata</i>	2
10	Algovianum	9	80	Domérien moyen	6	7	13	9	13	B	2		<i>Marginulina gr. Prima</i> + <i>Lingulina gr. Tenera</i>	1	/	0
11	Polymorphum	11	106	Toarcien inférieur	8	4	4	12	19	B	2	4	<i>Marginulina gr. Prima</i> + <i>Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>L. toarcense</i> mg. <i>Lenticulina</i>	5
12	Serpentinus	12	111	Toarcien inférieur	8	2	2	12	19	C	3	5	/	0	<i>L. obonensis</i> mg. <i>Planularia</i>	6
13	Bifrons, sous zone à semipolatum	13	115	Toarcien inférieur	8	2	2	12	19	C	3	6	<i>Spectre chichery</i>	2	<i>L. pennensis</i> mg. <i>Marginulinopsis</i>	7
14	Gradata, sous zone à gemma	14	121	Toarcien moyen	9	5	5	13	22	C	3	6	<i>Spectre chichery</i>	2	<i>L. pennensis</i> mg. <i>Marginulinopsis</i>	7
15	Gradata, sous zone à alticarinata	14	130	Toarcien moyen	9	4	6	13	22	C	3	6	<i>Spectre chichery</i>	2	<i>L. pennensis</i> mg. <i>Marginulinopsis</i>	7
16	Bonarellii	15	135	Toarcien supérieur	10	1	1	13	22	C	3	7	<i>Spectre d'orbigny</i>	3	<i>L. subalata</i> mg. <i>Lenticulina</i>	8
17	Speciosum	16	143	Toarcien supérieur	10	1	1	13	22		0			0		0
18	Meneghinii	17	167	Toarcien supérieur	10	1	1	13	22	C	3	7	<i>Spectre d'orbigny</i>	3	<i>L. subalata</i> mg. <i>Lenticulina</i>	8
30	Gradata, sous zone à alticarinata	14	105	Toarcien moyen	9	1	1	0	0	/	0		/	0	/	0



ID	Nom de la zone	Cod zone	élev zone	Age	code âge	Nbr genre amm	Nbr espèc amm	Nbr ger fora	Nbr espèc fora	Association de foram	Code asso	Assmb	Biozone de foraminifères	code biozo	Sous biozones de foraminifères	cod s/bio
31	Bonarellii	15	136	Toarcien supérieur	10	0	0	0	0	/	0	/ /		0 /		0
32	/	0	26	Domérien supérieur	7	3	3	0	0	/	0	/ /		0 /		0
33	/	0	5	Domérien inférieur	5	6	6	0	0	/	0	/ /		0 /		0
34	/	0	22	Domérien supérieur	7	0	0	0	0	/	0	/ /		0 /		0
35	Polymorphum	11	53	Toarcien inférieur	8	1	2	0	0	/	0	/ /		0 /		0
36	Bifrons, sous zone sublevisoni	13	67	Toarcien moyen	9	1	2	0	0	/	0	/ /		0 /		0
37	Bifrons, sous zone bifrons	13	70	Toarcien moyen	9	1	1	0	0	/	0	/ /		0 /		0
38	Gradata, sous zone à gemma	14	88	Toarcien moyen	9	5	6	0	0	/	0	/ /		0 /		0
39	Bifrons	13	132	Toarcien moyen	9	4	4	12	19	C	3	5	<i>Spectre chicheryi</i>	2	<i>I. hauffi + L. pennensis mg. Marginulinopsis</i>	7
40	/	0	188	Domérien supérieur	7	7	9	0	0	/	0	/ /		0 /		0
41	/	0	20	Hettangien	1	0	0	0	0		0	/ /		0 /		0
42	Emaciatum	10	104	Domérien supérieur	7	7	9	9	15	B	2	3	<i>Marginulina gr. Prima + Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>L. sublaevis mg. Saracenaria + L. insignis mg. Falsopalmula</i>	4
43	/	0	25	Sinémurien inférieur	2	1	1	0	0		0	/ /		0 /		0
44	Obtusum, sous zone à stellare	3	26	Sinémurien supérieur	3	2	2	0	0	/	0	/ /		0 /		0
45	Oxynatum	4	31	Sinémurien supérieur	3	2	2	0	0	/	0	/ /		0 /		0
46	Raricostatum	5	123	Sinémurien supérieur	3	4	4	0	0	/	0	/ /		0 /		0
47	/	0	161	Sinémurien supérieur	3	0	0	0	0	/	0	/ /		0 /		0
48	Bifrons, sous zone à sublevisoni	13	230	Toarcien moyen	9	2	3	0	0	/	0	/ /		0 /		0
49	Bifrons, sous zone à lusitanicum	13	231	Toarcien moyen	9	2	3	0	0	/	0	/ /		0 /		0

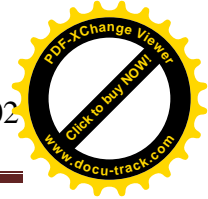
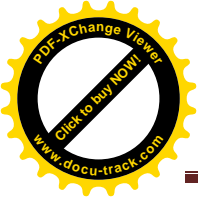
ID	Nom de la zone	Cod zone	élev zone	Age	Code âge	Nbr genre amm	Nbr espèc amm	Nbr ger fora	Nbr espèc fora	Association de foram	Code asso	Assmb	Biozone de foraminifères	code biozo	Sous biozones de foraminifères	cod s/bio
50	Bifrons, sous zone à bifrons	13	231	Toarcien moyen	9	2	2	0	0	/	0	/ /		0 /		0
51	Bifrons, sous zone à semipolatum	13	235	Toarcien moyen	9	2	3	0	0	/	0	/ /		0 /		0
52	Gradata, sous zone à gemma	14	245	Toarcien moyen	9	7	9	0	0	/	0	/ /		0 /		0
53	Gradata, sous zone à alticarinata	14	263	Toarcien moyen	9	8	12	0	0	/	0	/ /		0 /		0
54	Semicostatum	2	8	Sinémurien	2	1	1	3	3	A	1	1	<i>Marginulina gr. Prima + Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>Involituna liassica</i>	1
55	/	0	16	Sinémurien supérieur	3	0	0	3	3	/	0	/ /		0 /		0
56	/	0	52	Carixien	0	2	2	0	0	/	0	/ /		0 /		0
57	/	0	88	Domérien inférieur à moyen	5	0	0	4	6	B	2	1	<i>Marginulina gr. Prima + Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>M. gr. Prima + L. gr. Tenera + Ichtyolaria + Bolivina. liassica</i>	2
58	Obtusum	3	11	Sinémurien supérieur	3	2	2	3	3	A	1	1	<i>Marginulina gr. Prima + Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>Involituna liassica</i>	1
59	Planorbis	1	200	Héttangien	1	1	1	0	0	/	0	/ /		0 /		0
60	Semicostatum	2	232	Sinémurien inférieur	2	1	2	0	0	/	0	/ /		0 /		0
61	Obtusum	3	235	Sinémurien supérieur	3	2	3	0	0	/	0	/ /		0 /		0
62	Oxynotum	4	240	Sinémurien supérieur	3	3	3	0	0	/	0	/ /		0 /		0
63	Raricostatum	5	287	Sinémurien supérieur	3	3	3	0	0	/	0	/ /		0 /		0
64	/	0	299	Carixien	4	0	0	0	0	/	0	/ /		0 /		0
65	Demonence	6	308	Carixien	4	3	4	0	0	/	0	/ /		0 /		0
66	Davoei	7	325	Carixien	4	4	4	0	0	/	0	/ /		0 /		0
67	Célébratum	8	331	Domérien inférieur	5	7	13	0	0	/	0	/ /		0 /		0
68	/	0	384	Toarcien inférieur	8	0	0	0	0	/	0	/ /		0 /		0
69	Bifrons	13	421	Toarcien moyen	9	2	4	0	0	/	0	/ /		0 /		0
70		0	20	Héttangien	1	0	0	0	0	/	0	/ /		0 /		0

ID	Nom de la zone	Cod zone	élev zone	Age	code âge	Nbr genre amm	Nbr espèc amm	Nbr ger fora	Nbr espèc fora	Association de foram	Code asso	Assmb	Biozone de foraminifères	code biozo	Sous biozones de foraminifères	cod s/bio
71	/	0	143	Carixien	4	4	5	0	0	/	0	/ /		0 /		0
72	/	0	170	Domérien supérieur	7	0	0	0	0	/	0	/ /		0 /		0
73	Meneghinii	17	230	Toarcien supérieur	10	4	4	0	0	/	0	/ /		0 /		0
74	/	0	162	Domérien moyen	6	2	2	0	0	/	0	/ /		0 /		0
75	Gradata, sous zone a gemma	14	190	Toarcien moyen	9	4	4	0	0	/	0	/ /		0 /		0
76	Gradata, sous zone à alticarinata	14	197	Toarcien moyen	9	6	7	0	0	/	0	/ /		0 /		0
77	Bonarellii, sous zone à méditerranéum	15	211	Toarcien supérieur	10	1	1	0	0	/	0	/ /		0 /		0
78	Speciosum, sous zone à reynesi	16	216	Toarcien supérieur	10	4	5	0	0	/	0	/ /		0 /		0
79	/	0	440	Toarcien supérieur	10	0	0	0	0	/	0	/ /		0 /		0
80	/	0	356	Domérien supérieur	7	1	2	0	0	/	0	/ /		0 /		0
20	Obtusum	3	53	Sinémurien supérieur	3	2	2	0	0	/	0	/ /		0 /		0
21	/	0	147	Domérien inférieur	5	5	7	0	0	/	0	/ /		0 /		0
22	Speciosum	16	278	Toarcien supérieur	10	3	3	0	0	/	0	/ /		0 /		0
23	Algovianum	9	98	Domérien moyen	6	7	9	9	15	B	2	2	<i>Marginulina gr. Prima + Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>Bolivina liassica</i>	3
24	Levisoni	12	124	Toarcien inférieur	8	1	1	12	19	B	2	4	<i>Marginulina gr. Prima + Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>L. toarcense mg. Lenticulina</i>	5
25	Polymorphum	11	114	Toarcien inférieur	8	1	1	12	19	B	2	4	<i>Marginulina gr. Prima + Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>L. toarcense mg. Lenticulina</i>	5
26	Bonarellii	15	140	Toarcien supérieur	10	1	1	5	6	C	3	6	<i>Spectre d'orbignyi</i>	3	<i>L. tenuistriata mg. Falsopalmula + L. subalata mg. Lenticulina</i>	8
27	Speciosum	16	148	Toarcien supérieur	10	1	1	5	6	C	3	6	<i>Spectre d'orbignyi</i>	3	<i>L. tenuistriata mg. Falsopalmula + L. subalata mg. Lenticulina</i>	8
28	/	0	198	Carixien	4	2	3	5	6	/	0	/		0 /		0

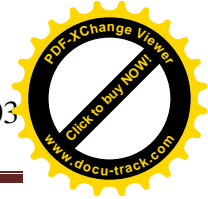
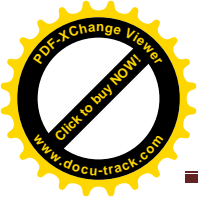


ID	Nom de la zone	Cod zone	élev zone	Age	code âge	Nbr genre amm	Nbr espèc amm	Nbr ger fora	Nbr espèc fora	Association de foram	Code asso	Assmb	Biozone de foraminifères	code biozo	Sous biozones de foraminifères	cod s/bio
29	Célébratum	8	215	Domérien inférieur	5	1	2	9	17	B	2	1	<i>Marginulina gr. Prima + Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>M. gr. Prima + L. gr. Tenera + Ichtyolaria</i>	2
81	Gradata	14	244	Toarcien moyen	9	3	3	9	17	C	3	5	<i>Spectre chicheryi</i>	2	<i>L. pennensis mg. Marginulinopsis</i>	7
82	Bonarellii	15	255	Toarcien supérieur	10	1	1	9	17	C	3	6	<i>Spectre chicheryi</i>	2	<i>L. subalata mg. Lenticulina</i>	8
83	Emaciatum, sous zone à solare	10	88	Domérien supérieur	7	4	4	11	19	B	2	2	<i>Marginulina gr. Prima + Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>Bolivina liassica</i>	3
84	Planorbis	1	200	Héttangien	1	1	1	0	0	/	0	/ /		0		0
85	Semicostatum	2	232	Sinémurien inférieur	2	1	2	0	0	/	0	/ /		0		0
86	Obtusum	3	235	Sinémurien supérieur	3	2	3	0	0	/	0	/ /		0		0
87	Oxynotum	4	240	Sinémurien supérieur	3	3	3	0	0	/	0	/ /		0		0
88	Raricostatum	5	287	Sinémurien supérieur	3	3	3	0	0	/	0	/ /		0		0
89	/	0	299	Carixien	4	0	0	0	0	/	0	/ /		0		0
90	Demonence	6	308	Carixien	4	3	4	0	0	/	0	/ /		0		0
91	Davoei	7	325	Carixien	4	4	4	0	0	/	0	/ /		0		0
92	Célébratum	8	331	Domérien inférieur	5	7	13	0	0	/	0	/ /		0		0
93	/	0	356	Domérien supérieur	7	1	2	0	0	/	0	/ /		0		0
94	/	0	384	Toarcien inférieur	8	0	0	0	0	/	0	/ /		0		0
95	Bifrons	13	421	Toarcien moyen	9	2	4	0	0	/	0	/ /		0		0
96	/	0	440	Toarcien supérieur	10	0	0	0	0	/	0	/ /		0		0
96	Semicostatum	2	52	Sinémurien inférieur	2	3	6	0	0	/	0	/ /		0		0
97	Semicostatum	2	8	Sinémurien	2	1	1	3	3	A	1	1	<i>Marginulina gr. Prima + Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>Involituna liassica</i>	1
98	Obtusum	3	11	Sinémurien supérieur	3	2	2	3	3	A	1	1	<i>Marginulina gr. Prima + Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>Involituna liassica</i>	1
99	/	0	16	Sinémurien supérieur	3	0	0	3	3	/	0	/ /		0		0

ID	Nom de la zone	Cod zone	élev zone	Age	code âge	Nbr genre amm	Nbr espèc amm	Nbr ger fora	Nbr espèc fora	Association de foram	Code asso	Assmb	Biozone de foraminifères	code biozo	Sous biozones de foraminifères	cod s/bio
100	/	0	52	Carixien	0	2	2	0	0	/	0			0		0
101	/	0	88	Domérien inférieur à moyen	5	0	0	4	6	B	2	2	<i>Marginulina gr. Prima + Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>M. gr. Prima + L. gr. Tenera + Ichtyolaria + B. liassica</i>	2
102	Algovianum	9	98	Domérien moyen	6	7	9	9	15	B	2	2	<i>Marginulina gr. Prima + Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>Bolivina liassica</i>	3
103	Emaciatum	10	104	Domérien supérieur	7	7	9	9	15	B	2	3	<i>Marginulina gr. Prima + Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>L. sublaevis mg. Saracenaria + L. insignis mg. Falsopalmula</i>	4
104	Polymorphum	11	114	Toarcien inférieur	8	1	1	12	19	B	2	4	<i>Marginulina gr. Prima + Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>L. toarcense mg. Lenticulina</i>	5
105	Levisoni	12	124	Toarcien inférieur	8	1	1	12	19	B	2	4	<i>Marginulina gr. Prima + Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>L. toarcense mg. Lenticulina</i>	5
106	Bifrons	13	132	Toarcien moyen	9	4	4	12	19	C	3	5	<i>Spectre chicheryi</i>	2	<i>I. hauffi + L. pennensis mg. Marginulinopsis</i>	7
107	Bonarellii	15	140	Toarcien supérieur	10	1	1	5	6	C	3	6	<i>Spectre d'orbigny</i>	3	<i>L. tenuistriata mg. Falsopalmula + L. subalata mg. Lenticulina</i>	8
108	Speciosum	16	148	Toarcien supérieur	10	1	1	5	6	C	3	6	<i>Spectre d'orbigny</i>	3	<i>L. tenuistriata mg. Falsopalmula + L. subalata mg. Lenticulina</i>	8
109	Meneghinii	17	172	Toarcien supérieur	10	1	1	5	6	C	3	6	<i>Spectre d'orbigny</i>	0	<i>L. tenuistriata mg. Falsopalmula + L. subalata mg. Lenticulina</i>	8
110	Raricostatum	5	183	Sinémurien supérieur	3	1	1	2	2	/	0	/		0		0
111		0	198	Carixien	4	2	3	5	6	/	0	/		0		0
112	Célébratum	8	215	Domérien inférieur	5	1	2	9	17	B	2	1	<i>Marginulina gr. Prima + Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>M. gr. Prima + L. gr. Tenera + Ichtyolaria</i>	2
113	Algovianum	9	233	Domérien moyen	6	1	1	9	17	B	2	3	<i>Marginulina gr. Prima + Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>L. sublaevis mg. Saracenaria + L. insignis mg. Falsopalmula</i>	4
114	Gradata	14	244	Toarcien moyen	9	3	3	9	17	C	3	5	<i>Spectre chicheryi</i>	2	<i>L. pennensis mg. Marginulinopsis</i>	7
115	Bonarellii	15	255	Toarcien supérieur	10	1	1	9	17	C	3	6	<i>Spectre d'orbigny</i>	2	<i>L. subalata mg. Lenticulina</i>	8
116	Meneghinii	17	286	Toarcien supérieur	10	2	2	4	10	C	3	6	<i>Spectre d'orbigny</i>	2	<i>L. subalata mg. Lenticulina + L. tenuistriata mg. Falsopalmula</i>	9
117	Algovianum	9	80	Domérien moyen	6	7	13	9	13	B	2		<i>Marginulina gr. Prima + Lingulina gr. Tenera</i>	1		0
118	Emaciatum, sous zone à solare	10	88	Domérien supérieur	7	4	4	11	19	B	2	2	<i>Marginulina gr. Prima + Lingulina gr. Tenera</i>	1	<i>Bolivina liassica</i>	3

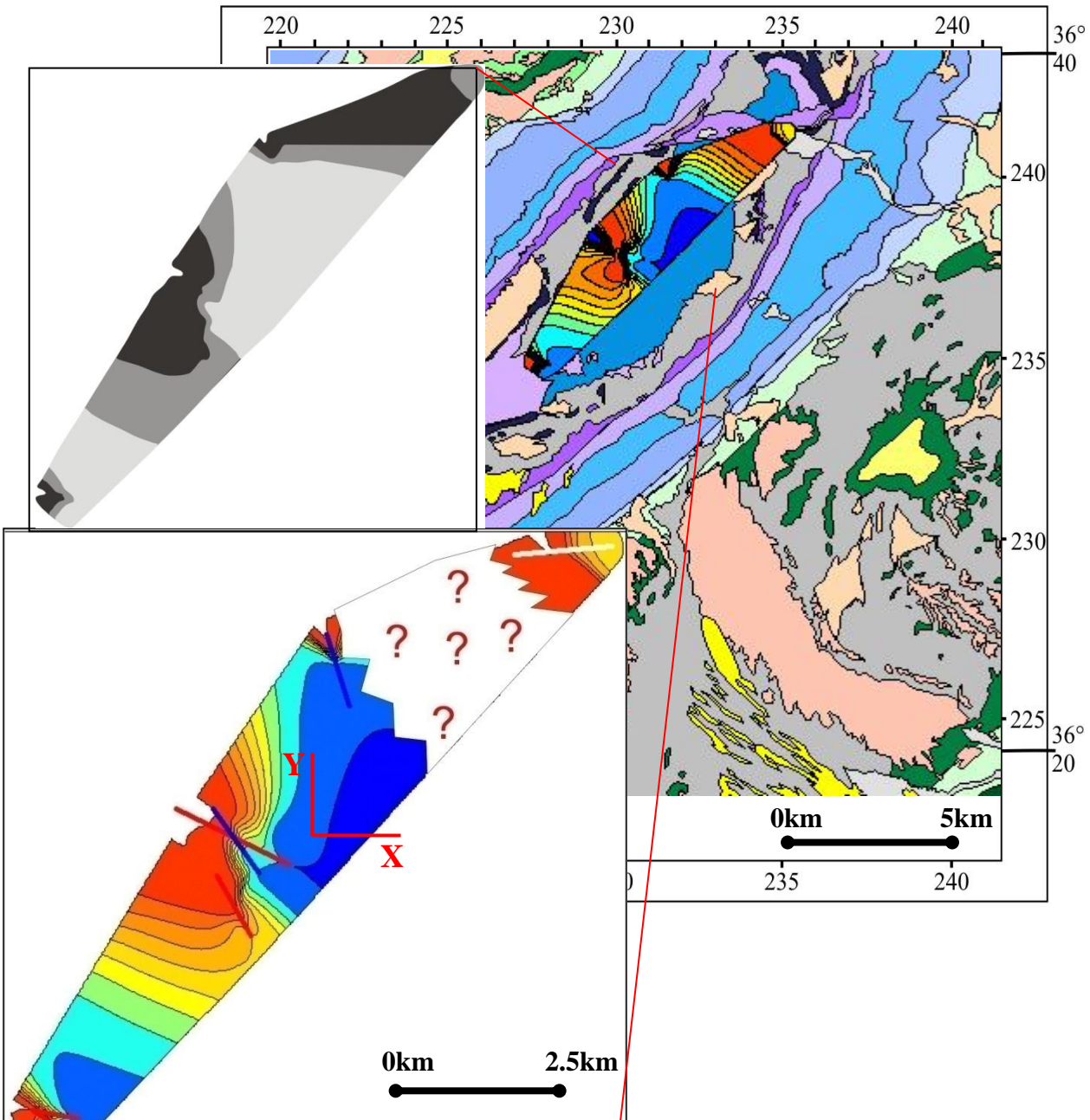


ID	Nom de la zone	Cod zone	élev zone	Age	code âge	Nbr genre amm	Nbr espèc amm	Nbr ger fora	Nbr espèc fora	Association de foram	Code asso	Assmb	Biozone de foraminifères	code biozo	Sous biozones de foraminifères	cod s/bio
119	Emaciatum, sous zone à elisa	10	100	Domérien supérieur	7	6	10	11	19	B	2	2	<i>Marginulina</i> gr. <i>Prima</i> + <i>Lingulina</i> gr. <i>Tenera</i>	1	<i>L. sublaevis</i> mg. <i>Saracenaria</i> + <i>L. insignis</i> mg. <i>Falsopalmula</i>	4
120	Polymorphum	11	106	Toarcien inférieur	8	4	4	12	19	B	2	4	<i>Marginulina</i> gr. <i>Prima</i> + <i>Lingulina</i> gr. <i>Tenera</i>	1	<i>L. toarcense</i> mg. <i>Lenticulina</i>	5
121	Serpentinus	12	111	Toarcien inférieur	8	2	2	12	19	C	3	5		0	<i>L. obonensis</i> mg. <i>Planularia</i>	6
122	Bifrons, sous zone à semipolium	13	115	Toarcien inférieur	8	2	2	12	19	C	3	6	<i>Spectre chicheryi</i>	2	<i>L. pennensis</i> mg. <i>Marginulinopsis</i>	7
123	Gradata, sous zone à gemma	14	121	Toarcien moyen	9	5	5	13	22	C	3	6	<i>Spectre chicheryi</i>	2	<i>L. pennensis</i> mg. <i>Marginulinopsis</i>	7
124	Gradata, sous zone à alticarinata	14	130	Toarcien moyen	9	4	6	13	22	C	3	6	<i>Spectre chicheryi</i>	2	<i>L. pennensis</i> mg. <i>Marginulinopsis</i>	7
125	Bonarellii	15	135	Toarcien supérieur	10	1	1	13	22	C	3	7	<i>Spectre d'orbigny</i>	3	<i>L. subalata</i> mg. <i>Lenticulina</i>	8
126	Speciosum	16	143	Toarcien supérieur	10	1	1	13	22		0			0		0
127	Meneghinii	17	167	Toarcien supérieur	10	1	1	13	22	C	3	7	<i>Spectre d'orbigny</i>	3	<i>L. subalata</i> mg. <i>Lenticulina</i>	8
128	/	0	170	Domérien supérieur	7	0	0	0	0	/	0	/		0		0
129	Gradata, sous zone a gemma	14	190	Toarcien moyen	9	4	4	0	0	/	0	/		0		0
130	Gradata, sous zone à alticarinata	14	197	Toarcien moyen	9	6	7	0	0	/	0	/		0		0
131	Bonarellii, sous zone à méditerranéum	15	211	Toarcien supérieur	10	1	1	0	0	/	0	/		0		0
132	Speciosum, sous zone à reynesi	16	216	Toarcien supérieur	10	4	5	0	0	/	0	/		0		0
133	Meneghinii	17	230	Toarcien supérieur	10	4	4	0	0	/	0	/		0		0
134	/	0	22	Domérien supérieur	7	0	0	0	0	/	0	/		0		0
135	/	0	26	Domérien supérieur	7	3	3	0	0	/	0	/		0		0
136	Polymorphum	11	53	Toarcien inférieur	8	1	2	0	0	/	0	/		0		0



ID	Nom de la zone	Cod zone	élev zone	Age	code âge	Nbr genre amm	Nbr espèc amm	Nbr ger fora	Nbr espè fora	Association de foram	Code asso	Assmb	Biozone de foraminifères	code biozo	Sous biozones de foraminifères	cod s/bio
137	Bifrons, sous zone sublevisoni	13	67	Toarcien moyen	9	1	2	0	0		0	/		0		0
138	Bifrons, sous zone bifrons	13	70	Toarcien moyen	9	1	1	0	0		0	/		0		0
139	Gradata, sous zone à gemma	14	88	Toarcien moyen	9	5	6	0	0		0	/		0		0
140	Gradata, sous zone à alticarinata	14	105	Toarcien moyen	9	1	1	0	0		0	/		0		0
19	Bonarellii	15	136	Toarcien supérieur	10	0	0	0	0		0			0		0

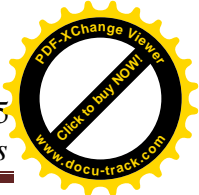
Tab.15- Table permettant d’inventoriés et de codifiés les zones, les biozones et sous biozones étudiés dans le secteur d’Aïn Ouarka.



La légende

	Toarcien supérieur (10)	Lias supérieur		Domérien inférieur (5)	Lias moyen
	Toarcien moyen (9)			Carixien (4)	
	Toarcien inférieur (8)			Sinemurien supérieur (3)	
	Domérien supérieur (7)	Lias moyen		Sinemurien inférieur (2)	Lias inférieur
	Domérien moyen (6)			Hettangien (1)	

Fig. 32- Répartition spatiale des étages dans la région d'Aïn Ouarka, traité sous SIG (Map_Info & Vertical Mapia).



Cette carte a été tracé automatiquement par le (Vertical Mapper ; Map_Info) et elle montre la répartition zonale spatiale théorique, la géométrie des zones d'ammonites rencontrées dans le secteur d'étude. Elle nous renseigne sur les coordonnées géographiques Lambert de ces sites qui peuvent fournir des meilleurs gisements pour les espèces d'ammonites caractéristiques de chaque zone dans la région d'Aïn Ouarka.

A partir de cette carte on peut voir schématiquement que :

- la zone à Planorbis de l'Hettangien n'affleure que sur le flanc Sud-occidental du Djebel Chemarikh.

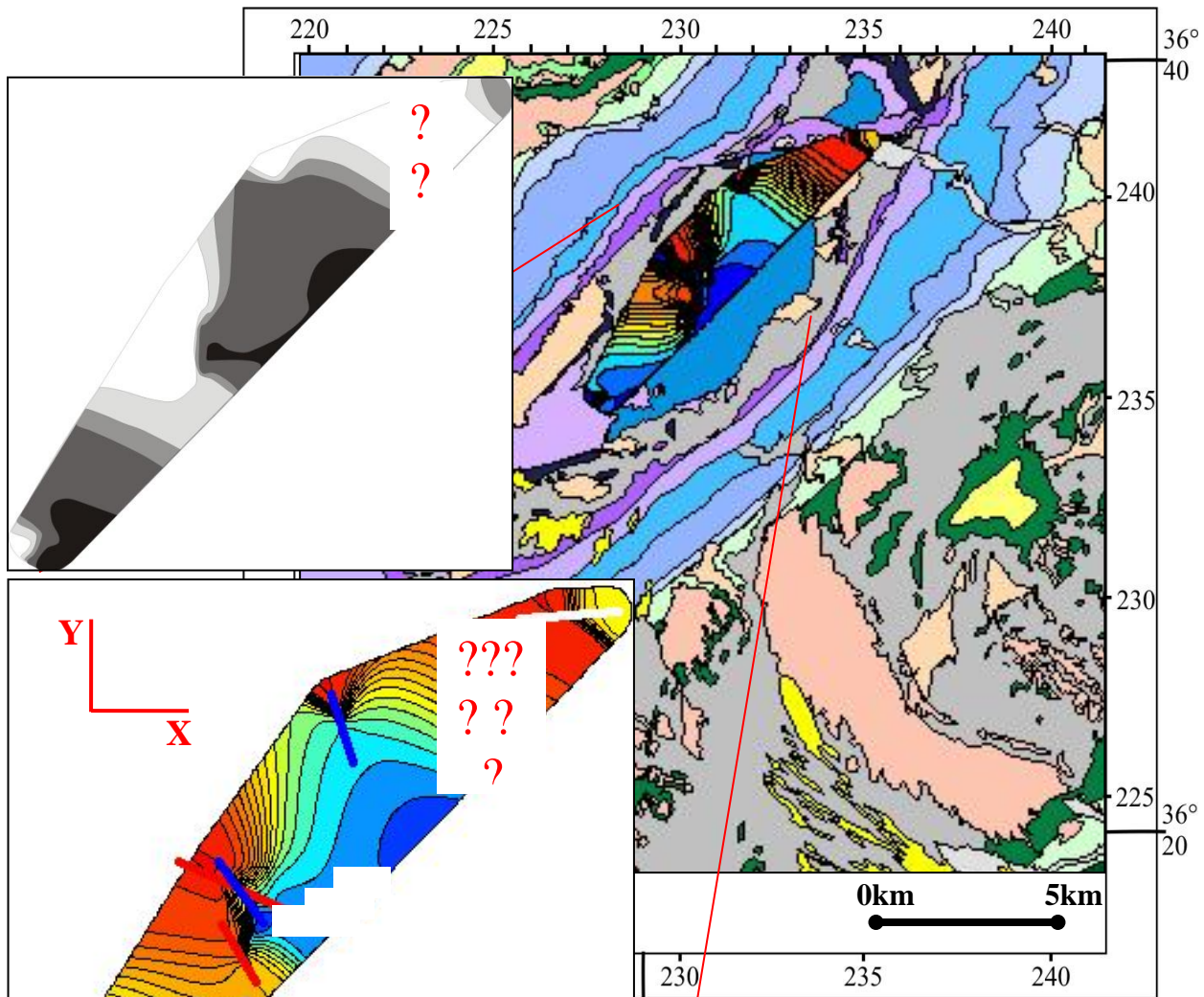
- Les zones qui caractérisent le Sinémurien (la zone à Semicostatum, à Obtusum, à Oxynotum, et à Raricostatum) sont plus répandues au Nord-Ouest du secteur d'étude.

- Le Carixien qui est représenté par les zones à Demonence et à Davoeï et le Domérien par les zones à Celebratum, à Algovianum et à Emaciatum, apparaissent avec des épaisseurs moins importantes presque dans tout le secteur.

- Les zones à Polymorphum, à Levisoni, à Bifrons, Gradata, à Bonarelli, à Speciosum et à Meneghinii, du Toarcien sont plus épaisses et caractérisent la partie Nord-Est du secteur d'étude.

Le même problème est signalé pour la carte zonale d'Aïn Ouarka. Le passage entre la partie occidentale (Djebel Chemarikh) et la partie orientale (Raknet El Kahla) n'est pas facile à faire sortir à partir de l'analyse thématique.

A partir de cette carte, on en déduit que les zones de l'Héttangien, Sinémurien et du Carixien sont bien représentées dans le Djebel Chemarikh. En revanche les zones du Domérien ainsi que celles du Toarcien sont bien développées dans la partie orientale (Raknet El Kahla) (Fig.32).



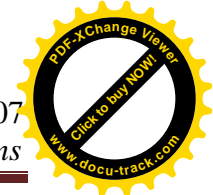
La légende

Zone d'ammonites

- Meneghinii
- Speciosum
- Bonarelli
- Gradata
- Bifrons
- Levisoni
- Polymorphum
- Emaciatum
- Algovianum
- Celebratum
- Davoei
- Demonence
- Raricostatum
- Oxynotum
- Obtusum
- Semicostatum
- Planorbis

Toarcien
Domérien
Carixien
Sinémurien
Hettangien

Fig.33- Carte zonale d'Aïn Ouarka.



D'une autre part l'analyse de la même table (les zones) par les codes proposés aux associations de foraminifères benthiques, nous a permis de tracer une carte thématique nommée la carte des associations de foraminifères d'Aïn Ouarka (Fig.34) et qui montre la distribution géographique des trois associations de foraminifères (l'association A, l'association B et l'association C) codées respectivement par les chiffres (1, 2 et 3) dans la table de données.

Les associations A et B qui sont présentes que sur le flanc septentrional du Djebel Chemarikh, dans la coupe ab/Ckh et CKHB ainsi que dans le secteur de Raknet El Kahla dans la coupe ab/RK de Sebane, 2007. Par manque de données micropaléontologiques dans les autres coupes (C, Chr, CKH a/b/c et CK/CK de L. Mekahli, 1998), ces associations n'ont pas été reconnues.

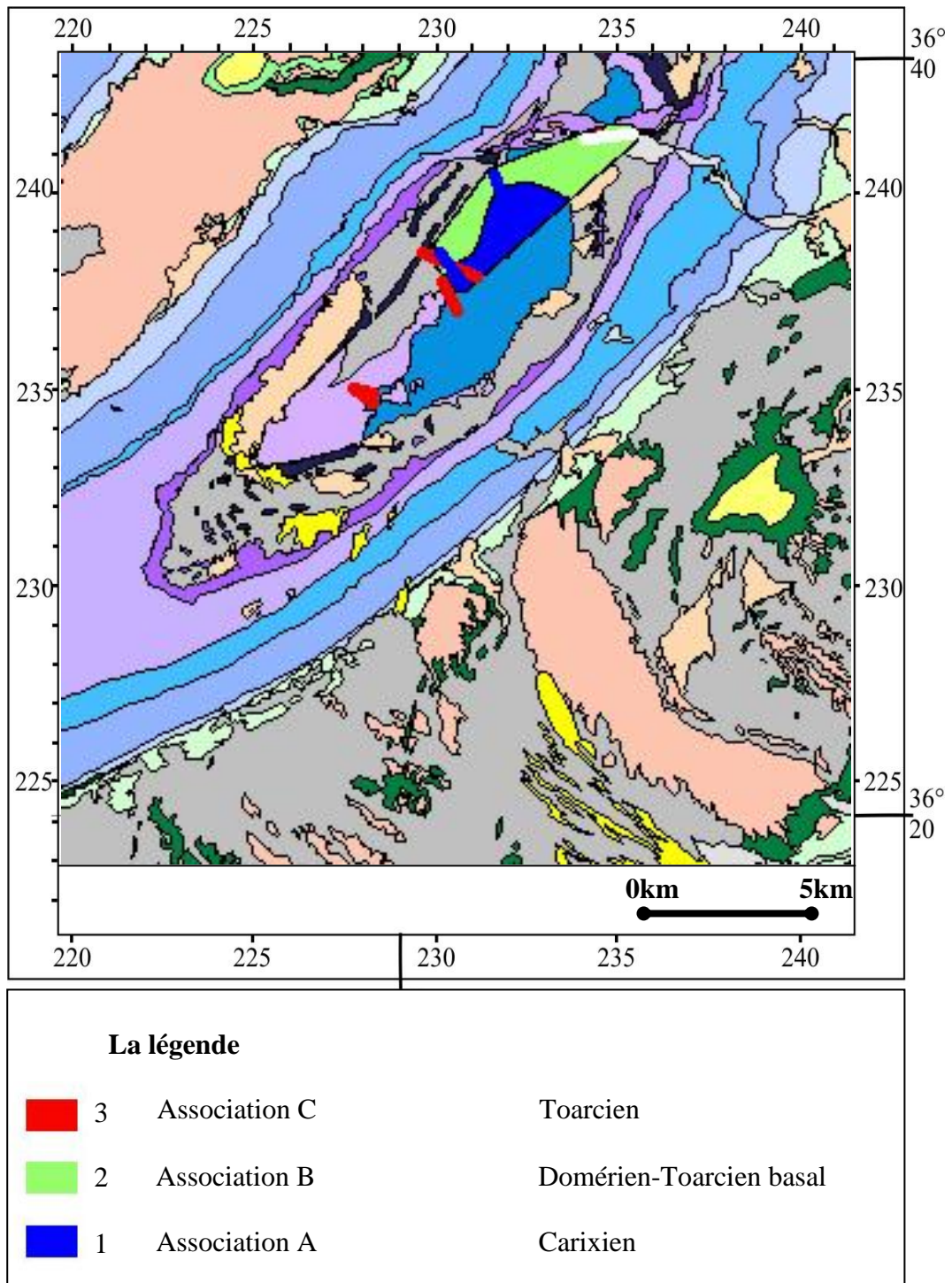
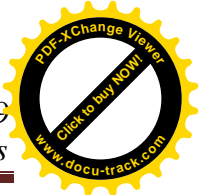


Fig.34- Carte des associations de foraminifères d'Aïn Ouarka.



L'utilisation du champ Assemblage de foraminifères dans la table (les zones) à partir d'une analyse thématique avait permis de dresser une carte pour la répartition théorique spatiale de six assemblages de foraminifères benthiques qui affleurent toujours au flanc Nord du Djebel Chemarikh et dans le secteur de Raknet El Kahla. Ce thème est enregistré sous le nom : carte des assemblages de foraminifères d'Aïn Ouarka (Fig.35).

Cette carte montre que :

- Le premier assemblage (B et C) du Domérien supérieur est presque répandu dans toute la partie Nord-Ouest du secteur d'étude

- Les assemblages du Toarcien inférieur (assemblages D, E et F) et du Toarcien moyen (assemblage G), affleurent aussi dans toute la partie étudiée, mais avec une augmentation d'épaisseur dans le flanc Nord-ouest du Djebel Chemarikh.

- L'assemblage du Toarcien supérieur (assemblage H) est spécifique à la région de Raknet El Kahla.

Du point de vue milieu, on peut noter à partir de l'analyse de la même carte que ;

- pendant le Domérien supérieur, s'installe un milieu de plate-forme distale à salinité normale et à bonne oxygénation, dans la partie nord-occidentale du secteur d'étude (Raknet El Kahla et le flanc Nord-Ouest du Djebel Chemarikh) en raison de la prédominance des assemblages (B et C).

- le Toarcien basal est caractérisé par un milieu relativement profond en voie d'isolement. Cet état de fait est attesté par la présence de l'assemblage D dans le flanc Nord-Ouest du Djebel Chemarikh.

- Ce milieu devient complètement isolé, profond et pauvre en oxygène dans la même région vers la fin du Toarcien inférieur (passage de la zone à Polymorphum à la zone à Levisoni). La présence de ces conditions contraignantes voire létales permet le développement de l'assemblage E.

- Pendant le Toarcien moyen (assemblage G) et le Toarcien supérieur (assemblage H), s'installe un milieu relativement profond et bien oxygéné presque dans tout le secteur d'étude.

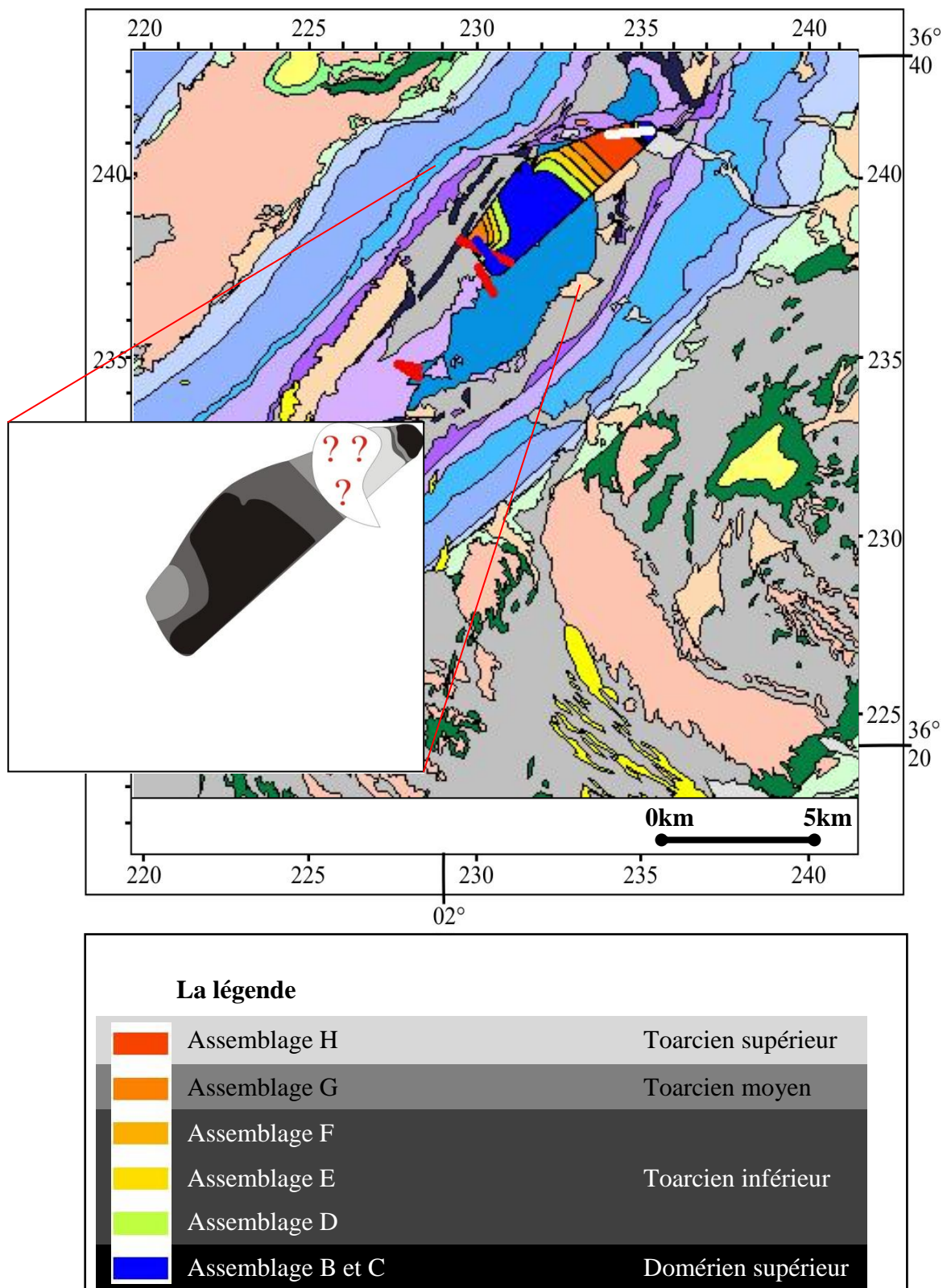
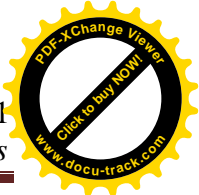


Fig.35- Carte des assemblages des foraminifères d'Aïn Ouarka.



De la même manière on a réalisé une carte des biozones (carte des biozones d'Aïn Ouarka, fig.36) pour la table (les zones), avec l'utilisation du champ code biozone, qui permet de désigner et de tracer la géométrie ainsi que les limites des trois biozones :

- 1) la biozone à *Marginulina gr.prima* + *Lingulina gr. tenera*,
- 2) la biozone à *Spectre chicheryi*,
- 3) la biozone à *Spectre d'orbigny*.

Ces biozones peuvent être subdivisées en huit sous biozones, dont les 05 premières sous biozones (la sous biozone à *Involituna liassica*, la sous biozone à *Marginulina gr. prima* + *Lingulina gr. tenera* + *Ichtyolaria* + *Bolivina liassica*, la sous biozone à *Bolivina liassica*, la sous biozone à *Lenticulina sublaevis* mg. *Saracenaria* + *Lenticulina insignis* mg. *Falsopalmula* et la sous biozone à *Lenticulina toarcense* mg. *Lenticulina*) appartiennent à la biozone à *Marginulina gr. Prima* + *Lingulina gr. Tenera*.

La sous biozone à *Ichtyolaria hauffi* + *Lenticulina pennensis* mg. *Marginulinopsis*, caractérise la biozone du *Spectre chicheryi*. Alors que les sous biozones à *Lenticulina subalata* mg. *Lenticulina* et à *Lenticulina tenuistriata* mg. *Falsopalmula* caractérisent la biozone à *Spectre d'orbigny*.

Ces sous biozones sont traitées et analysées par l'utilisation des données stockées au champ : code sous biozone, de la table (les zones). Leur traitement permet de réaliser une carte (carte sous-biozonale d'Aïn Ouarka, Fig.28) plus détaillée pour la partie septentrionale du Djebel Chemarikh et Raknet El Kahla.

La carte obtenue montre une distribution normale des biozones et des sous-biozones dans la région d'Aïn Ouarka. La biozone à *Marginulina gr. prima* + *Lingulina gr. Tenera* est présente sur le flanc nord du Djebel Chemarikh et dans Raknet El Kahla et Elle est surmontée par les deux autres biozones représentées respectivement par le spectre *Chicheryi* et par le spectre *d'Orbigny*.

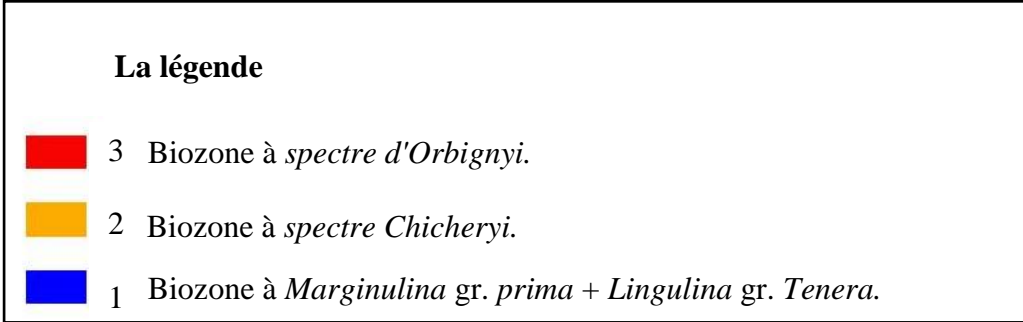
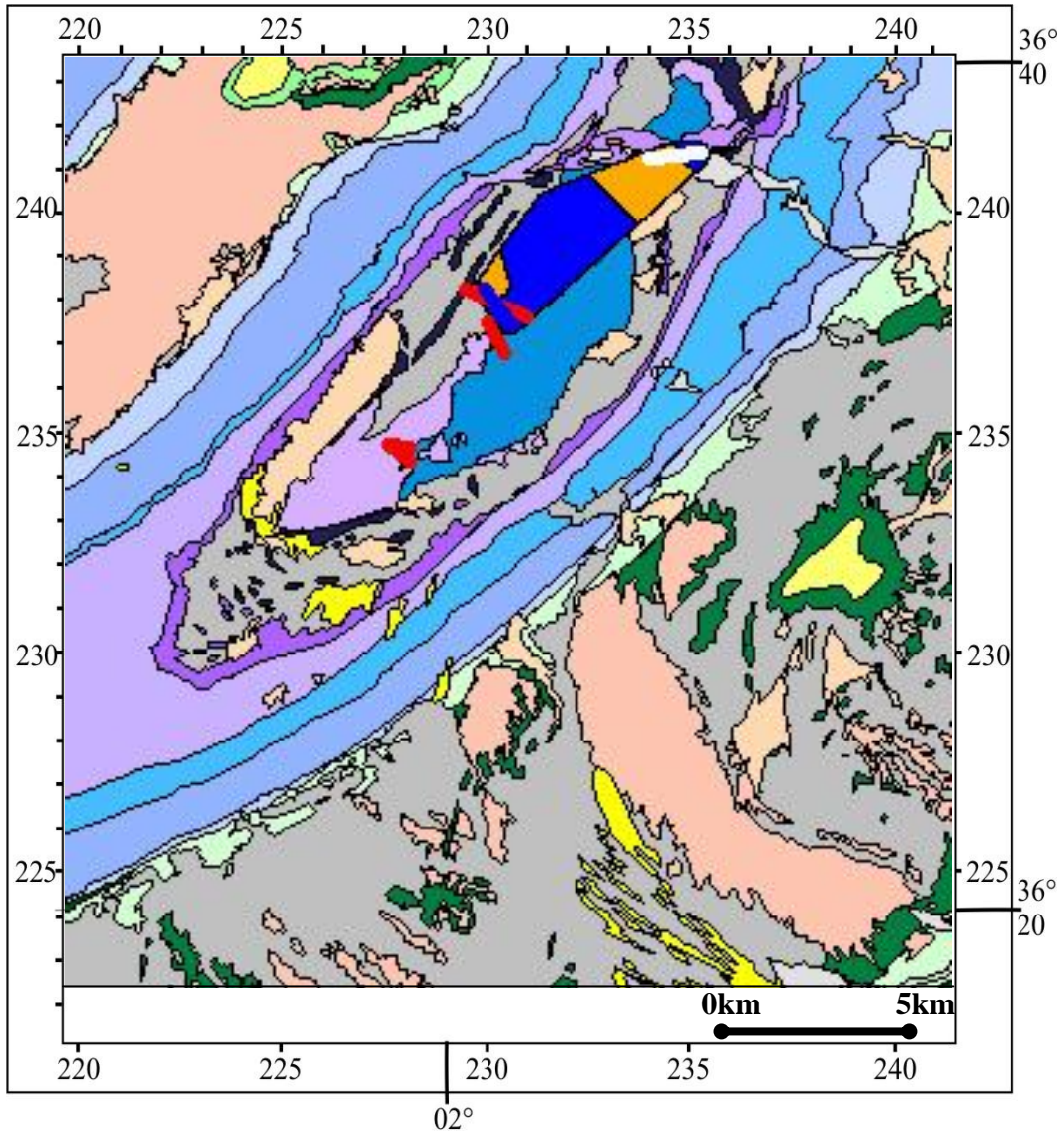


Fig.36- Carte des biozones dans le secteur d'Ain Ouarka.

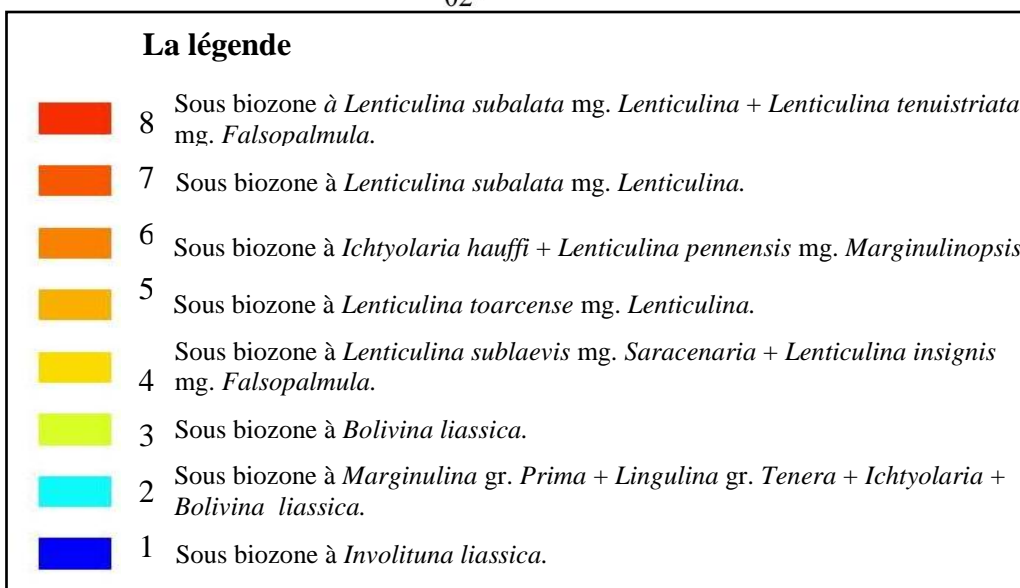
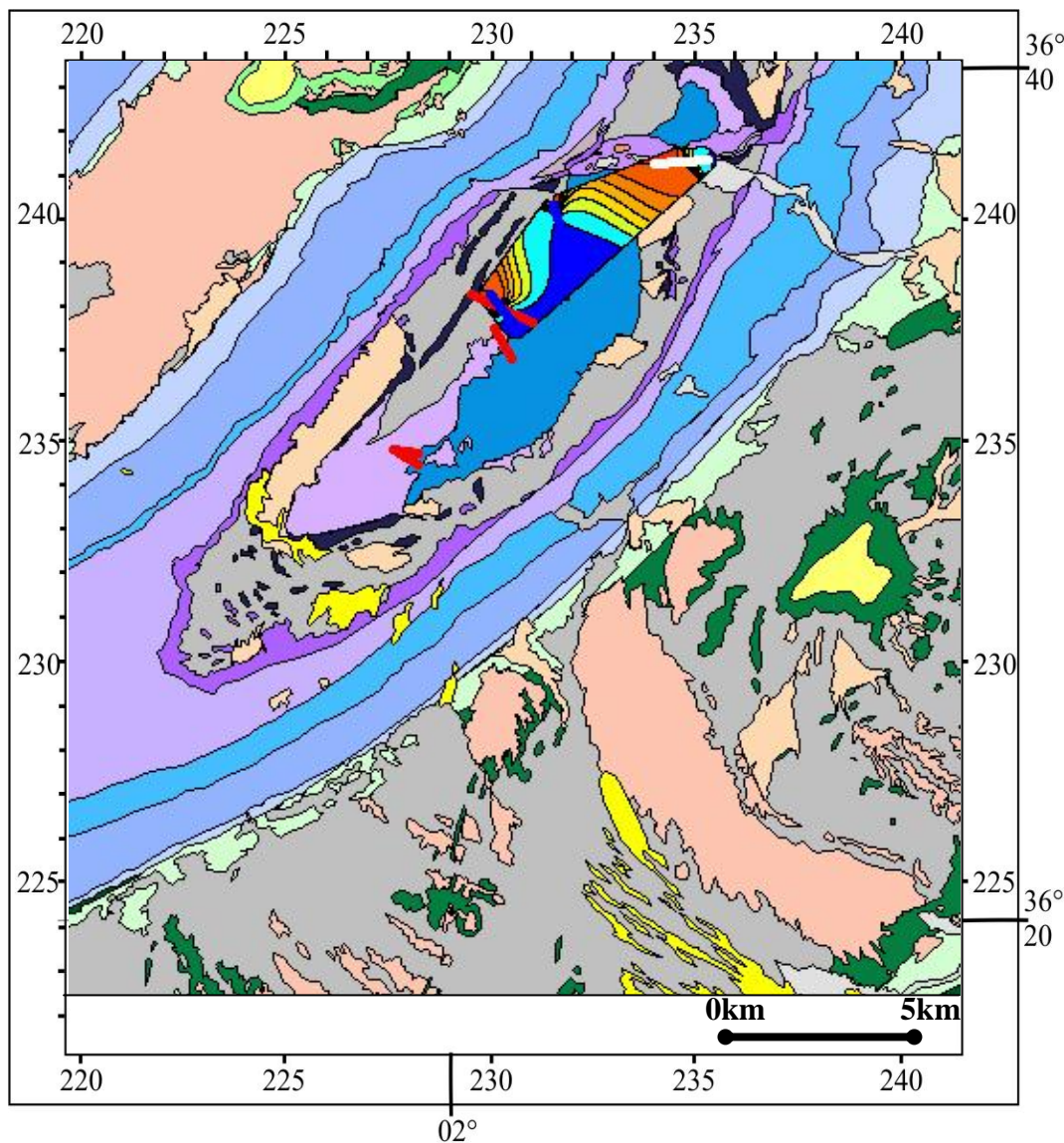
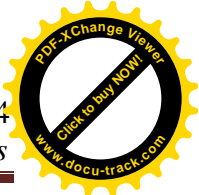


Fig.37- Carte des sous-biozones dans le secteur d'Aïn Ouarka.



Conclusion

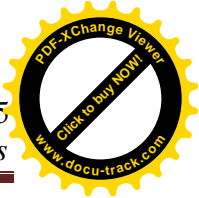
Le traitement des données paléontologiques du Djebel Chemarikh et du Raknet El Kahla sous (S.I.G), nous a permis de proposer une unité de stockage pour une gamme considérable de données paléontologique et de crée des cartes paléontologiques ; une carte pour les âges, carte de zonation des ammonites, carte de biozonation, une carte des assemblages et une autre des associations de foraminifères benthiques.

Une carte paléontologique (fig.38) très riche de données a été réalisée par le couplage de ces dernières cartes.


















A partir de cette carte on note que l'association A de foraminifères du Carixien, affleure au sud du flanc septentrional du Djebel Chemarikh. Plus au Nord s'installe l'association B du Domérien-Toarcien basal, qui est rependue dans toute la région de Raknet El Kahla. La troisième association C du Toarcien, n'affleure qu'au nord de la carte.

Pour les assemblages microfauniques ; l'assemblage 1 est le plus rependue dans les coupes (ab/CKH, CKHB et ab/RK) étudiée par Sebane, 2007, suivi par les autres assemblages, qui sont bien distincts au flanc septentrional du Djebel Chemarikh et dans la Raknet El Kahla.

En ce qui concerne les biozones et les sous biozones, la biozone à *Marginulina* gr. *Prima* + *Lingulina* gr. *Tenera* avec les sous biozones à *Involituna liassica*, à *Marginulina* gr. *Prima* + *Lingulina* gr. *Tenera* + *Ichtyolaria* + *Bolivina liassica*, à *Bolivina liassica*, à *Lenticulina sublaevis* mg. *Saracenaria* + *Lenticulina insignis* mg. *Falsopalmula* et à *Lenticulina toarcense* mg. *lenticulina* et la biozone à *Spectre chicheryi* représenté par la sous biozone à *Ichtyolaria hauffi* + *Lenticulina pennensis* mg. *Marginulinopsis* sont les zones majoritaires dans les coupes étudiées et donc dans tout le secteur. Alors que la biozone de *Spectre d'orbigny* (les deux sous biozones à *Lenticulina subalata* mg. *Lenticulina* et à *Lenticulina tenuistriata* mg. *Falsopalmula*) est généralement est bien établie dans ce secteur.



La légende pour la carte paléontologique d'Aïn Ouarka

<u>Zone d'ammonites</u>	<u>Les associations de foraminifères</u>	<u>Les associations de foraminifères</u>
 Meneghinii	A-Association C Toarcien	8- la sous-biozone à <i>Lenticulina subalata</i> mg. <i>Lenticulina</i> et <i>Lenticulina tenuistriata</i> mg. <i>Falsopalmula</i>
 Speciosum	B-Association B Domérien-Toarcien basal	7- la sous-biozone à <i>Lenticulina subalata</i> mg. <i>Lenticulina</i>
 Bonarelli	C-Association A Toarcien	6- la sous-biozone à <i>Ichtyolaria hauffi</i> et <i>Lenticulina pennensis</i> mg. <i>Marginulinopsis</i>
 Gradata		5- la sous-biozone à <i>Lenticulina toarcense</i> mg. <i>Lenticulina</i>
 Bifrons		4- la sous-biozone à <i>Lenticulina sublaevis</i> mg. <i>Saracenaria</i> + <i>Lenticulina insignis</i> mg. <i>Falsopalmula</i>
 Levisoni	<u>Les assemblages de foraminifères</u>	3- la sous-biozone à <i>Bolivina liassica</i>
 Polymorphum	6'- l'assemblage (H), Toarcien supérieur	2- la sous-biozone à <i>Marginulina</i> gr. <i>Prima</i> + <i>Lingulina</i> gr. <i>Tenera</i> + <i>Ichtyolaria</i> + <i>Bolivina liassica</i>
 Emaciatum	5'- l'assemblage (G), Toarcien moyen	1- la sous-biozone à <i>Involituna liassica</i>
 Algovianum	4'- l'assemblage (F), Toarcien inférieur	
 Celebratum	3'- l'assemblage (E), Toarcien inférieur	
 Davoeï	2'- l'assemblage (D), Toarcien inférieur	
 Demonence	1'- l'assemblage (B et C), Domérien supérieur	
 Raricostatum	<u>Les biozones de foraminifères</u>	
 Oxynotum	3- la biozone à spectre d' <i>Orbigny</i>	
 Obtusum	2- la biozone à spectre <i>chichery</i>	
 Semicostatum	1- la biozone à <i>Marginulina</i> gr. <i>Prima</i> et <i>Lingulina</i> gr. <i>Tenera</i>	
 Planorbis		

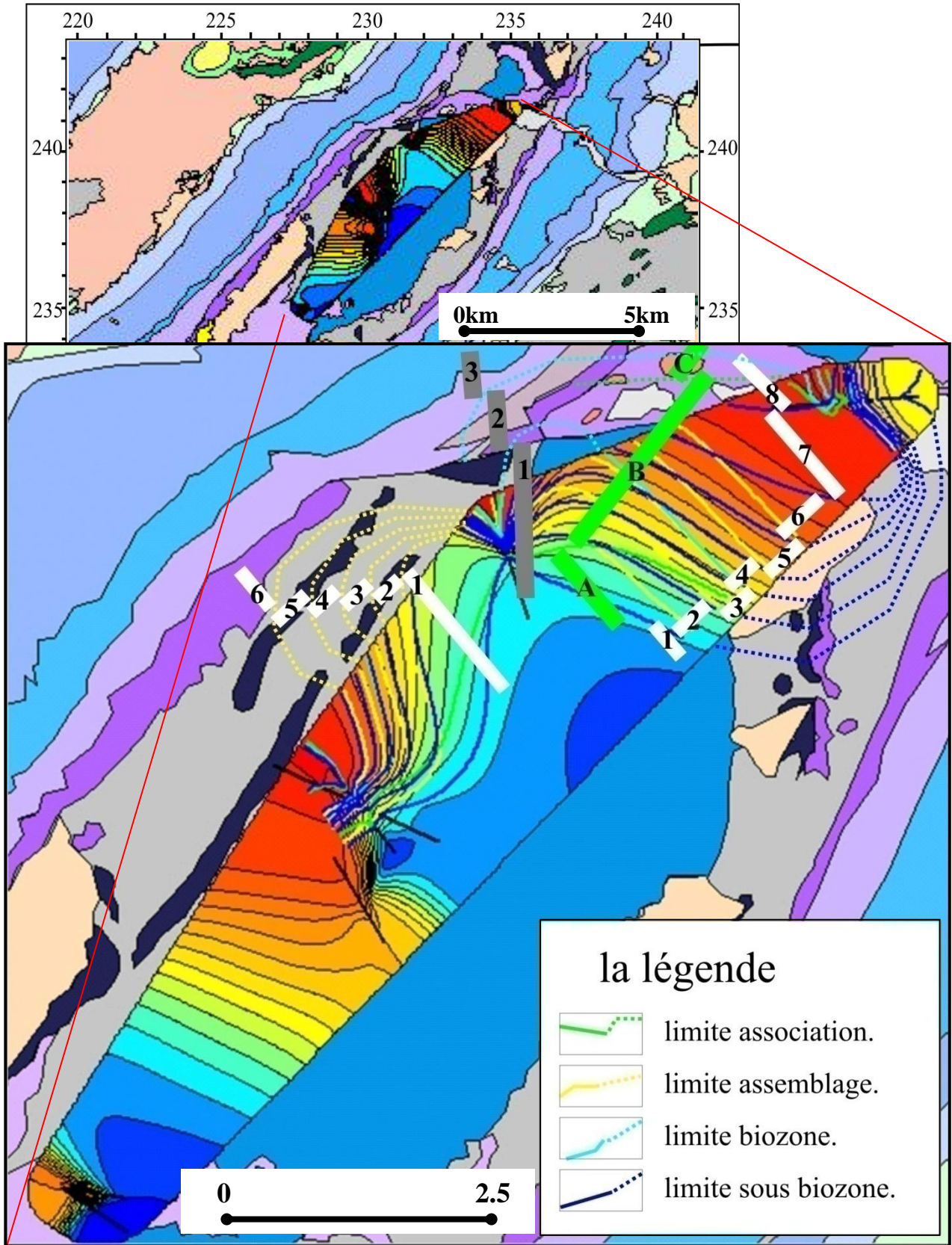
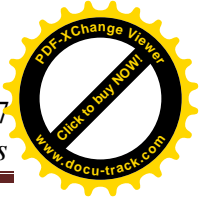


Fig.38- Carte paléontologique d'Aïn Ouarka.



IV- Conclusion

L'étude réalisée, sur les coupes levées dans le Djebel Chemarikh et dans le secteur de Raknet El Kahla, complétée par une consultation bibliographique détaillée et la collecte des données géologiques ; lithologiques et paléontologiques ,à l'aide des logiciels (S.I.G) nous a permis de proposer une unité de stockage pour une gamme considérable de données. L'accès à ces données stockées devient rapide aux utilisateurs et permet la vision d'ensemble des travaux antérieurs réalisés dans cette région, notamment ceux réalisés par Mekahli (1998) et Sebane (2007) et par le service des cartes géologiques et topographiques (Institut Géographique Nationale de Paris, 1957).

Une carte de synthèse englobe le maximum de données qui sont stockées, archivées, sauvegardées et deviennent disponibles et utilisables par les personnes travaillant sur les Monts des Ksour, notamment le secteur d'Aïn Ouarka (les géologues au sens large et spécialement les paléontologues), soit pour la recherche scientifique, soit en domaine appliqué.

Ces données sont très différentes :

-Sur le plan cartographique ;

Une carte géologique numérique d'Aïn Ouarka.

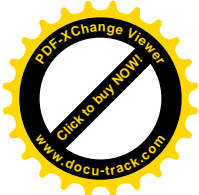
-Sur le plan topographique ;

Une carte topographique et un model numérique de terrain 2D et 1/2 ont été créés pour le secteur d'Aïn Ouarka.

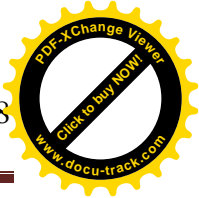
-Dans le domaine sédimentologique et paléontologique ;

Des cartes synthétiques pour les formations et les membres Liasique du Djebel Chemarikh et de la Raknet El Kahla, avec un essai de modélisation 3D.

La réalisation d'une carte synthétique lithologique et paléontologique de la région étudiée.



Conclusion générale



CONCLUSION GENERALE

Le système d'information géographique (S.I.G) représente un apport important dans la gestion des données. Les attributs thématiques sont souvent entrés au clavier dans des logiciels de SGBD ou de tableur. Les données cartographiques peuvent être saisies avec des systèmes basés sur la localisation manuelle effectuée par un opérateur qui positionne un appareil branché à l'ordinateur sur le document cartographique (par exemple avec un numériseur); sur l'extraction automatique de données spatiales à partir de cartes et de photographies (par exemple avec un scanneur); enfin, sur la conversion directe à partir d'autres sources numériques (par exemple fichiers ou GPS). Les méthodes de collecte doivent être choisies en fonction de la nature du document source, des besoins indiqués par les objectifs du SIG, des coûts de production (en temps et prix), des délais de production admissibles et des contraintes technologiques reliées à la production (par exemple taille des fichiers intermédiaires qui doivent être traités).

Le cas du Djebel Chemarikh et la région de Raknet El Kahla a permis de définir un modèle de traitement pour l'étude des données géologiques et paléontologiques (Fig.17). Ce modèle se base sur la consultation d'une série d'informations issue de la carte géologique 100.000eme d'Ain Ouarka, de la carte topographique 100.000eme d'Ain Ouarka et les travaux antérieurs; sédimentologiques, paléontologique et structural, notamment celle de Mekahli, 1998 et Sebane, 2007.

Les données sont compilées, traitées selon les besoins de notre travail dans un stade modèle conceptuelle des données (MCD) et sont stockées dans une base de données exploitable, quelque fois en utilise des variables numériques pour désigner et codé des variables alphabétiques; dans un stade modèle logique des données (MLD), pour enfin faciliter la gestion, l'analyse et les applications au niveau du modèle physique des données (MPD). Un modèle numérique de terrain (MNT) et une carte géologique numérique ont été achevés pour le secteur d'étude (après l'analyse des données topographique, et géologique ainsi que les données de l'actuel).

Des cartes des formations, des membres, texturale et faciologique ont été réalisées à partir de l'exploitation; l'analyse et le traitement des données lithologiques. Ces cartes permettent de bien désigner l'allure générale et la géométrie spatiale théorique des formations, des membres et des facies dans la région du Djebel Chemarikh et Raknet El Kahla.



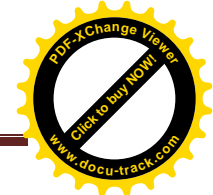
Conclusion générale

Du point de vue paléontologique, des cartes thématiques ont été mise en évidence (une carte des étages, une carte de zonation des ammonites, une carte pour les associations des foraminifères, une carte pour les assemblages et des autres cartes pour les biozones et les sous bizonnes de foraminifères). Ces cartes permettent aussi de voir la répartition géographique et spatiale de ces derniers. Tous ces résultats sont couplés et superposés sur la carte numérique d'Ain Ouarka et sont groupés dans un même document qui forme le document de base du secteur d'étude ; Djebel Chemarikh et Raknet El Kahla.

Les perspectives de ce travail seront complétées par des processus de traitement d'images en télédétection, afin de balayer le terrain et de croiser des données spatiales. Une cartographie de synthèse s'en dégage pour des études environnementales liées à la biostratigraphie. Les outils de traitement en temps réels tel le GPS et la télédétection permettent des opérations d'analyse et de mise à jour lors des investigations géologiques du terrain.

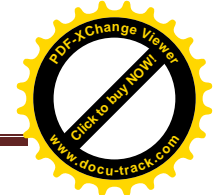


Références bibliographiques



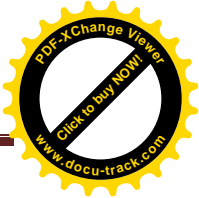
Références bibliographiques

- AÏT OUALI R. 1991- Le rifting des Monts des Ksour au Lias. Organisation du bassin, diagenèse des assises carbonatées, place dans les ouvertures mésozoïque au Maghreb, *thèse doctorat d'Etat* Alger, 298 p., 147 fig., 16 tab., 6 pl.
- AÏT OUALI R & DELFAUD J. 1995- Les modalités d'ouvertures du bassin du Ksour au Lias dans le cadre du « rifting jurassique » au Maghreb. *C.R. Acad. Sc., Paris*, 320, Iia : 773-778, 4 fig.
- BASSOULLET J.P. 1973 – Contribution à l'étude stratigraphique du Mésozoïque de l'Atlas Saharien occidental (Algerie). *Thèse sci. Nat. Univ. Paris VI*, 497p., 50 fig., 32 pl.
- BELKACEMI A., MEZIANI H., AOUF A. 2003- Base de données management des informations. Ed. Univ. Oran. Polycope. 2ème année informatique.
- BRACENE R., PATRIAT M., ELLOUZ N & GAULIER J.M. 2003- Subsidence history in basins of northern Algeria. *Science direct., Sedimentary Geology.*, 156 (2003), p. 213-239.
- BENDOUDOU M.M & HAMMADI M.A. 2007- Cartographie numérique au 1/50.000 de la feuille du Djebel Boulerhfad (Aïn Ouarka- Atlas saharien occidental). *Mém. Ingé., univ Oran*. 99 p., 41 fig.
- CATHERINE S. 2004 <http://www.ifremer.fr/drogm/Cartographie/Cartographie-marine/Techniques-carto/SIG>.
- Centre canadien de télédétection. Notions fondamentales de télédétection. *Cours tutoriel du Centre canadien de télédétection*. Canada., 266 p.
- COMBE J. 1990- Gestion d'un espace industriel" revue XYZ n°45 –1990.
- DELFAUD J. 1986- Organisation scalaire des événements sédimentaires majeurs autour de la Mézogée durant le Jurassique et le Crétacé. Conséquence sur les associations biologiques. *Bull. Centres. Rech. Explor. –Prod. Elf –Aquitaine*, 10, 2, p. 509-535, 13 fig., 4 tab.
- DIMOS N.P and DONNAY J.P « la conception des SIG » ; methodes et formalisme, edition Hermes-Paris 1996 - chapitre 1 pp51-81.
- DIMOS N.P and DONNAY J.P « la conception des SIG » ; methodes et formalisme, edition Hermes-Paris 1996 - chapitre 3 pp105-161.



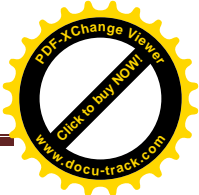
Références bibliographiques

- DOUIHASNI M. 1976- Etude géologique de la région d'Aïn Ouarka-Boussemgoun (partie oriental des Ksour). Analyse structurale. *Thèse 3eme cycle, univ., Oran*, 272 p., 52 fig., pl.
- ELMI S. 1978- Polarité tectono-sédimentaires pendant l'effritement des marges septentrionales du bâti africain au cours du Mésozoïque (Maghreb). *Ann. Soc. Géol. Nord, Lille*, t. XCVII, p. 315-323.
- ELMI S. 1980- Comparaison entre l'évolution Jurassique de l'Apennin et de la marge nord-africaine. *Mem. Soc. Geol. Italie* n°21, p 33-40, 1 fig.
- ELMI S. 1984- Jurassic paleogeography of North Africa and its implications. *Intern. Symposium on Jurassic stratigraphy. Geol. Surv. Denmark. Copenhagen*, vol. III, p. 629-639, 2 fig.
- ELMI S. 1984- Corrélation biostratigraphiques et mégaséquentielles dans le Jurassique inférieur et moyen d'Oranie. Comparaison avec les régions voisines. *Ve conf. Sci. Int. Marrakech, P.I.C.G.* 183.
- ELMI S. 1989- Biostratigraphie du Toarcien au tour de la Téthys occidentale: les problèmes de corrélation. *Réun. Téthys, Soc. Géol, France, Paris*.
- ELMI S. 1990- Réflexion sur les interactions entre l'évolution et l'adaptation des ammonoïdes et la dynamique des aires sédimentaires. *Cahiers Univ. Catho. Lyon, série Sci.*, 4: 153-159.
- ELMI S. 1996- Stratigraphic correlations of the main Jurassic events in the Western Mediterranean Tethys (Western Algeria and Eastern Maroc). *Géoresearch forum vols. 1-2, Switzerland*, pp. 343-358, 8 fig.
- ELMI S., ALMERAS Y., AMEUR M., BASSOULLET J.P., BOUTEKHIOUT M., BENHAMOU M., MAROK A., MEKAHLI L., MEKKAOUI A & MOUTERDE R. 1998- Stratigraphic and paleogeographic survey of Lower and Middle Jurassic along a north-south transect in western Algeria. *In: S. CRASQUIN-SOLLEAU & E. BARRIER (Eds), Peri-tethys Memoire 4: Epicratonic basins of peri-Tethyan platforms.- Mém. Mus. nat., Paris*, vol. 179, pp 145-211.
- FLAMAND G.B.M. 1911- Recherches géologiques et géographiques sur le Haute Pays de l'Oranie et sur le Sahara (Algérie et territoires du Sud). *Thèse Science, Lyon*, n°47, Rey édit., 1001 p., 157 fig., 22 cartes., 16 pl.
- FRIZON DE LA MOTTE D., SAINT BEZAR B., BRACENE R & MERCIER E. 2000- The two main steps of the Atlas building and geodynamics of the west Mediterranean. *Tectonics* 19 (4), 740-761.



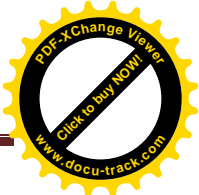
Références bibliographiques

- GARDARIN G & Valduriez P. 1990- SGBD avancés : bases de données objets, déductives, réparties", Eyrolles, 1990.
- GALMIER D. 1970- Photogéologie de la région d'Aïn Sefra (Algerie), *Thèse Doct. Etat. Fac. Scie.*, Paris, 320 p., 9 cartes., Ht. Ronéot.
- GALMIER D. 1970- Photogéologie de la région d'Aïn Sefra (Algerie). *Pub. Servi. Géol. Algerie*
- HADJ AMARA S. 2008- Spatiocartographie et modélisation SIG. Application : région des monts d'Arzew, *Mém Ing., Univ. Oran.*, 75p., 32 fig., 6 Ann.
- H MANSOUR, A ISSAÂDI, M STAMBOUL et I ZEROUAL. 2008- Apport des systèmes d'information à l'établissement d'une cartographie hydrogéologique régionale (Monts des Ksour, Atlas Saharien occidental, Algérie). *Bulletin du Service Géologique National, Vol. 19, n°1, pp. 71 - 85, 7 fig., 2 pl.*
- HERMES 1990- Sidibé Aboubacar Modibo 2004, "Etude de la vulnérabilité de la nappe de Bamako à l'aide d'un SIG". *Mém. Ing.*, Département géologie Univ. Oran, 2004.
- Institut Atlantique d'Aménagement des Territoires. 2003- Cahier méthodologique sur la mise en œuvre d'un SIG. 34 p.
- KAZI-TANI N. 1986- Evolution géodynamique de la bordure nord-africaine : le domaine intraplaque nord-algerien. Approche mégaséquentielle. *Thèse ès-science, univ. Pau*, 2 tomes, 871 p., 347 fig.
- LAURINI R & MILLERET-RAFFORT F. 1993- Les bases de données en géomatique". Edition HERMES 1993, France.
- MEDDAH A. 1998- Etude géologique des appareils diapiriques de l'Atlas saharien occidental (Monts des Ksour). Essais de synthèse sur les diapires atlasiques. *Mém. Magis. USTHB. Alger*. 174 p., 52 fig. (inédit).
- MEKAHLI L. 1998- Evolution des Monts des Ksour (Algerie) de l'Hettangien-Bajocien inférieur. Biostratigraphie, sédimentologie, paléogéographie, et stratigraphie séquentielle. *Documents des laboratoires de géologie de lyon*, 147 :319 p., 67 fig., 49 pl.
- MESBAH C. 1999- Amélioration de l'analyse géologique par génération d'images optimisées issues des données satellitales et géomorphologiques. Cas des régions d'Aïn Sefra (Structure de l'Anticlinale du Djebel Boulerhfad) et des Monts de Béchar. *Mém. Magis. Cent. Nati. Tech. Spat (CNTS). Arzew*. 188 p., 139 fig. (inédit).
- MOTET S. 1992- Systèmes d'information géographique", CNTS-Arzew, 1992.



Références bibliographiques

- MURAT V. *et al.*, 2003- Vulnérabilité à la nappes des aquifères fracturés du sud-ouest du Québec: Evaluation par les méthodes DRASTIC et GOD". Commission géologique du Canada 2003.
- NEDJARI M N. 2000- Etude conceptuelle d'une base de données sur les systèmes spatiaux. Implantation sous Access. Mém. Ing. D'Etat en Sciences Géodésiques et Travaux Topographiques, CNTS Arzew.
- RITTER E. 1902- Le Djebel Amour et les Monts des Oulad Naïl. *Bull. serv. Carte Géol. Algérie*, 2^osérie n°3, 100 p., 4 pl. h.t.
- SADIKI A. BOUHLASSA S. AUAJJAR J. FALEH A & MACAIRE J.J. 2004- Utilisation d'un SIG pour l'évaluation et la cartographie des risques d'érosion par l'Equation universelle des pertes en sol dans le Rif oriental (Maroc) : cas du bassin versant de l'oued Boussouab., *Bul.Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Terre, 2004, n°26, p. 69-79.
- SEBANE A. 2007- Les foraminifères du Jurassique des Monts des Ksour. Etude biostratigraphique et paléontologique. *Thèse Doctorat, ès-science, univ. Oran*, 212 p., 45 fig. 25 pl.
- SEBANE A., MAROK A. & ELMIS S. 2007- Evolution des peuplements de foraminifères pendant la crise toarciennne à l'exemple des données des Monts des Ksour (Atlas saharien occidental, Algérie). *C.R Palevol.*, vol.6, n°3, p. 189-196.
- SEBANE A., MEKAHLI L., BENHAMOU M & TCHENAR S. 2002- Influence des événements tectono-sédimentaires sur l'évolution des foraminifères du Lias-Dogger dans la région d'Aïn Ouarka (Atlas saharien, Algérie). *Strati*, 2002., 3eme congrès français de stratigraphie, Lyon, *Docum. Labo. Géol. Lyon*, n° 156, p. 210-211.
- TLLILI M. 1995- Le phénomène récifal du Bajocien de la bordure méridionale de l'Atlas saharien occidental (secteur d'Aïn Ouarka). *Thèse de magistère, univ. Oran, Algerie*, 154 p., 48 fig., 9 pl.
- YELLES-CHAOUCHE A.K., AÏT OUALI R., BRACENE R., DERDER M.E.M & DJELIT H. 2001- Chronologie de l'ouverture du bassin des Ksours (Atlas saharien, Algérie) au début du Mésozoïque. *Bull. Soc. Géol. France*.172 n°3, pp. 285-294, 5 fig.
- ZAOUI M. N., KHIATI A. 2006- Utilisation des SIG en exploitation minière (exemple de la carrière Roussel dans la région de Hammam Boughrara, NW algérien.). Mém. Ing. D'Etat. Univ. Oran, 101p.



Références bibliographiques

Gardarin G et Valduriez P, "SGBD avancés : bases de données objets, éductives, réparties", Eyrolles, 1990.

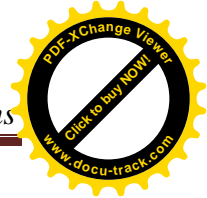
**TABLE DES ILLUSTRATIONS****FIGURES**

Fig.1- Les grands traits structuraux de l'Afrique du Nord (d'après Elmi, 1978).....	03
Fig.2- Carte géologique d'Aïn Ouarka (d'après Mekahli, 1998).....	06
Fig.3- Paléogéographie de l'Afrique du Nord au cours du Lias inférieur-Dogger inférieur (D'après Elmi, 1996).....	08
Fig.4- Les principaux événements tectoniques et structuraux de l'Atlas Saharien (Bracene et <i>al.</i> , 2003).....	11
Fig.5- Cadre biostratigraphique adopté pour les Monts des Ksour (Sebane, 2007).....	13
Fig.6- Répartition biostratigraphique et biozonation des principales espèces de foraminifères dans les Monts de Ksour (Sebane, 2007).....	14
Fig.7- Les principales formations des coupes étudiées (d'après Mekahli, 1998 et Sebane, 2007).....	20
Fig.8- Fig.8- Zones et sous-zones des coupes étudiées (Djebel Chemarikh et Raknet El Kahla (d'après Mekahli, 1998 et Sebane, 2007).....	28
Fig.9- Organigramme montrant les différentes fonctionnalités d'un SIG.....	31
Fig.10- présentation du mode raster (1) et le mode vecteur (2).....	32
Fig.11- Présentation d'une structure 2D ½ (1) et une modélisation 3D (2).....	36
Fig.12- Les différents niveaux de représentation d'une Base de Données (BD).....	38
Fig.13- La grille de Jean COMBE, 1990.....	46
Fig.14- Diagramme illustrant le transfert du modèle.....	50
Fig.15- Démarche globale du processus d'exploitation des données relatives d'un bassin sédimentaire.....	51
Fig.16- Modèle de traitement des données géographiques.....	53
Fig.17- Le modèle proposé pour l'étude paléontologique du secteur du Djebel Chemarikh et Raknet El Kahla.....	55
Fig.18- Thème topographique.....	62
Fig.19- Thème géologique	65
Fig.20- Carte géologique d'Aïn Ouarka.....	66

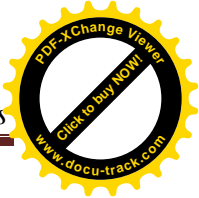


Fig.21- Les étapes de création d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT)..... 67

Fig.22- Modèle Numérique de Terrain (MNT) 2D et ½ du secteur d'étude..... 68

Fig.23- Modélisation et sectorisation des données lithologiques (coupes & formations) sous SIG..... 74

Fig.24- Modélisation des données lithologiques du secteur d'étude sous SIG..... 76

Fig.25- Présentation spatiale et géographique des membres et termes des coupes étudiées..... 82

Fig.26- Répartition spatiale des membres des coupes étudiées, traité sous SIG (Map_Info & Vertical Mapper)..... 83

Fig.27- Bloc diagramme en 3D montrant la structure des membres dans le secteur d'étude..... 84

Fig.28- Carte façologique du Djebel Chemarikh et de Raknet El Kahla ; (Aïn Ouarka), sous SIG..... 86

Fig.29- Carte texturale du Djebel Chemarikh et de Raknet El Kahla ; (Aïn Ouarka), sous SIG..... 86

Fig.30- Une carte de synthèse lithologique d'Aïn Ouarka..... 88

Fig.31- Répartition des ammonites et des foraminifères dans les coupes étudiées..... 94

Fig. 32- Répartition spatiales des étages de la région d'Aïn Ouarka, traité sous SIG (Map_Info & Vertical Mapia)..... 104

Fig.33- Carte zonale d'Aïn Ouarka..... 106

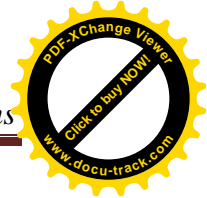
Fig.34- Carte des associations de foraminifères d'Aïn Ouarka..... 108

Fig.35- Carte des assemblages des foraminifères d'Aïn Ouarka..... 110

Fig.36- Carte biozonale d'Aïn Ouarka..... 112

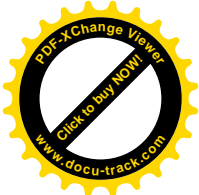
Fig.37- Carte sous-biozonale d'Aïn Ouarka..... 113

Fig.38- Carte paléontologique d'Aïn Ouarka..... 116

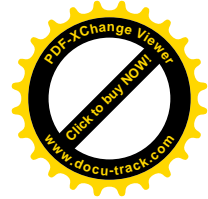
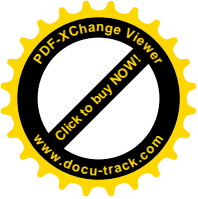


TABLEAUX

Tab.1- Typologie des traitements.....	45
Tab.2- Typologie des traitements (d'après Thériault 1996 et Rhind 1990).....	52
Tab.3- Table permettant d'inventoriés les données relatives aux courbes de niveaux.....	60
Tab.4- Table permettant d'inventoriés les données relatives aux points de côtières.....	61
Tab.5- Les coordonnées Lambert et les épaisseurs des coupes étudiées	70
Tab.6- Les coordonnées Lambert, les codes et les épaisseurs de formations de chaque coupe.....	71
Tab.7- Table permettant d'inventoriés les données relatives aux formations.....	72
Tab.8- Table permettant d'inventoriés les données relatives aux les limites des formations.....	73
Tab.9- Codification des formations étudiées.....	75
Tab.10- Codification des membres étudiés.....	77
Tab.11- Table permettant d'inventoriés les données relatives la table les limites des termes.....	81
Tab.12- Les zones d'ammonites, les âges et les codes utilisées pour ces deux variables...	90
Tab.13- Les associations, les assemblages, les biozones et les sous biozones de foraminifères et les codes utilisées pour ces variables.....	91
Tab.14- Les coordonnées Lambert estimées pour chaque zone.....	93
Tab.15- Table permettant d'inventoriés et de codifiés les zones étudiées dans le secteur d'Aïn Ouarka.....	103



Annexes des cartes



La légende

Les associations de foraminifères

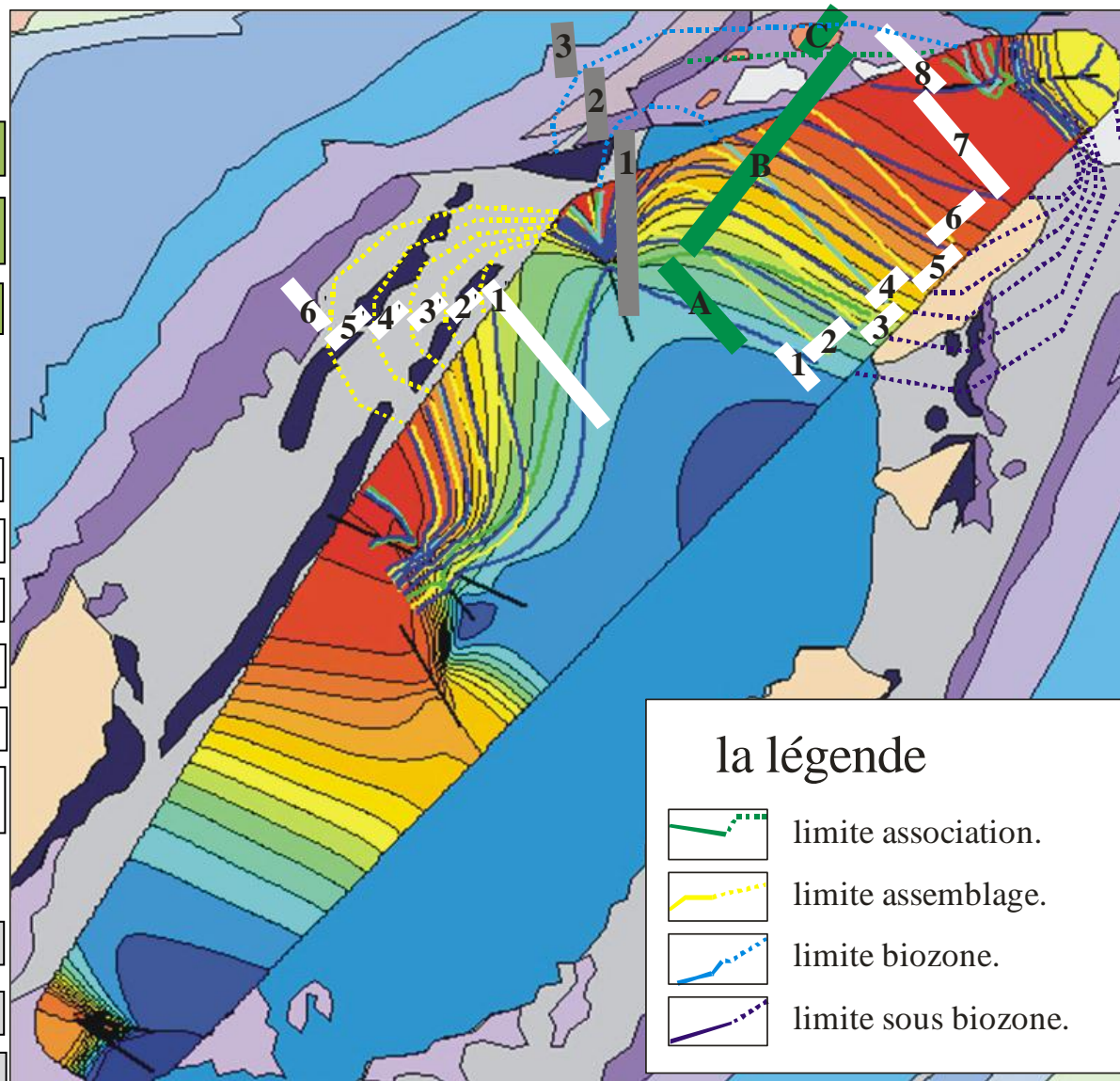
A-Association C	Toarcien
B-Association B	Domérien-Toarcien basal
C-Association A	Toarcien

Les assemblages de foraminifères

6'- l'assemblage (H), Toarcien supérieur
5'- l'assemblage (G), Toarcien moyen
4'- l'assemblage (F), Toarcien inférieur
3'- l'assemblage (E), Toarcien inférieur
2'- l'assemblage (D), Toarcien inférieur
1'- l'assemblage (B et C), Domérien supérieur

Les biozones de foraminifères

3- la biozone à spectre d' <i>Orbignyi</i>
2- la biozone à spectre <i>chicheryi</i>
1- la biozone à <i>Marginulina</i> gr. <i>Prima</i> et <i>Lingulina</i> gr. <i>Tenera</i>



Les associations de foraminifères

8- la sous-biozone à *Lenticulina subalata* mg. *Lenticulina* et *Lenticulina tenuistriata* mg. *Falsopalmula*

7- la sous-biozone à *Lenticulina subalata* mg. *Lenticulina*

6- la sous-biozone à *Ichtyolaria hauffi* et *Lenticulina pennensis* mg. *Marginulinopsis*

5- la sous-biozone à *Lenticulina toarcense* mg. *Lenticulina*

4- la sous-biozone à *Lenticulina sublaevis* mg. *Saracenaria* + *Lenticulina insignis* mg. *Falsopalmula*

3- la sous-biozone à *Bolivina liassica*

2- la sous-biozone à *Marginulina* gr. *Prima* + *Lingulina* gr. *Tenera* + *Ichtyolaria* + *Bolivina liassica*

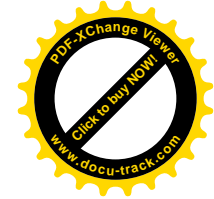
1- la sous-biozone à *Involituna liassica*

la légende

	limite association.
	limite assemblage.
	limite biozone.
	limite sous biozone.

0 2.5km

Carte paléontologique du Djebel Chemarikh et Raknet el Kahla.



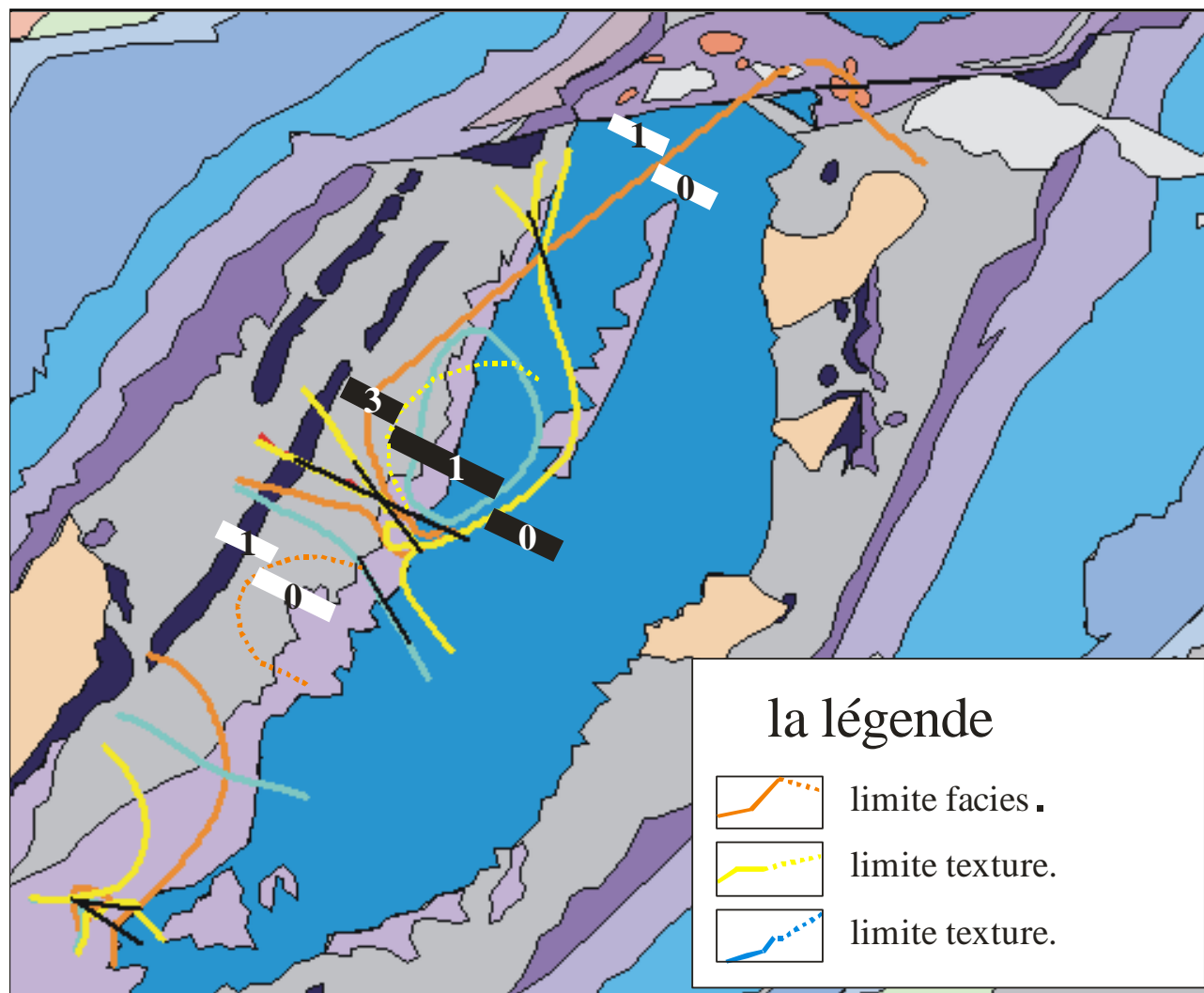
La légende

Les textures

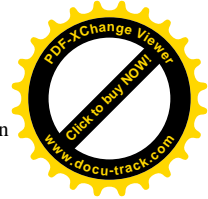
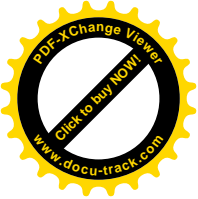
- 0- Mudstone
- 1- Wackstone et Packstone
- 2- texture non définie

Les facies

- 1- Micrite (travaux antérieurs)
- 2- Micrite (travail récent)



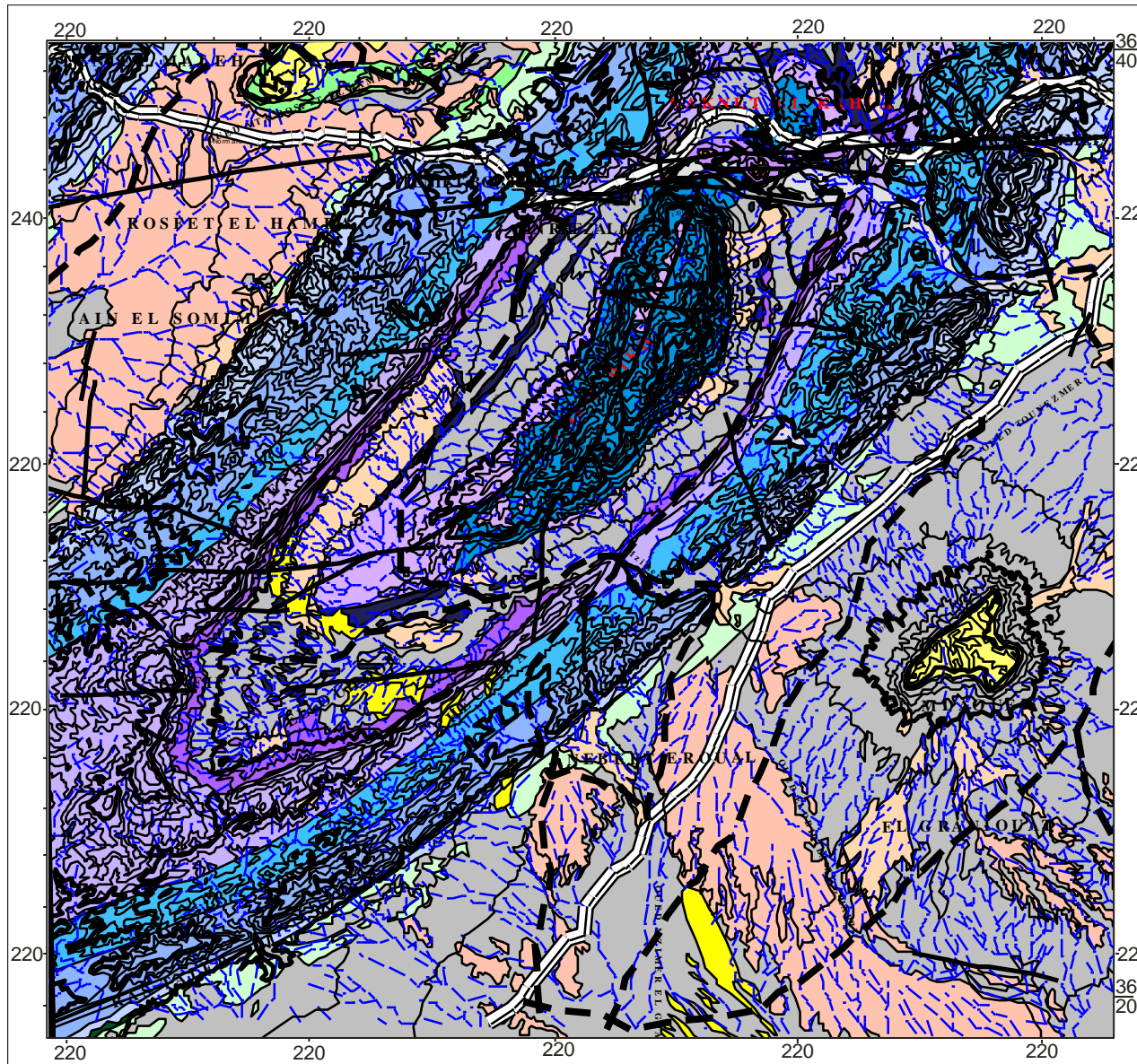
Carte lithologique et faciologique du Djebel Chemarikh et Raknet el Kahla.



Signes conventionnel

Crétacé-Actuel

- QUATERNAIRE
- Formation dunaire (31)
- Alluvions modernes, dépôts récents (30)
- Piedmonts, colluvions (28)
- TERTIAIRE CONTINENTALE**
- Carapace calcaire, formation continentale (27)
- CRETACE**
- Turonien (22)
- Cénomanien (21)
- Barrémien-Abtien-Albien, ensembles gréseux (20-17)
- Néocomien, unité 1 et 2 (15-17)
- Série de transition Infra-Crétacé
- JURASSIQUE**
- Jurassique supérieur**
- Jurassique supérieur, unité 3 (13)
- Jurassique supérieur, unité 2 (12)
- Jurassique supérieur, unité 1 (11)



- Jurassique moyen**
- Dogger, unité 2 à 4 (8, 10)
- Dogger s.l. (8 et 9)
- Dogger, unité 1 (7)
- Jurassique inférieur**
- Lias supérieur, 6
- Lias moyen, 5
- TRIAS**
- Roches vertes
- ROCHES ERUPTIVES**
- Diapir Argilo-gypseux
- Faille
- Axe anticlinale
- Pendage
- Renversement
- Point de côtier
- Courbe de niveau maitresse (200m)
- Courbe de niveau secondaire (40m)
- Cours d'eau
- Route

Carte géologique du Djebel Chemarikh et Raknet el Kahla.