

UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA
FACULTÉ DES HYDROCARBURES, DES ÉNERGIES RENOUVELABLES
ET DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS
Département des Sciences de la Terre et de l'Univers



Mémoire de Master Académique
DOMANIE : Sciences De La Terre Et De L'univers
FILIÈRE : Géologie
SPÉCIALITÉ : Géologie des Bassins Sédimentaires
THEME

**Application d'une étude statistique multivariée (ACP)
sur les foraminifères du Callovien de la région de Saïda
(Algérie Occidentale).**

Présenté par :

Korichi Ouissam

Devant le jury : 27 juin 2024

Président : MR. RABAH KECHICHED	PROFESSEUR	Univ. Ouargla
Promoteur : MELLE. ZIOUIT KHALDIA	M.C.B	Univ. Ouargla
Examineur : MR. CHERIF AMINE	PROFESSEUR	Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2024/2023

Dédicace

Louange à dieu, amour, gratitude et Reconnaissance pour

Le début et la fin.

Je dédie le fruit de mes modestes efforts A ceux qui m'ont donné la vie et l'espoir, m'ont élevé dans la passion de la découverte et du savoir, et m'ont enseigné à gravir les échelons de la vie avec sagesse, patience, bonté, et dévotion envers : mon cher père, ma chère mère, à qui Dieu m'a béni de leur

Présence dans ma vie jusqu'à la solide décennie.

a mes frères (Abdelkader, Mehamede Anas, Sirage) et sœurs (Asma,

Hana, Mebarka,) qui ont été un soutien dans mon voyage de

Recherche.

A mon cher grand-père et à ma chère grand-mère,

Merci du fond du cœur pour tout votre amour, votre soutien et votre tendresse. Tu as toujours été le lien et la référence dans ma vie, et

j'apprécie chaque moment passé avec toi.

A ma tante Meriem,

Je tiens à vous exprimer mes sincères remerciements et ma reconnaissance pour tout ce que vous avez fait pour moi. Tu as toujours été pour moi comme une seconde mère, pleine d'amour et de tendresse.

Et enfin, à tous ceux qui m'ont aidé et ont joué un rôle, de près ou de loin, dans l'achèvement de cette étude.

Que le Tout-Puissant récompense chacun généreusement, ici-bas et dans l'au-delà.

Korichi ouissam

Remerciement

Avant tous nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens afin de pouvoir réaliser ce travail de fin d'études.

Au terme de ce travail nous tient particulièrement à exprimer nos profondes gratitude et à remercier :

Notre encadreur Mme ZIOUIT KHALDIA, un grand merci pour sa gentillesse, sa sérieuse, sa disponibilité et sa contribution générale à l'élaboration de ce travail.

À tous ceux qui m'ont aidé à préparer la lettre de fin d'études (Mr. Ben Faragalla, Mr. CHERIF AMINE, Mr. Abdel Latif Rumita, Mr. Rabah kechiched, Mr. Benzina Mustapha, Safia Saouli, Bousmaha chaima). Merci à tous. Cette réalisation est le résultat de votre collaboration et de votre soutien continus.

A mes chers amis et collègues,

Je tiens à vous exprimer mes sincères remerciements et ma gratitude pour tout le soutien que vous m'avez apporté au cours de mon parcours académique et dans la préparation de la lettre de fin d'études. Vous étiez vraiment de bons gars, et votre présence a eu un impact énorme sur mon succès.

Je vous souhaite à tous beaucoup de succès dans votre carrière.

(Ahmadou chaima, Ammari ghania, khakha zohra, Bousmaha chaima)

Korichi ouissam

الملخص

يرتكز هذا العمل على دراسة المنخربات المأخوذة من الطبقات الطينية الرملية في العصر الجوراسي العلوي لجبال سعيذة . سمحت الدراسة الكمية للمنخربات خلال العصر الكالوفي بتحديد تجمعات يهيمن عليها بشكل كبير النودوساريديات والأشكال المتكتلة، مما يوفر لنا معلومات عن توزيعها المكاني والزمني والذي تميز بثلاثة تجديدات هامة للأصناف . تختلف المتحجرات الدقيقة الموجودة في العصر الكالوفي عن تلك التي درست عادة؛ وهذا مرتبط بالطبوغرافيا الخاصة بمنطقة جبال سعيذة خلال تلك الفترة .

تسمح دراسات التحليل الإحصائي ACP للمنخربات بفهم التطور البيئي على مستوى مقطع جبل بن قمر وتؤكد وجود علاقة وثيقة بين عائلات المنخربات ، وطبيعة وشكل الاختبار العام للمنخربات وتغيرات البيانات البيئية القديمة .

يشير التحليل المعدني للطين بواسطة DRX الذي يتميز بوفرة المعادن غير الطينية من الكوارتز والكالسيت والدولوميت إلى تطور بيئة بحرية ضحلة إلى بيئة أعمق غنية بالمواد الطينية.

الكلمات المفتاحية: جبال سعيذة، المنخربات، العصر الكالوفي، النودوساريديات، دراسات إحصائية ACP، الأشعة السينية DRX.

Résumé

Le présent travail repose sur l'étude des foraminifères prélevés dans les niveaux argileux gréseux du Jurassique supérieur des Monts de Saïda.

L'étude quantitative de foraminifères au cours du Callovien permis de définir des associations largement dominés par les Nodosariidés et des formes agglutinantes nous renseigne sur leur répartition spatio-temporelle qui marqué par trois renouvellement importants des taxons.

La microfaune rencontrée dans le Callovien est différente de celle habituellement étudiée ; ceci est lié à la physiographie particulière de la région des Monts de Saïda pendant cette époque.

Etudes statistiques ACP des foraminifères, permettant de saisir l'évolution environnementale à l'échelle de la coupe de Djebel Ben kmer et confirme l'existence d'une relation étroite entre les familles de foraminifères, la nature et la morphologie générale du test de foraminifères et les variations des milieux paléoécologiques.

L'analyse minéralogique de DRX des argiles caractérisé par l'abondance des minéraux non argileux de quartz, calcite et dolomie qui indique une évolution d'un environnement marin peu profond à un milieu plus profond riche en apports terrigènes.

Mots-clés : Monts de Saïda, foraminifères, Callovien, Nodosariidés, études statistiques ACP, DRX.

Abstract

This work is based on the study of foraminifera collected from the clayey sandy levels of the Upper Jurassic of the Saïda Mountains.

The quantitative study of foraminifera during the Callovian allowed the definition of associations largely dominated by Nodosariidae and agglutinated forms, providing information on their spatio-temporal distribution, which was marked by three significant taxonomic renewals.

The microfauna found in the Callovian is different from those usually studied; this is related to the particular physiography of the Saïda Mountains region during this period.

ACP statistical studies of foraminifera enabled the understanding of environmental evolution at the scale of the Djebel Ben Kmer section and confirmed the existence of a close relationship between foraminifera families, the nature and general morphology of foraminifera tests, and variations in paleoecological environments.

The DRX mineralogical analysis of clays, characterized by the abundance of non-clay minerals such as quartz, calcite, and dolomite, indicates an evolution from a shallow marine environment to a deeper environment rich in terrigenous inputs.

Keywords : Saïda Mountains, foraminifera, Callovian, Nodosariidae, ACP statistical studies, DRX..

TABLE DES MATIERES

Dédicace	
Remerciement	
ملخص	
Résumé	
Abstract.....	
Introduction générale	2

CHAPITRE 01 : GENERALITE

I. Introduction	3
II. Cadre géographique	3
1. Cadre géographique gèneral	3
2. Cadre géographique local	4
III. Cadre géologique	5
1. Cadre géologique.....	5
2. Cadre structurale	6
3. Cadre stratigraphie	7
IV. Historique des travaux	9
V. But de travail et méthodologie	14
1. But de travail	14
2. Méthode de travail.....	14

CHAPITRE 02 : LITHOSTRATIGRAPHIE ET BIOSTRATIGRAPHIE

I. Introduction	20
II. Lithostratigraphie	20
1) Localisation de la coupe.....	20
2) Les grandes lignes lithostratigraphiques de la région.....	21

2.1.	Les Couches de Ben kmer	21
2.2.	Les calcaires à ovoïdes	21
2.3.	Les Argiles de Saïda	21
2.4.	Les grès de Bou-Mèdine.....	22
III.	Biostratigraphie.....	24
1)	Répartition biostratigraphie des foraminifères	24

CHAPITRE 03 : EVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DES FORAMINIFERES

I.	Introduction	26
II.	Définition et présentation des principaux groupes des foraminifères dans les montes des Saïda	26
III.	La fréquence relative des familles de foraminifère	28
1.	La Coupe de Djebel Ben kmer.....	28
1.1.	Fréquence relative des différentes familles des foraminifères ...	28
1.2.	Fréquence relative des différentes tests des foraminifères	30
IV.	Etude minéralogique des argiles	32
1.	Résultats de la diffraction des rayons X (DRX)	32
1.1.	description des résultats du diffractogramme des Rayon X Pour les échantillons prélevés sur de Djebel Ben kmer.....	32
1.1.1.	La description (niveau 13).....	32
1.1.2.	La description (niveau 29).....	33
1.1.3.	La description (niveau 45).....	34
1.2.	Interprétation.....	35
2.	Résultats de la Calcimètre de Bernard.....	35
2.1.	Analyse Détaillée des Pourcentages de CaCO ₃	35

CHAPITRE04 : ANALYSE STATISTIQUE DES FORAMINIFERES

I.	Introduction.....	38
----	-------------------	----

II. Indices biocoenotiques.....	38
1. Méthodes de calcul.....	38
1.1. Taux de Renouvellement	38
1.2. Résultat	41
III. ETUDE STATISTIQUE (ACP)	42
1. Définition	42
2. Présentation des données	42
3. Application.....	42
3.1. Coupe de Djbel Ben Kmer.....	42
Conclusion générale	45
Références bibliographique.....	46
Fig.01 : Situation géographique gèneral de domaine Tlemcenien (Benest, 1985).....	04
Fig. 02 : carte géologique des Mont de Saida (Extrait de la carte de l'Algérie (Cornet et <i>al.</i> ,1951))	06
Fig. 3 : Les grands traits structuraux de l'Algérie occidentale (Elmi et <i>al.</i> ,1984).....	07
Fig.04 : Colonne lithostratigraphique de la région de Saida (LE DIPLÔME DE MASTER Par Feryel GUERMOUCHE & Abir KADDOURI 2022)	09
Fig. 05 : Les appareils et les moyens utilisés pour le tri de foraminifères	14
Fig.06 : Photo montrant le diffractogramme utilisé (Laboratoire de Géologie du Sahara, Université d'Ouargla)	15
Fig.07 : Appareil Calcimètre de Bernard (Laboratoire de Géologie du Sahara, Université d'Ouargla)	16
Fig.08 : Étapes et outils utilisés dans un calcimètre de Bernard (Laboratoire de Géologie du Sahara, Université d'Ouargla).....	17

Fig.09 : Situation de la région de Djbel Ben Kmer (a/Extrait Google maps 2024).....	20
Fig. 10 : Liste des figurés et des abréviations utilisées	22
Fig. 11 : Colonne lithostratigraphique de la coupe de Djebel Ben Kmer.....	23
Fig. 12 : Répartition verticale des foraminifères dans la coupe de Djebel Ben Kmer	25
Fig.13 : Définition et présentation des principaux genres de foraminifères à tests hyalins et les tests agglutinants rencontrés dans les Monts de Saïda (ZIOUIT, 2012).....	27
Fig. 14 : Définition et présentation des principaux genres de foraminifères à tests agglutinants et certaines des autres familles accompagnatrices rencontrées dans les Monts des Ksour rencontrées dans les Monts de Saïda (Ziouit, 2012).....	28
Fig.15 : Fréquence relative des différentes familles des foraminifères	29
Fig.16 : Fréquence relative des différentes tests des foraminifères.....	31
Fig.17 : Les diffractogrammes et les pourcentages des compositions de phase (niveau 13).....	32
Fig.18 : Les diffractogrammes et les pourcentages des compositions de phase (niveau 29).....	33
Fig.19 : Les diffractogrammes et les pourcentages des compositions de phase (niveau 45).....	34
Fig.20 : le taux de carbonate de calcium dans la coupe de Djbel Ben Kmer	37
Fig.21 : les courbes du taux de renouvellement, de l'indice de Diversité et de l'abondance des foraminifères dans la coupe Djebel Ben kmer.	39
Fig.22 : les courbes de la fréquence relative des différents tests de foraminifères dans la coupe de Djebel Ben kmer.	40

Fig.23 : ACP des assemblages de foraminifères (niveau de prélèvement) et les variables (Coupe de Djbel Ben Kmer) **43**

Fig.24 : des noms des foraminifères Dans chaque groupe **44**

LISTE DES TABLEAUX

Tableau.01 : Tableau des compositions de phase (%) **34**

Tableau.02 : Représentation des résultats de l'analyse calcimétrique de Bernard..... **36**

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

La Formation des Argiles de Saïda est une composante sédimentaire majeure du Jurassique moyen-supérieur, couvrant l'intervalle Callovo-Oxfordien. Elle appartient au Domaine Tlemcénien situé dans le nord-ouest de l'Algérie.

Cette étude se concentre sur l'examen des foraminifères recueillis dans les couches argileuses datant du Callovien de la formation des "Argiles de Saïda", situées dans les Monts de Saïda (la coupe de Djebel Ben Kmer).

Ce travail est structuré en quatre chapitres :

Le premier chapitre offre un aperçu général de la région étudiée, incluant sa situation géographique, sa géologie et sa structure. Il présente également les principaux travaux de recherche réalisés sur la Formation des Argiles de Saïda.

Le deuxième chapitre consiste à une description lithostratigraphique et biostratigraphique de la coupe étudiée.

La troisième partie est consacrée à l'étude quantitative des foraminifères. L'analyse des fréquences relatives des foraminifères est entreprise en vue de définir des assemblages, en plus une étude minéralogique des argiles par la diffraction des rayons X DRX et Calcimètre de Bernard Pour obtenir des informations sur la composition minéralogique et la teneur en carbonate des Argiles de Saïda.

Le quatrième chapitre est une analyse statistique des foraminifères. Il comprend le calcul des indices biocoénétiques, tels que le taux de renouvellement et l'indice de diversité des espèces de foraminifères, ainsi que l'application d'une méthode statistique (ACP) aux peuplements de foraminifères à l'aide du logiciel Origin pour voir l'évolution des biocénoses de foraminifères.

Enfin, le travail se termine par une conclusion générale qui résume l'ensemble des résultats de l'étude.

CHAPITRE01 : GÉNÉRALITÉS.

Chapitre 01 : Généralités

I. Introduction :

L'Algérie fait partie de l'ensemble Nord-Ouest africain. Si l'on examine un schéma structural de cette zone, qui a été individualisé grâce à de nombreuses phases tectoniques au cours du Mésozoïque et Cénozoïque. Cette région est organisée en quatre grandes régions du nord au sud comme suit :

- ✓ **Domaine tellien** : orienté grossièrement E-W, faisant une portion des chaînes alpines depuis l'Europe en se raccordant à l'Ouest par le biais du détroit de Gibraltar avec les chaînes bético-baléare. C'est un domaine largement accidenté et tectonisé, typique des nappes de charriage mises en place au cours du Tertiaire.
- ✓ **Domaine Tlemcenin** : (Elmi, 1984) est situé au Nord d'un ensemble stable et peu subsident, (le domaine des Hautes Plaines oranaises) Il constitue une barrière géographique orientée SW-NE qui est limitée à l'Est par la transversale NNE-SSW de Tiaret et qui le sépare du domaine préatlasique.
- ✓ **Domaine des Hautes-plaines ou Hauts-plateau** : Elles se situent entre l'Atlas Tellien (Nord) et l'Atlas Saharien (Sud), à des altitudes relativement importantes (de 900 à 1200 m). Elles sont imprégnées de dépressions salées, chotts ou sebkhas qui sont des lacs continentaux formés au Pléistocène sous l'effet des pluies torrentielles et du ruissellement important qui en découle.
- ✓ **L'Atlas saharien** : est une zone de transition comprise entre la plate-forme saharienne au Sud, stable depuis la fin du Paléozoïque. La partie occidentale de l'Atlas saharien est limitée au Nord par les Hauts plateaux, Ce domaine est formé de sédiments allant du Trias à l'Eocène avec le Moi-Pilo-Quaternaire discordant.

Le travail actuel vise à étudier des contenues microfauniques des foraminifères relevés dans les niveaux argileux d'âge Jurassique période Callovien-Oxfordien dans les Monts de Saïda, en particulier dans (Djebel Ben kmer) qui appartiennent au domaine Tlemcenien.

II. Cadre géographique :

1. Cadre géographique général :

Le domaine Tlemcenien, s'étend sur une vaste zone allant du Maroc Oriental aux Monts de Tiaret. Cette région est caractérisée par plusieurs chaînes de montagnes qui s'étirent d'ouest en

est. Ces chaînes comprennent les Monts de GhaRouban, les Monts de Tlemcen, les Monts de Daïa, les Monts de Saïda et les Monts de Tiaret-Frenda. Du point de vue de la géologie, cette région présente une sédimentation silico-clastique. Ces dépôts s'étendent sur une période allant du Callovo-Oxfordien au Kimméridgien inférieur, des époques géologiques correspondant à des intervalles de temps précis dans l'histoire de la Terre. Il est suggéré que cette sédimentation a probablement une origine saharienne, ce qui indique que les matériaux ont été transportés et déposés par des processus géologiques liés à l'ancien environnement du Sahara.

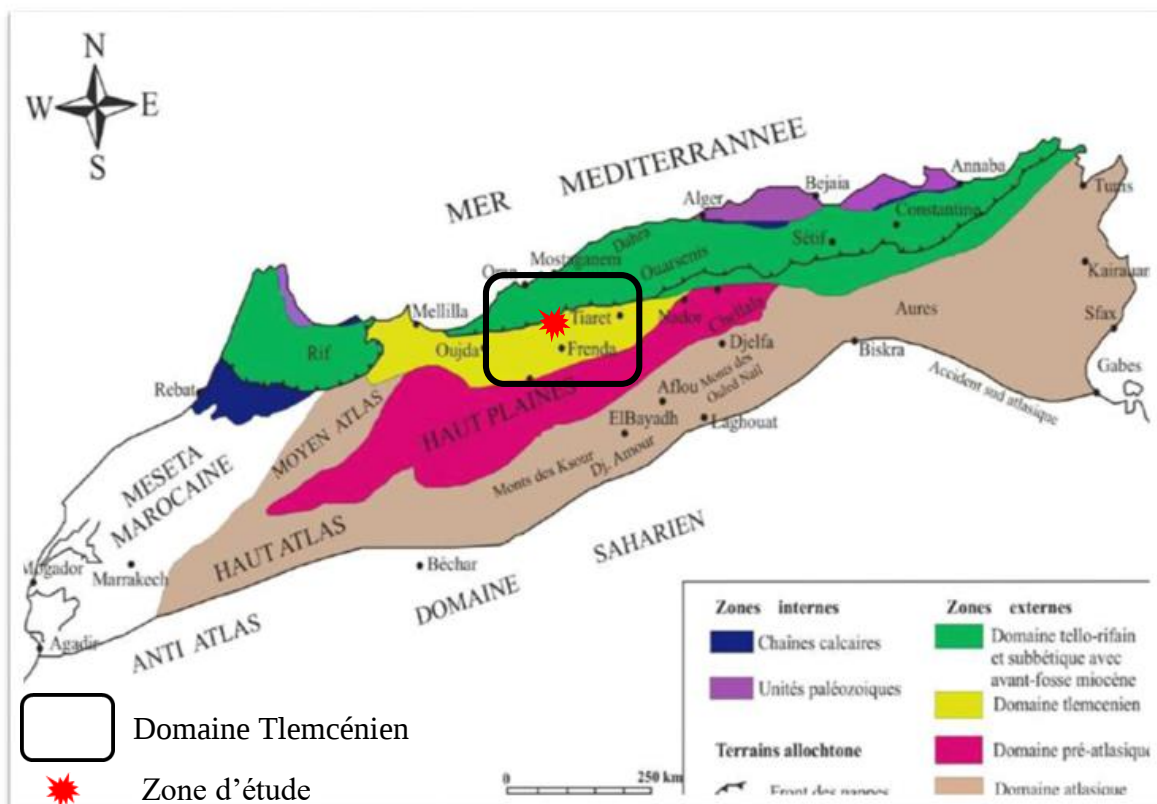


Fig.01 : Situation géographique général de domaine Tlemcenien (Benest, 1985).

2. Cadre géographique local :

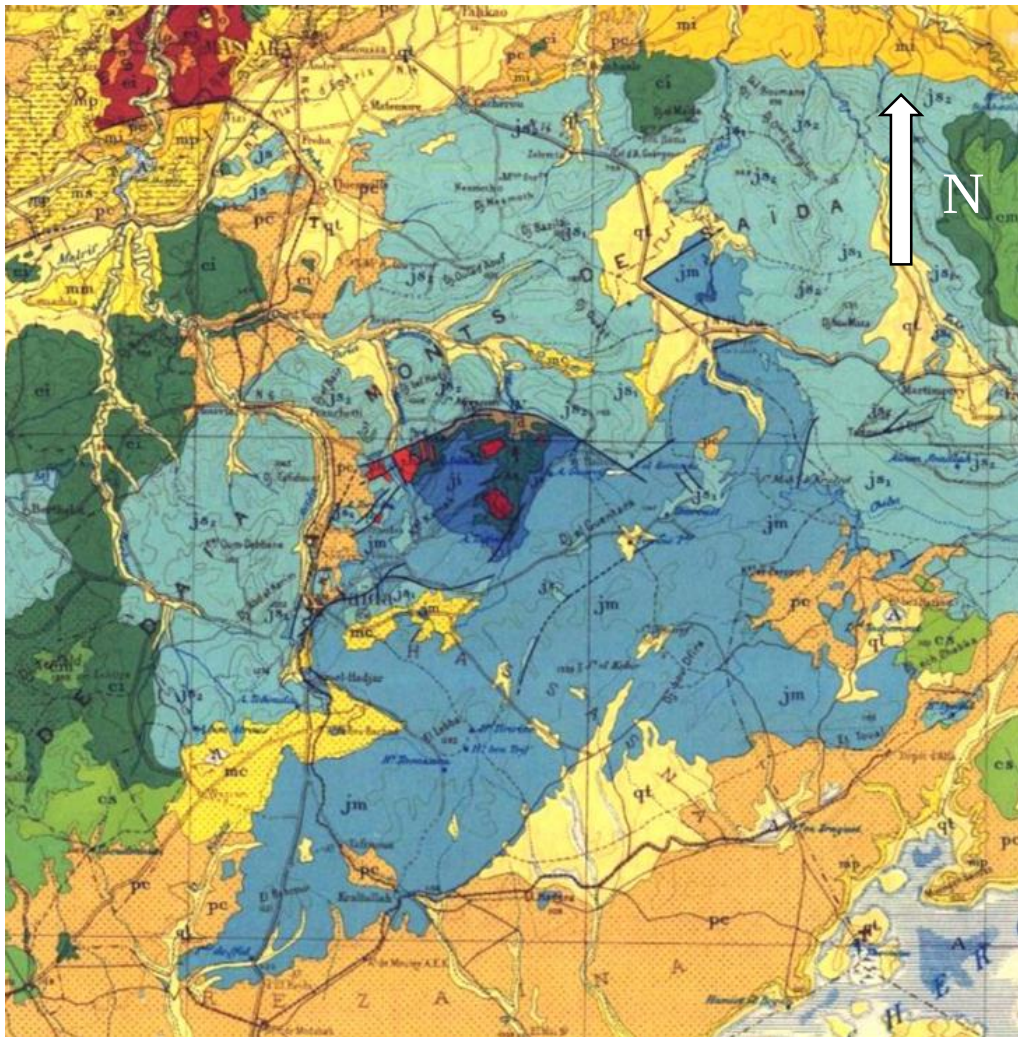
Le secteur étudié appartient au Monts de Saïda, qui s'étend dans une direction allongée d'ouest-sud-ouest à est-nord-est. Ces montagnes se trouvent entre le domaine tellien au nord et les Hautes plaines oranaises au sud. Ils font partie du domaine Tlemcenien, qui est considéré comme l'avant-pays tellien de la chaîne alpine. Selon Lucas (1952), cette région est désignée sous le nom de "Bordure Nord des Hautes plaines oranaises".

La coupe de Djebel Ben Kmer est localisée entre les Monts de Saïda à l'est et les Monts de Daïa à l'ouest.

III. Cadre géologique :

1. Cadre géologique :

La région que nous étudions se situe dans les piémonts sud-ouest des Monts du Saïda, faisant partie du domaine Tlemcénien. Notre recherche se concentre principalement sur la période jurassique, plus spécifiquement sur l'étage Callovien-Oxfordien. Les Monts de Saïda, intégrés à cette étude, sont caractérisés comme faisant partie d'un sillon intracratonique subsident et relativement profond, ayant une forme polygonale. Ce domaine est délimité au nord par la dépression miocène, au sud par les Hautes Plaines oranaises, à l'est par la transversale El Bayadh-Tiaret qui le sépare du domaine Pré-atlasique, et à l'ouest par le domaine rifain et la bordure septentrionale du Moyen Atlas marocain, selon les travaux de Lucas (1952) et Elmi (1978).



1/500 000^e

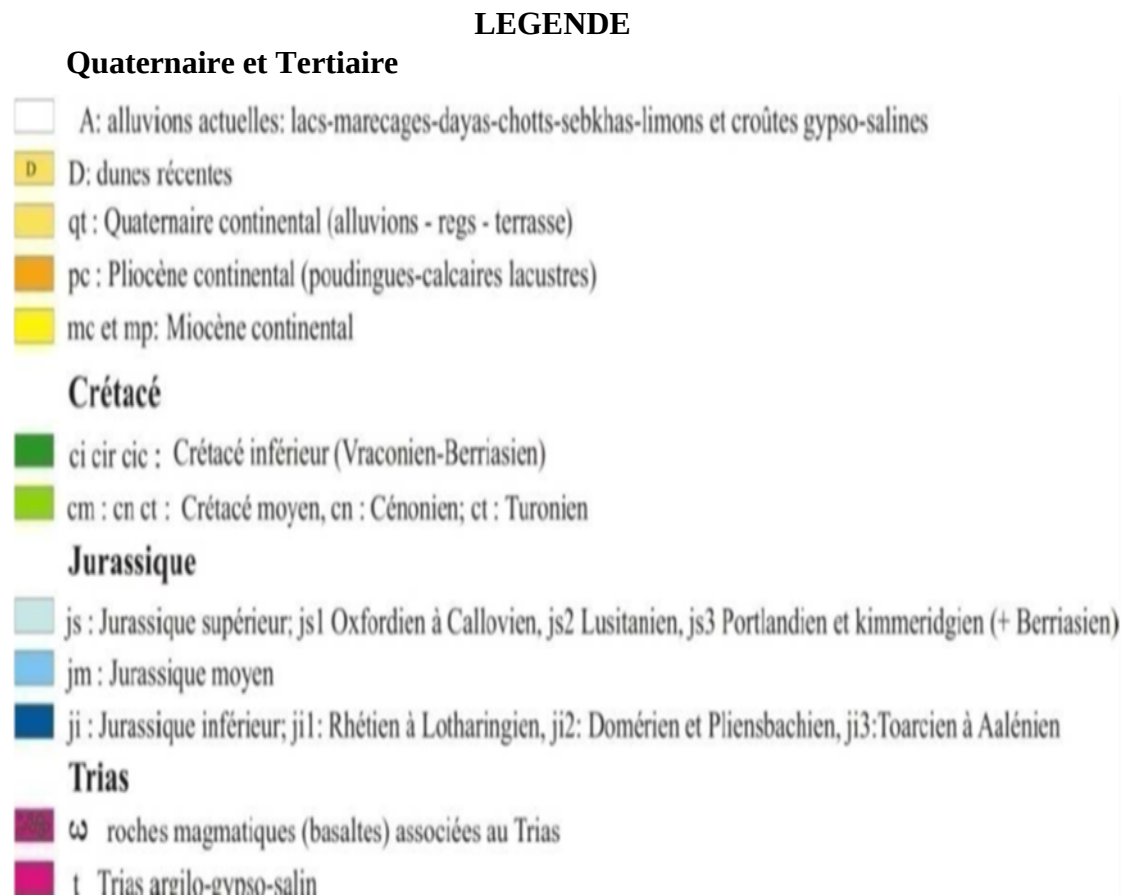


Fig. 02 : carte géologique des Mont de Saïda (Extrait de la carte de l'Algérie (Cornet et *al.*, 1951)).

2. Cadre structurale :

Sur le plan structural l'observation de la carte géologique de la région de Saïda révèle un nombre important de failles, dont les rejets peuvent atteindre parfois 150 m, mettant ainsi en évidence la tectonique cassante des terrains carbonatés avec constitution de blocs dolomitiques.

D'après Elmi et Benest (1978), les plissements de la chaîne tellienne qui forme le socle de la région de Saïda ont résulté de mouvements verticaux du socle, ce qui a provoqué d'importantes fractures. Ces mouvements tectoniques sont aussi responsables de la formation des dômes (le plus important est celui de Tiffrit) et des différents fossés d'effondrement. La surrection de môle a aussi provoqué la déformation de la couverture dolomitique du Jurassique alors qu'un fossé d'effondrement d'axe N-S s'est développé dans la vallée de Saïda. Ces différents mouvements de surrection ont engendré une tectonique cassante à la région. Les directions privilégiées sont approximativement SW-NE à NNE-SSW.

Les accidents tectoniques sont subverticaux pour la plupart (A. BENCHERKI, 2008).

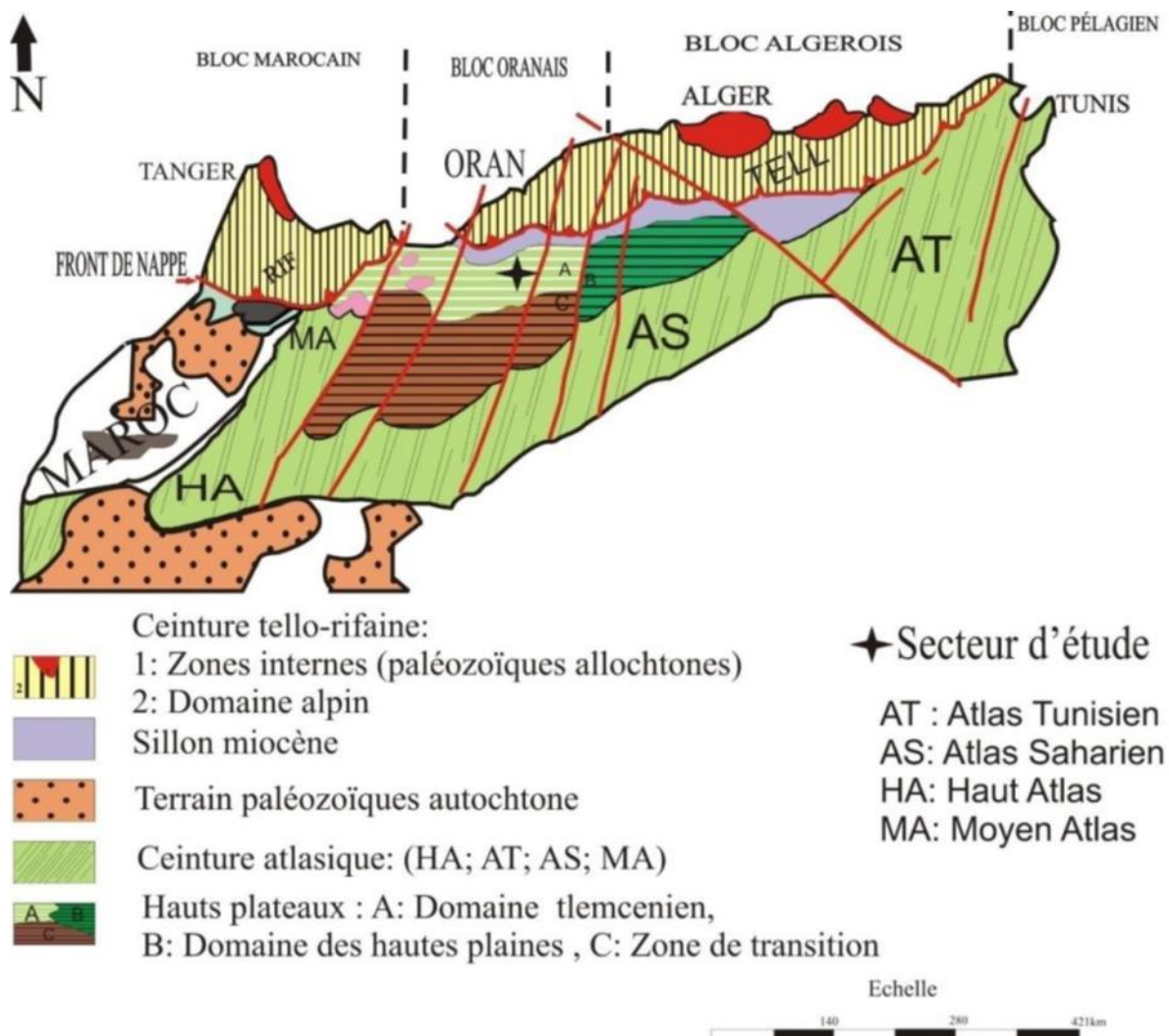


Fig. 3 : Les grands traits structuraux de l'Algérie occidentale (Elmi et *al.*, 1984).

3. Cadre stratigraphie :

La Formation des Argiles de Saïda est datée du Collvo-Oxfordien. Dans notre région d'étude, cette formation présente une homogénéité lithologique, avec des caractéristiques similaires observées dans l'ensemble du domaine tlemcenien.

- **Les "Couches du Ben Kmer" :** d'une épaisseur moyenne de 70 mètres (Elmi, 1972) sont généralement datées du Bajocien supérieur. Elles consistent en une série d'argiles calcaires bleutées, reposant sur une séquence alternée de marnes et de bancs calcaires argileux.
- **Les "calcaires microgréseux" :** d'une épaisseur variant entre 30 et 40 mètres, sont également datés du Bajocien supérieur. Ils sont constitués de bancs grésopelitiques présentant une couleur ocre.

- Les "**brèches phosphatées et ferrugineuses à ammonites**" : d'une épaisseur comprise entre 20 et 30 mètres selon Lucas (1952), sont datées du Callovien inférieur.

Elles sont principalement constituées de structures stromatolithiques de grande taille, comme mentionné par Ouardas (1983).

- Les "**Argiles de Saïda**" : dont l'épaisseur varie entre 280 et 350 mètres selon la Figure 35, ont été définies dans la région de Cachrou (Sidi Kadda, au sud-est de Mascara) par Atger et Verdier en 1965. Cette formation se caractérise par une alternance de bancs gréseux et de couches marno-argileuses, stratigraphiquement attribuée au Callovo-Oxfordien. Cette datation est soutenue par plusieurs auteurs, notamment Lucas (1942, 1952), Atger et Verdier (1965), Auclair et Biehler (1967), Delfaud (1973), Mangold et al. (1974), ainsi qu'Elmi et Benest (1978).
- Les "**Grès de Sidi Amar**" : autrefois désignés sous le nom de "Franchetti", ont une épaisseur variant entre 100 et 200 mètres. Cette unité lithostratigraphique présente des couches de grès friables avec des strates inclinées, entrecoupées de quelques couches d'argiles verdâtres ou rougeâtres.
- Les "**Dolomies de Tlemcen**" : évaluées à environ 150 mètres d'épaisseur selon Doumergue (1910), se composent d'un ensemble massif de dolomie calcaire à leur base, principalement dans la région de Saïda. Selon Doumergue (1910), ces dolomies sont datées du Kimméridgien inférieur.
- Les "**Marno-calcaires de Raouraï**" : d'une épaisseur variant entre 5 et 80 mètres dans la région de Saïda, se caractérisent par une couche d'un mètre de marne surmontée de cinq mètres de dolomies argileuses, allant du vert au rose. La faune découverte par Doumergue (1910) suggère un âge du Kimméridgien moyen.
- Les "**dolomies de Sidi Boubekur**" : anciennement appelées "Charrier", s'étendent sur une épaisseur d'environ 100 mètres. Elles constituent un ensemble massif de dolomie, généralement calcaire à la base, avec une puissance d'environ 80 mètres dans la région de Saïda. Selon Doumergue (1910), ces dolomies sont datées du Kimméridgien supérieur.

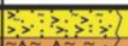
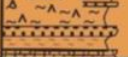
Âge	Log	Épai.	Description lithologique
Quaternaire		20 m	Sables et conglomérats
Tertiaire		75 m	Argile briques sableux ou gypseuses intercalés de calcaires et de graviers ou galets
Cénozoïque	Sénonien	100 m	Alternance marno-calcaire, et marno-gréseuse, sa base Devenant argileuse vers le sommet
	Barrémien	30 à 40 m	
Jurassique	Kimméridgien	30 m	Dolomies massives, en bancs mal stratifiés, de teinte rougeâtre. Calcaires disposés en bancs réguliers
	Lusitanien	180 m	Calcaire disposé en bancs réguliers, sur lequel des dolomies massives Alternance de marnes verdâtres et calcaires verdâtres à taches rosâtres Dolomies massives, en bancs mal stratifiés, de teinte rougeâtre
	Callovo-oxfordien	180 à 350 m	Alternance irrégulières d'argiles verdâtres et de grès, avec des intercalations carbonatées renfermant des ammonites
	Aaléno-bajo-bathonien	110 à 150 m	Calcaires dolomitiques disposés en bancs décimétriques
	Toarcien	15 à 25 m	Alternance marno-calcaire à dominante marneuse
	Domérien	30 à 50 m	Dolomies rubanées, renfermant des structures fenestrelles de type « bird's eyes »
	Trias		Complexe volcano-sédimentaire
Primaire			Schisto-gréseux, des conglomérat et des formations volcaniques.

Fig.04 : Colonne lithostratigraphique de la région de Saïda.

IV. Historique des travaux :

Dans cette étude, nous allons explorer les principaux travaux menés sur les dépôts détritiques datant du Callovien au Kimméridgien, spécifiquement dans la région de l'Algérie occidentale, plus précisément dans les domaines paléogéographiques tlemcénien.

Atger et Verdier (1965) : qui a introduit le terme "Argiles de Saïda" pour décrire des niveaux argilo-gréseux du Jurassique supérieur qui affleurent entre les villes de Mascara et de Saïda.

Auclair et Biehler (1967) : où ils ont synthétisé les travaux menés depuis 1955 par la Société Nationale de la Recherche et d'exploitation des pétroles en Algérie (S.N. Repal). Leur synthèse porte sur une étude lithostratigraphique et structurale des plaines oranaises, s'étendant de Tlemcen à l'ouest à Saïda à l'est, et de Sidi Bel-Abbes au nord à El Aricha au sud.

Dans cette étude, Auclair et Biehler identifient les "Grés de Franchetti" comme étant des équivalents latéraux des "Grés de Bou Medine" présents dans les monts de Tlemcen et de Rhar Roubane. Les "Grés de Franchetti" semblent être une formation géologique distincte caractérisée par des grès, et leur identification comme équivalents des "Grés de Bou Medine" suggère une corrélation latérale entre ces différentes formations dans la région étudiée

Augier (1967) : Dans l'étude d'Augier sur la couverture sédimentaire des Hauts Plateaux, menée également en 1967, l'auteur distingue deux époques géologiques.

La première époque concerne les dépôts des "Argiles de Saida" dans les Monts de Tlemcen-Saida, provenant du premier chenal, ainsi que les formations équivalentes telles que les "Grés du Nador" et le membre inférieur des "Argiles de Faidja" du Djebel Nador de Tiaret, issus des deux autres chenaux. Ces dépôts géologiques témoignent de différentes périodes de sédimentation dans la région, probablement liées à des changements environnementaux ou à des variations dans les conditions de dépôt.

La seconde époque est caractérisée par la mise en place de la formation des "Grés de Franchetti" dans la région de Saida (Sidi Amar), ainsi que par le membre supérieur des "Argiles de Faidja" dans le secteur du Djebel Nador de Tiaret. Ce dernier est un faciès latéral équivalent aux "Grés de Bou Medine" des Monts de Tlemcen-Rhar Roubane.

Benest et Elmi (1969) : L'étude menée par Benest et Elmi en 1969, avec une équipe de chercheurs de l'Université Claude Bernard (Lyon I - France), apporte des précisions importantes sur la stratigraphie du Jurassique inférieur et moyen dans la partie méridionale des Monts de Tlemcen. Dans leur recherche, ils fournissent une description détaillée de la formation des "Argiles de Saida" dans la région de Sebdou, notamment à Sidi Yahia Ben Sefia. Cette description contribue à une meilleure compréhension de la géologie locale et des processus de formation des couches sédimentaires dans cette région spécifique.

Caratini (1970) : Caratini utilise le terme "Série inférieure détritique" pour désigner une succession stratigraphique datée de l'Oxfordien au Kimméridgien dans les Monts de Chellala. Cette désignation suggère que la série en question est principalement composée de dépôts détritiques, ce qui signifie qu'ils sont formés par l'accumulation de matériaux détritiques tels que des sédiments, des roches fragmentées ou des débris organiques transportés et déposés par des agents géologiques tels que l'eau, le vent ou la glace.

Elmi (1971) : Elmi a dressé une zonation basée sur les ammonites des terrains du Bajocien supérieur au Callovien de l'Oranie, incluant les Monts des Traras, de Tlemcen et de Saïda. Cette zonation est une méthode importante en stratigraphie pour diviser et classer les roches sédimentaires en fonction des fossiles d'ammonites qu'elles contiennent.

Delfaud (1973) : Delfaud attribue à la formation des "Argiles de Saïda" un "faciès alternant atlastique", ce qui signifie qu'il identifie des alternances de faciès sédimentaires caractéristiques des environnements atlasiques. Il considère la formation des argiles de Saïda comme des assises deltaïques, suggérant qu'elles ont été déposées dans un environnement deltaïque, avec de larges influences intertidales.

Guardia et Fenet (1975) : Dans leur étude, Guardia et Fenet ont identifié une formation géologique appelée les "Argiles de Saïda". Ils ont utilisé différents termes pour décrire cette formation dans différentes parties de la région. Ils l'ont désignée comme le "Groupe greso-pélimitique médian" dans l'ensemble du domaine tellien de l'Algérie nord-occidentale. Cependant, dans les massifs spécifiques de Kebdana et d'Oran, Fenet l'a plutôt appelée la "Formation argilo-gréseuse".

Elmi et Benest (1978) : Selon leur étude, ils considèrent "Argiles de Saïda" comme une formation flysch dont le dépôt a été influence, jusqu'à l'Oxfordien inférieur, par des régimes turbides.

Touahria (1979) : fournit des détails additionnels sur la biostratigraphie à la base de la Formation des Argiles de Saïda du Callovien. Elle caractérise la formation comme étant de type "flysch" et indique qu'elle s'est formée dans des bassins affectés par des phénomènes de distension.

Bendella et al. (2011) : ont examiné les caractéristiques sédimentologiques et ichnologiques des affleurements de la Formation des Argiles de Saïda du Djebel Brame, au nord du village de Takhemaret. Du point de vue lithostratigraphique, ils ont divisé la formation en deux ensembles : l'argilo-gréseux et l'argilo-gréso-carbonaté. Le premier est associé à un environnement offshore situé en dessous de la limite d'action des tempêtes (LAT), tandis que le second est interprété comme étant un environnement de shore face caractérisé par des phases d'émersion.

Cherif et al. (2015) : ont présenté une analyse de la Formation des Argiles de Saïda dans la zone de Takhemaret, incluant de nouvelles informations en biostratigraphie, ichnologie et sédimentologie.

Dans sa thèse de **(2017, Cherif)** a apporté de nouvelles données concernant la lithostratigraphie, la biostratigraphie, la sédimentologie et les paléo-environnements des dépôts de la Formation des Argiles de Saïda dans la partie orientale du domaine Tlemcénien.

Mahroug (2019) : a réalisé une étude de mémoire de Master portant sur les analyses biostratigraphiques des foraminifères et la paléoécologie de la coupe du Djebel Brame, située dans la région du Takhemaret en Algérie Nord-Occidentale.

Siboukeur (2019) : a effectué une analyse lithostratigraphique et biostratigraphique, en se concentrant sur les foraminifères, dans sa thèse de Master qui porte sur la région de Sidi Ouadah dans la Wilaya de Tiaret, en Algérie Occidentale.

Djedla et Ben Daoud : ont réalisé une étude biostratigraphique des foraminifères ainsi qu'une analyse paléoécologique dans leur mémoire de Master, portant sur la coupe du Djebel Tmix située dans la région du Takhemaret en Algérie Nord-Occidentale.

Souilem (2021) : a effectué une analyse sédimentologique et a utilisé des techniques de télédétection dans sa thèse de Master, se concentrant sur la série de Djbel Ben Kmer à Hammam Rabi, située dans la région de Saïda en Algérie Nord Occidentale.

Ziouit 2021 et ses collaborateurs (2021) : ont présenté une analyse micropaléontologique des foraminifères provenant de la Formation des Argiles de Saïda du Djebel Brame. Leur étude apporte de nouvelles données, en particulier en ce qui concerne l'aspect paléoécologique

Dans cette étude, Auclair et Biehler identifient les "Grès de Franchetti" comme étant des équivalents latéraux des "Grès de Bou Medine" présents dans les monts de Tlemcen et de Rhar Roubane. Les "Grès de Franchetti" semblent être une formation géologique distincte caractérisée par des grès, et leur identification comme équivalents des "Grès de Bou Medine" suggère une corrélation latérale entre ces différentes formations dans la région étudiée.

Augier (1967) : Dans l'étude d'Augier sur la couverture sédimentaire des Hauts Plateaux, menée également en 1967, l'auteur distingue deux époques géologiques.

La première époque concerne les dépôts des "Argiles de Saïda" dans les Monts de Tlemcen-Saïda, provenant du premier chenail, ainsi que les formations équivalentes telles que les "Grès du Nador" et le membre inférieur des "Argiles de Faidja" du Djebel Nador de Tiaret, issus des deux autres chenaux. Ces dépôts géologiques témoignent de différentes périodes de sédimentation dans la région, probablement liées à des changements environnementaux ou à des variations dans les conditions de dépôt.

La seconde époque est caractérisée par la mise en place de la formation des "Grés de Franchetti" dans la région de Saida (Sidi Amar), ainsi que par le membre supérieur des "Argiles de Faidja" dans le secteur du Djebel Nador de Tiaret. Ce dernier est un faciès latéral équivalent aux "Grés de Bou Medine" des Monts de Tlemcen-Rhar Roubane.

Benest et Elmi (1969) : L'étude menée par Benest et Elmi en 1969, avec une équipe de chercheurs de l'Université Claude Bernard (Lyon I - France), apporte des précisions importantes sur la stratigraphie du Jurassique inférieur et moyen dans la partie méridionale des Monts de Tlemcen. Dans leur recherche, ils fournissent une description détaillée de la formation des "Argiles de Saida" dans la région de Sebdou, notamment à Sidi Yahia Ben Sefia. Cette description contribue à une meilleure compréhension de la géologie locale et des processus de formation des couches sédimentaires dans cette région spécifique.

Caratini (1970) : Caratini utilise le terme "Série inférieure détritique" pour désigner une succession stratigraphique datée de l'Oxfordien au Kimméridgien dans les Monts de Chellala. Cette désignation suggère que la série en question est principalement composée de dépôts détritiques, ce qui signifie qu'ils sont formés par l'accumulation de matériaux détritiques tels que des sédiments, des roches fragmentées ou des débris organiques transportés et déposés par des agents géologiques tels que l'eau, le vent ou la glace.

Elmi (1971) : Elmi a dressé une zonation basée sur les ammonites des terrains du Bajocien supérieur au Callovien de l'Oranie, incluant les Monts des Traras, de Tlemcen et de Saida. Cette zonation est une méthode importante en stratigraphie pour diviser et classer les roches sédimentaires en fonction des fossiles d'ammonites qu'elles contiennent.

Delfaud (1973) : Delfaud attribue à la formation des "Argiles de Saïda" un "faciès alternant atlastique", ce qui signifie qu'il identifie des alternances de faciès sédimentaires caractéristiques des environnements atlasiques. Il considère la formation des argiles de Saïda comme des assises deltaïques, suggérant qu'elles ont été déposées dans un environnement deltaïque, avec de larges influences intertidales.

Guardia et Fenet (1975) : Dans leur étude, Guardia et Fenet ont identifié une formation géologique appelée les "Argiles de Saida". Ils ont utilisé différents termes pour décrire cette formation dans différentes parties de la région. Ils l'ont désignée comme le "Groupe gresopélique médian" dans l'ensemble du domaine tellien de l'Algérie nord-occidentale.

V. But de travail et méthodologie :

1. But de travail :

Ce travail se focalise sur une étude détaillée de la coupe de Djbel Ben Kmer à Saida, en mettant l'accent sur les caractéristiques Biostatistique et micropaléontologiques, notamment sur foraminifères trouvés dans les couches argileuses du Callovien. L'objectif de cette étude est d'améliorer la compréhension du paléoenvironnement de cette coupe, qui présente un intérêt scientifique important dans le domaine de la géologie

2. Méthode de travail :

Les étapes de la méthode d'étude comprennent ce qui suit :

A. Des comptages réalisés sous la loupe binoculaire pour dégager les familles de foraminifères pour chaque niveau de prélèvement dans la coupe.

B. En plus du compte des indices biocénétiques pour évaluer le taux de renouvellement ainsi que de diversité.



Fig. 05 : Les appareils et les moyens utilisés pour le tri de foraminifères.

- D.** Utilisation d'une approche statistique (analyse en composante principale) sur les données de micropaléontologie.
- E.** Etude minéralogique des argiles par DRX : La diffractométrie de rayons X est une technique d'analyse chimique basée sur la diffraction des rayons X par la matière. Cette diffraction se produit uniquement dans les substances cristallines, et non amorphes comme les liquides ou les gaz. L'instrument utilisé pour ces mesures est appelé un diffractomètre, et les données recueillies sont présentées sous forme de diagramme de diffraction, également connu sous le nom de diffractogramme. Ces analyses sont effectuées au Laboratoire du Sahara de l'Université Kasdi Merbah Ouargla.

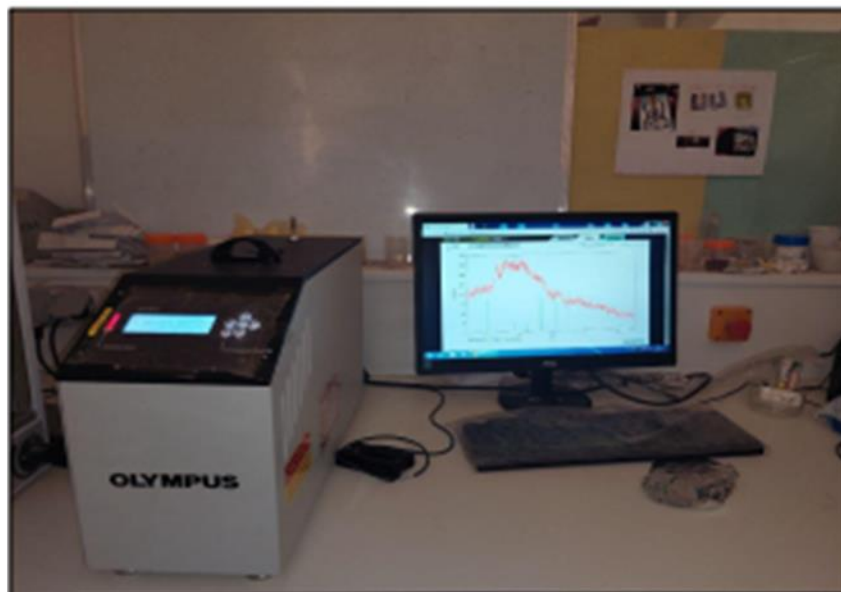


Fig.06 : Photo montrant le diffractogramme utilisé (Laboratoire de Géologie du Sahara, Université d'Ouargla).

- F.** L'analyse calcimétrique des échantillons vise à déterminer la quantité de CaCO_3 (carbonate de calcium) présente de sol ou de roche. L'appareil fonctionne sur le principe de la réaction chimique entre le carbonate de calcium présent dans l'échantillon et un acide, généralement l'acide chlorhydrique (HCl). Cette réaction produit du dioxyde de carbone (CO_2) qui est ensuite mesuré. La quantité de CO_2 produite est proportionnelle à la quantité de carbonate de calcium dans l'échantillon. Le calcimètre de Bernard permet ainsi une estimation rapide et précise de la teneur en carbonates.



Fig.07 : Appareil Calcimètre de Bernard (Laboratoire de Géologie du Sahara, Université d'Ouargla).

- **L'appareillage d'un calcimètre Bernard est constitué des éléments suivants :**

- une ampoule,
- un tube gradué d'une capacité de 100 cm³,
- un Erlenmeyer de 100 cm³,
- un petit tube en verre dont la hauteur est environ la moitié de celle de l'Erlenmeyer,
- deux bouchons percés d'un trou, adaptés respectivement au tube gradué et à l'Erlenmeyer

- **Mode opératoire :**

1. Préparer une solution saturée de NaCl.
2. Remplir l'ampoule jusqu'à mi-hauteur avec cette solution (l'utilisation d'eau non salée pourrait fausser les résultats en permettant au CO₂ dégagé de se dissoudre).
3. Tarer la balance puis peser 0,5 g de l'échantillon broyé.
4. Placer l'échantillon dans l'Erlenmeyer.
5. Fixer une boulette de pâte à modeler sous le petit tube.

6. À l'aide d'une pipette, verser de l'HCl concentré dans le petit tube.
7. Utiliser une grosse pince pour placer le petit tube dans l'Erlenmeyer, puis refermer celui-ci.
8. Ajuster la hauteur de l'ampoule de manière à ce que le niveau de la solution salée soit identique dans l'ampoule et le tube gradué, de façon à ce que le contenu de l'Erlenmeyer soit à la pression atmosphérique.



Fig.08 : Étapes et outils utilisés dans un calcimètre de Bernard.
(Laboratoire de Géologie du Sahara, Université d'Ouargla).

- **La mesure :**

- Inclinez l'Erlenmeyer pour verser l'acide sur l'échantillon.
- Replacez l'Erlenmeyer et attendez la fin de l'effervescence.

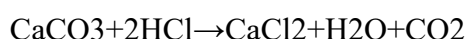
Pour obtenir une mesure précise, attendez que la température se rééquilibre avec celle de l'air ambiant. À ce stade, la pression dans le tube gradué est supérieure à la pression atmosphérique.

Pour rétablir la pression atmosphérique, descendez l'ampoule jusqu'à ce que le niveau soit identique dans l'ampoule et le tube. Le CO₂ libéré est alors à pression atmosphérique, et la mesure peut être effectuée.

- Ouvrez l'Erlenmeyer et ajoutez un peu d'acide sur l'échantillon. Assurez-vous que l'acide était bien en excès et que tout le CaCO₃ a été complètement dissous.

- **Teneur en CaCO₃ :**

La réaction entre le CaCO₃ et l'excès d'acide HCl suit l'équation suivante :



Lorsqu'une mole de CaCO₃ (100 g/mol) réagit avec l'excès d'acide HCl, elle libère une mole de CO₂ (soit 22,4 litres ou 22 400 mL).

En connaissant le volume de CO₂ libéré (différence entre le niveau final et le niveau initial), utilisez un produit en croix pour calculer la masse de CaCO₃ attaquée. Ensuite, en connaissant cette masse de CaCO₃ et la masse totale de l'échantillon, utilisez un produit en croix pour déterminer le pourcentage de CaCO₃ dans l'échantillon.

- **Exemple de calcul :**

Données initiales :

Masse de l'échantillon = 0,25 g

Niveau initial de CO₂ = 0 mL

Niveau final de CO₂ = 44 mL

Étape 1 : Calcul de la masse de CaCO₃ attaquée

Sachant que 100 g de CaCO₃ produisent 22 400 mL de CO₂, nous pouvons utiliser un produit en croix pour trouver la masse de CaCO₃ correspondant à 44 mL de CO₂.

$$(100 \text{ g} / 22400 \text{ mL}) = (x \text{ g} / 44 \text{ mL})$$

$$X = (44 \times 100) / 22400$$

$$X = 0,1964 \text{ g} \approx 0,20 \text{ g}$$

Étape 2 : Calcul du pourcentage de CaCO₃ dans l'échantillon

$$(0,20 \text{ g} / 0,25) = (Y \text{ g} / 100 \text{ g})$$

$$Y = (0,20 \times 100) / 0.25$$

En connaissant la masse de CaCO_3 (0,20 g) et la masse de l'échantillon (0,25 g), nous pouvons utiliser un produit en croix pour déterminer le pourcentage de CaCO_3 dans l'échantillon.

Résultat : Le pourcentage de CaCO_3 dans l'échantillon est de 80 %. (Benabdelhadi 2014).

CHAPITRE 02 : LITHOSTRATIGRAPHIE ET BIOSTRATIGRAPHIE.

Chapitre 02 : Lithostratigraphie et biostratigraphie.

I. Introduction :

Le deuxième chapitre de notre étude basée sur une analyse approfondie de la lithostratigraphie et une analyse biostratigraphique, nous décrirons en détail les caractéristiques lithologiques et la segmentation de la coupe géologique du Djebel Ben Kmer. Nous accorderons une attention particulière au contenu fossilifère, incluant à la fois les microfaunes présentes, spécifiquement les foraminifères, et pour étudier la répartition biostratigraphique des foraminifères ; une étude détaillée sur l'extension verticale des principales espèces rencontrées dans la coupe de Djbel Ben kmer est fournit.

II. Lithostratigraphie :

1) Localisation de la coupe :

La coupe de Djebel Ben Kmer se trouve à environ 5 km au nord des Eaux Chaudes (Hammam Rabi), dans la partie supérieure des ravins de l'Oued Rouha qui creusent le flanc ouest du Djebel Ben Kmer. Le contact entre les Argiles de Saida et leur substratum est particulièrement bien exposé à une cascade, du bas vers le haut. La coupe est orientée sud-ouest nord-est et ses coordonnées UTM (WGS 84) sont les suivantes (fig. 09) :

$X1=3869096.511$ $Y1=249066.158$ / $X2=3868658.324$ $Y2=248677.769$

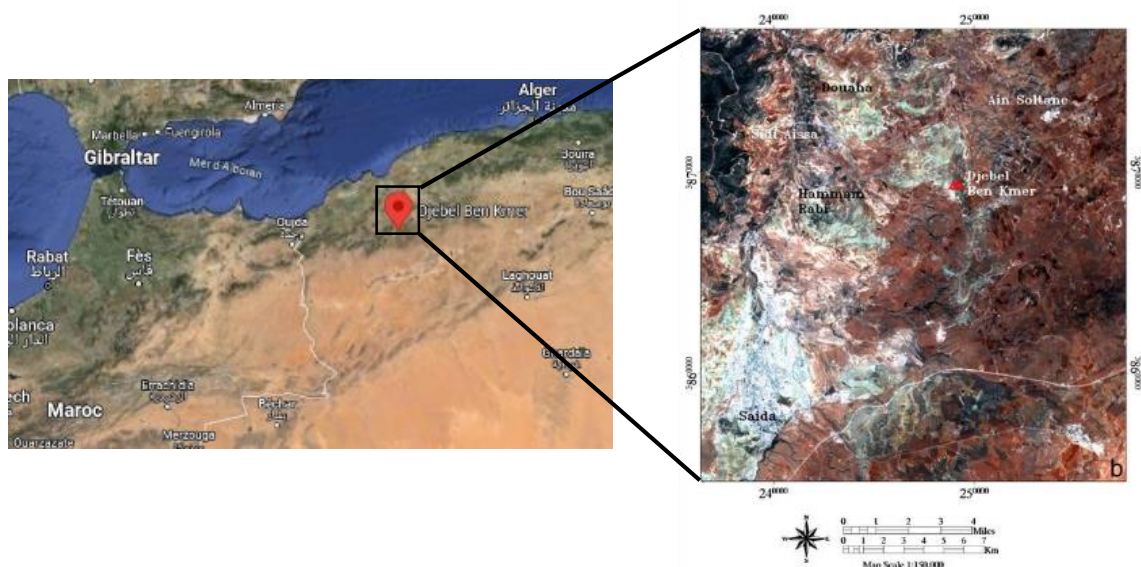


Fig.09 : Situation de la région de Djbel Ben Kmer (a/Extrait Google maps 2024).

2) Les grandes lignes lithostratigraphiques de la région :

Grâce aux études antérieures, nous avons pu établir l'enchainement des formations suivantes (Lucas, 1952 ; Elmi, 1972 et Touahria, 1979) :

2.1. Les Couches de Ben kmer :

Selon **Elmi (1972)**, le point culminant de cette structure géologique est situé dans la période du Bajocien supérieur. Cette couche est décrite comme étant composée d'un mélange d'argile et de calcaire de teinte bleutée, reposant sur une séquence alternée de marnes et de bancs de calcaire argileux.

2.2. Les calcaires à ovoïdes :

Ils sont identifiés comme étant la "brèche phosphatée à ammonites" décrite par Lucas (1952, p. 91). Il s'agit de calcaires fins, plus ou moins argileux, renfermant de nombreux ovoïdes stromatolitiques. Ces derniers présentent une structure similaire à celle des oncolites et leur taille varie de quelques millimètres à plus de 10 cm. Dans certaines régions, ils peuvent être très abondants, ce qui donne l'apparence d'une brèche comme décrite par Lucas. Parfois, ils sont également imprégnés d'oxydes de fer et de phosphate. Bien que parfois très mince, cette couche peut atteindre jusqu'à 1,10 mètre d'épaisseur au maximum. Dans cette localité spécifique, elle se divise en trois parties, de bas en haut :

- Une couche de calcaire composée de grains de quartz (épaisseur de 0,85 m).
- Une couche de calcaire contenant des oolithes Ferrugineuses, des galets de fer et parfois des ammonites qui peuvent être retravaillées en galets (épaisseur variant de 0,04 à 0,15 m).
- Une couche de calcaire vert clair légèrement spathique (épaisseur de 0,10 m).

Les formations "ovoïdes" peuvent localement disparaître et être remplacées par des oolithes ferrugineux. Ces calcaires datent du Callovien inférieur.

2.3. Les Argiles de Saïda :

Il y a une alternance de couches de grès et de niveaux argileux ou marneux dans la région de Saïda. Pour la cartographie détaillée, les "Argiles de Saïda" ont été subdivisées en deux membres :

- Le premier membre est principalement composé de marnes avec des intercalations occasionnelles de plaquettes calcaires, parfois gréseuses.

- Le deuxième membre est également argileux et contient plusieurs niveaux de nodules ferrugineux, parfois avec une structure septariale, ainsi que des ammonites pyriteuses de l'Oxfordien. Vers le sommet de cette formation, on observe des bancs nodulaires de calcaires micritiques blancs.

Ces deux membres sont séparés par un banc de grès assez grossier, légèrement calcaire, présentant des figures de charge au mur. Vers le sommet, on peut observer des traces de végétaux, des terriers, des traces bilobées déjà observées par A. Pomel en 1890, ainsi que des figures arquées en cuillère correspondant à des rides d'interférence.

2.4. Les grès de Bou-Médine :

Cet ensemble comprend des couches d'argile de couleurs variées qui peuvent être intercalées de manière très variable, ainsi que des grès présentant des stratifications entrecroisées affectées par des chenalisations.

<u>Lithologie</u>		<u>figures de base et de sommet</u>	
	Ammonite	P.C : Prod-cast	
	Bèliminte	G.C : Groove-cast	
			Ride de courant lingoïde
			Ride de courant
	Argile	<u>Figures d'interface</u>	
	Marne		Laminations horizontales
	Grès massif		Laminations obliques
	Grès		Laminations entrecroisées
	Calcaire		
	Calcaire stromatolithique		
	Calcaire à bioclaste		
	Calcaire marneux		

Fig. 10 : Liste des figurés et des abréviations utilisée.

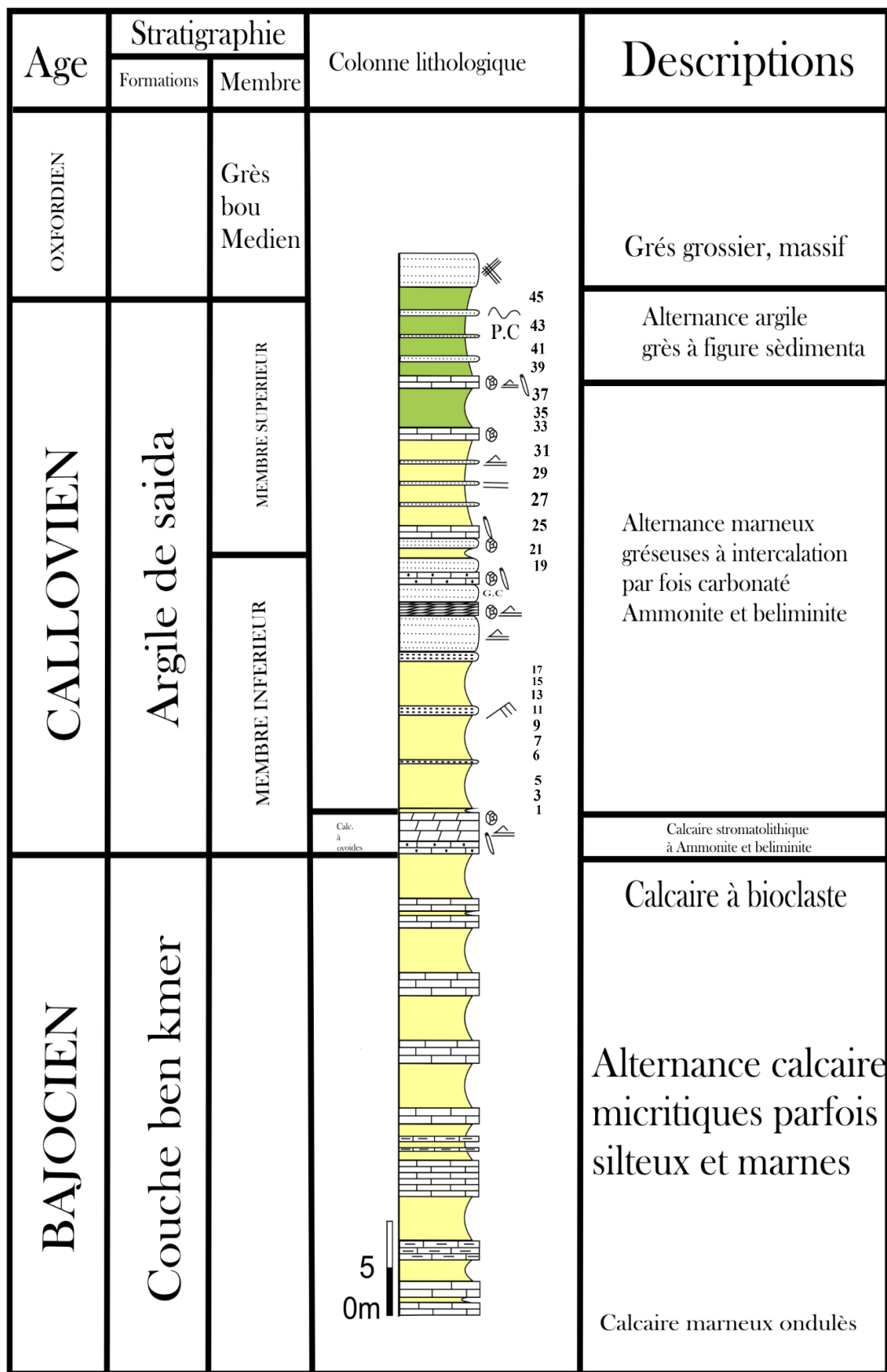


Fig. 11 : Colonne lithostratigraphique de la coupe de Djebel Ben Kmer
(Ziouit, 2023).

III. Biostratigraphie :

Les foraminifères sont des organismes unicellulaires appartenant au règne animal, habitant les fonds des lagunes et des mers ou faisant partie du plancton océanique. Leur présence est attestée depuis le début de l'ère paléozoïque jusqu'à nos jours. Certains de leurs groupes ont connu une évolution rapide, ce qui est précieux pour la biochronologie et la corrélation précise des couches géologiques entre différentes régions. Leur sensibilité aux conditions écologiques en fait des outils particulièrement utiles pour étudier les environnements actuels et passés. L'analyse systématique des foraminifères repose sur la détermination taxonomique et les classifications établies par des auteurs tels que Loeblich et Tappan en 1987 et en 1992.

1. Répartition biostratigraphie des foraminifères :

L'examen de la distribution verticale des foraminifères dans la coupe de Djebel Ben Kmer est présenté dans la figure 12. Cette L'examen a conduit à l'obtention de nouvelles données biostratigraphiques et à une meilleure précision du cadre stratigraphique de la formation des argiles de Saïda. Les populations de foraminifères observées dans le cadre de cette étude permettent d'identifier trois assemblages distincts.

- **Assemblage n°1 :**

Les foraminifères recueillis à la base de la formation d'argile de Saïda comprennent une variété d'espèces microscopiques, parmi lesquelles les foraminifères à coquille transparente (les tests hyalin), tels que *Lenticulina münsteri* mg. *Lent*, *Lenticulina quenstedti* mg. *Lenticulina*, *Lenticulina quenstedti* mg. *Astacolus*, *Paalzowella feileili*, *Spirillina infima*, *Citharina longuemari* et *Ramulina spandeli* ; en plus de *Ammobaculites* agglutinans.

- **Assemblage n°2 :**

Une importante abondance et diversité de microfaune sont observées, caractérisées par la prédominance des foraminifères qui construisent leur coquille à partir de matériaux agglutinés. Parmi eux, on trouve *Lenticulina munsteri* mg. *Lenticulina*, *Lenticulina quenstedti* mg. *Lenticulina*, *Dentalina bilocolus*, *Spirilina infima*, *Spirilina polygyrata*, *Spirilina elongate*, *Paalzowella feileili*, *Rumalina spendeli*, *Dentalina protéorme*, *Citharina clathrata*, *Dentalina* sp, *Ammobaculites agglutinans*, *Ammodiscus siliceux*, *Nodosaria mutabilis*, *Globuligerina oxfordiana*, *Dentalina vetusta*, *Textularia jurassica*.

- **Assemblage n°3 :**

Dans la partie supérieure, on remarque une faible diversité des espèces de foraminifères, avec une dominance des espèces qui construisent leur coquille à partir de matériaux agglutinés. Parmi celles-ci, on retrouve. *Lenticulina munsteri* mg. *Lenticulina*, *Lenticulina quenstedti* mg. *Lenticulina*, *Lenticulina quenstedti* mg. *Astacolus*, *Spirilina infima*, *Glonospire*, *Textularia jurassica*, *Trochamina inflata*, *Ammodiscus siliceux*, *Proteonina diffflugiformis*, *Ammobaculites agglutinans*, *Globogerina oxfordianna*, *Epistomina* mn, *Reinchonella* sp, *Reophax horridus*, *Ophthalmidium carinatum*, *Haplophragmium aequale*, *Verneuilioides mauritii*, *Marginulina jurassica*, *Eogulitllina biloculis*, et *Ophtalmidium carinatum*.

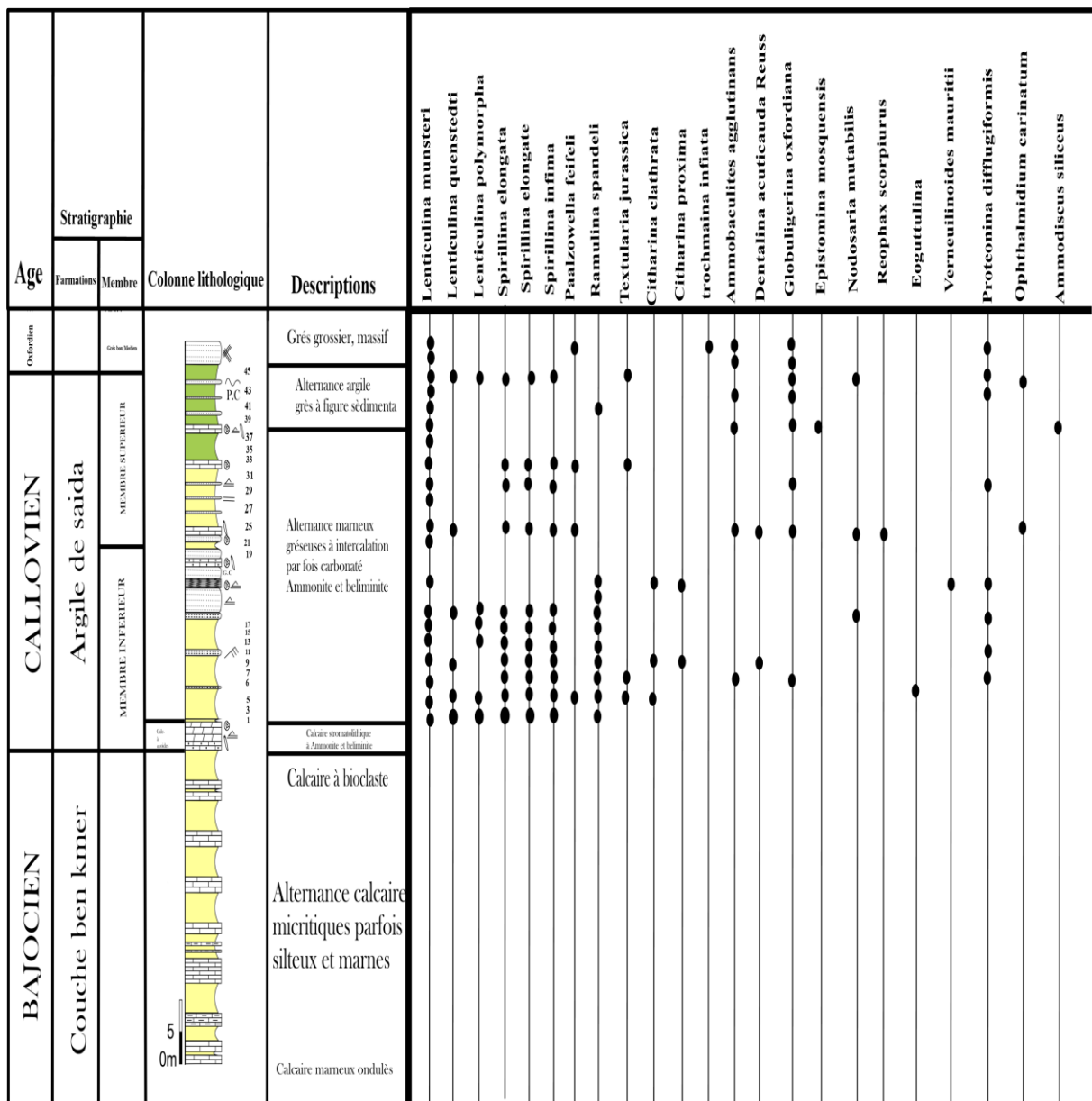


Fig. 12 : Répartition verticale des foraminifères dans la coupe de Djebel Ben Kmer.

**CHAPITRE03 :
ÉVOLUTION SPATIO-
TEMPORELLE DES
FORAMINIFÉRES.**

CHAPITRE03 : ÉVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DES FORAMINIFÉRES.

I. INTRODUCTION :

La répartition qualitative et quantitative des foraminifères dans l'espace ainsi que leur évolution au fil du temps sont influencées par les conditions environnementales, telles que la bathymétrie, la physiographie, les types de faciès, le niveau d'oxygène et la disponibilité de la nourriture. Les variations bathymétriques semblent jouer un rôle particulièrement important à cet égard. Ces relations sont soulignées dans des travaux antérieurs tels que ceux de Cubaynes & Ruget (1986), Ruget et al. (1989), Cubaynes et al. (1991), Rey et al. (1994), Murray (1991), Jones et Charnock (1985), Bouhamdi (2000) et Sebane (2007).

Dans la région de Saïda, les foraminifères examinés sont nombreux et généralement diversifiés, suggérant qu'ils pourraient servir efficacement de marqueurs environnementaux et permettre de caractériser différents milieux. Pour confirmer cette hypothèse, cette étude entreprendra une comparaison des compositions quantitatives des foraminifères du côté les familles et les tests prélevés dans la coupe de Djebel Ben Kmer

II. DEFINITION ET PRESENTATION DES PRINCIPAUX GROUPES DES FORAMINIFERES DANS LES MONTS DES SAIDA.

Les observations micropaléontologiques effectuées dans les séries jurassiques des Monts de Saïda révèlent la présence de deux groupes de foraminifères.

Le premier groupe est caractérisé par des foraminifères dont la paroi est complexe et agglutinée, tandis que le deuxième groupe est composé de formes dont le test est principalement calcaire et hyalin.

Parmi les foraminifères benthiques (voir figures 13, 14), on trouve des *Nodosariidés*, des *Polymorphinidés*, des *Spirillinidés*, des *Epistominidés*, ainsi que des *Globuligérinidés* (une première forme pélagique), associés à des organismes agglutinants.

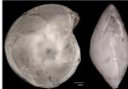
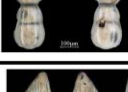
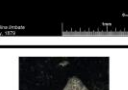
Familie		Genres	Auteurs	Coquille	Caecatéristiques morphologiques		
					Section	Ouverture	Dessin
FAMILLE DES NODOSARIIDAE FAMILLE DES NODOSARIIDAE FAMILLE DES NODOSARIIDAE	Lenticulina	Morphogène	LAMARCK, 1804	Unisériée, planispiralée, involute, spires fermées.	Biconvexe	Terminale simple ou radiée	
		lenticulina					
		Astacolus	MONFORT, 1808	Unisériée, involute, spiralee, sutures fortement inclinées vers la région ombilicale.	Ovale, biconvexe	Terminale radiée	
		Planularia	DEFRANCE in de BLAINVILLE, 1824	Unisériée, spiralee, plus ou moins évolue, flanc plat.	Lenticulaire	Terminale radiée	
		Falsopalmula	BARTENSTEN, 1948	plat, stade initiale spiralé (8 loges), les loges plus ou moins évolue, suivi d'un stade déroulé formé des loges en chevron.	Lenticulaire	Terminale radiée	
	Dentalina	RISSO, 1826	Unisériée allongée, souvent arquée, sutures plus ou moins obliques.	Triangulaire (Partie déroulée)	Terminale radiée		
	Nodosaria	LAMARCK, 1812	Unisériée, droite pas de spires, les sutures perpendiculaires à l'axe de symétrie.	Arrondie	Terminale radiée parfois portée par un col		
	Citharina	D'ORBIGNY, 1839	Unisériée et subtriangulaire, aplatie, bord dorsal rectiligne, loges sont courtes et inclinées vers le bord ventral. Flancs plats ou légèrement bombés.	Ciculaire	Terminale radiée sur le bord dorsal		
	Eoguttulina	CUSHMAN et OZAWA, 1930	Allongée, fusiforme ou polygonale. Les loges agencées en spirale, très petites à la base, croissant en hauteur, les loges les plus récentes semblent couvrir les précédentes.	Monocarénée, bicarénée ou tricarénée parfois lenticulaire.	Ronde au sommet de la loge quelques fois radiée.		
	Spirillina	REUSS & FRITSCH, 1861	Test planispiralé de petite taille, composé d'un minuscule proloculus sphérique, suivi d'une loge tubulaire enroulée	/	Ronde terminale		
Ammobaculites	CUSHMAN, 1910	Formes agglutinées, involutes à spires planispirales, les sutures légèrement enfoncées.	/	Ronde terminale			
Ophtalmidium	KUBLER & ZWINGLI, 1870	Planispiralée, peletonnée, à contour circulaire, allongé ovoïde ou parfois losangique. loges tubulaires de diamètre constant.	/	Terminale ronde, portée par un col			
Ammodiscus	REUSS, 1862	Agglutinée, discoïde, planispiralée et bilobulaire, loge tubulaire non choisisnée et enroulée.	/	Terminale ronde située à la fin d'un tube.			

Fig.13 : Définition et présentation des principaux genres de foraminifères à tests hyalins et les tests agglutinants rencontrés dans les Monts de Saïda (ZIOUIT, 2012).

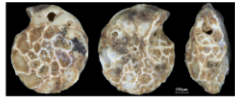
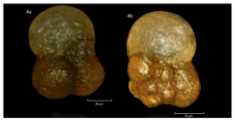
Sous-ordre		Famille	Genres	Caractéristiques morphologiques		
				Coquille	Ouverture	Dessin
Foraminifères à paroi aragonitique radiaire	ROBERTINA LOEBLICH et TAPPAN, 1948	Epistominidae WEDEKING, 1937	Garantella GREGELIS, 1963	Forme planctoniques trochospiralee de petit taille a forme générale arrondie. Face ombilicale concave.	Aréales enfoncées	
Foraminifères Planctoniques à paroi calcaire perforée	GLOBIGERINA DELAGE & HEROUARD, 1896.	Globuligerina LOEBLICH & TAPPAN, 1984.	Globuligerina BIGNOT & GUYADER, 1971	Test lisse de grande taille lenticulaire à enroulement trochospiral et à marge munie d'un important bondeau carénal.	Centrale bordée par une lèvre.	
Textulariina DELAGE et HEROUARD, 1896 foraminifères à paroi agglutinée	TEXTULARIIDAE EHRENBERG, 1839		Textularia DEFANCE, 1824	Bisérié, aplati latéralement, loges nombreuses plus larges que hautes séparées par des sutures déprimées.	Ouverture arpuée	
	SACCAMINIDAE BRADY, 1884		protonina WILLIAMSON, 1858.	Ovoïde à allongée, plus ou moins aplati latéralement. Paroi composée d'un agglutinat de petits grains de quartz.	A L'extrémité d'un col terminal.	
	HORMOSINIDAE HAECKEL, 1894		Reophax MONTFORT, 1808.	Coquille unisérié de grande taille, caractérisé par une paroi grossièrement agglutinée, composée de trois à quatre loges sphériques ou allongées séparées par des sutures entaillées.	Terminale au sommet de la dernière loge	
	PFENDERIDAE SMOUT et SUGDAN, 1962		Verneuilinoides, LOEBLICH et TAPPAN, 1950.	coquille finement agglutinée en forme de cône moins large et long. Section transverse ovoïde loge nombreuses à arrangement trisérié séparées par des sutures profondes.	En fente.	

Fig14 : Définition et présentation des principaux genres de foraminifères à tests agglutinants et certaines des autres familles accompagnatrices rencontrées dans les Monts des Ksour rencontrées dans les Monts de Saïda (Ziouit, 2012).

III. LA FRÉQUENCE RELATIVE DES FAMILLES ET DES TESTS DE FORAMINIFÈRES :

1. La Coupe de Djebel Ben kmer :

1.1.Fréquence relative des différentes familles des foraminifères :

Au Callovien inférieur, les données quantitatives sur la microfaune révèlent une prédominance des *Nodosariidés* (22 à 38%) et des *Spirillinidés* (32%), suivis par des *Polymorphinidés* (12 à 31%). Les autres familles sont moins représentées. Ces niveaux marneux suggèrent un environnement de plateforme externe moins profond.

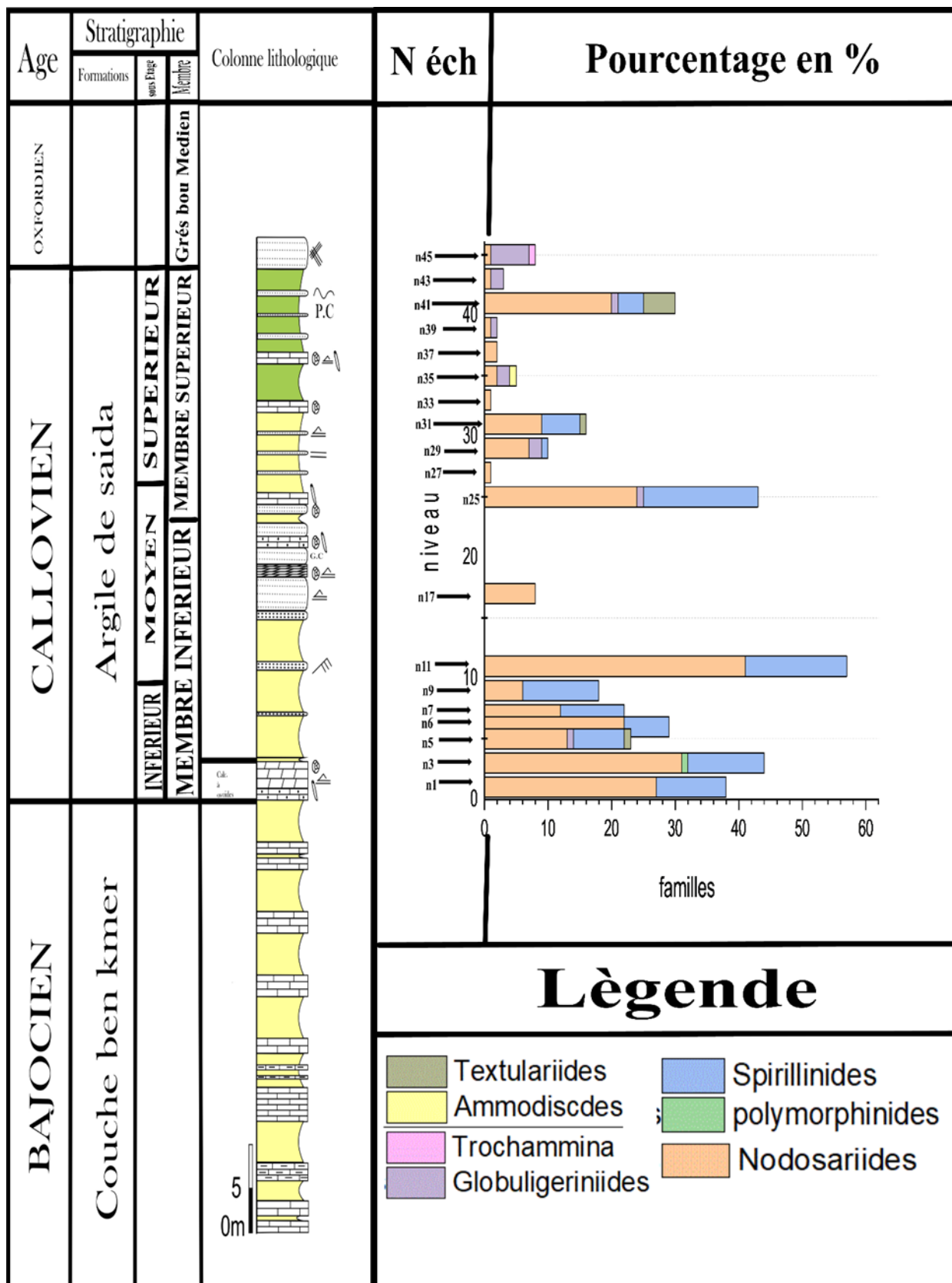


Fig.15 : Fréquence relative des différentes familles des foraminifères.

Au cours du Callovien moyen, cette période se caractérise par une tendance générale à l'approfondissement. Cela est indiqué par une augmentation des pourcentages des *Nodosariidés* (6 à 57%), des *Spirillinidés* (8 à 43%) et des formes planctoniques telles que les *Globuligerinidés* (25%).

Au Callovien supérieur, le milieu se creuse progressivement et s'ouvre vers un domaine franchement marin avec une sédimentation argileuse et gréseuse. Pendant cette période d'approfondissement, les fréquences relatives montrent un renouvellement dans la composition des assemblages. On observe une diminution des *Spirillinidés* (de 43% à 25%) vers le sommet, des *Nodosariidés* (de 57% à 20%) et des *Globuligerinidés* (de 25% à 21%). De nouveaux taxons apparaissent également, tels que les *Trochammina* (8%), les *Textulariidés* (de 16% à 30%) et les *Ammodiscides* (5%).

1.2. Fréquence relative des différents tests des foraminifères :

Dans les trois secteurs, les foraminifères sont représentés par des formes agglutinantes et des foraminifères hyalins, à la fois lisses et ornés, ainsi que par des formes calcaires :

-Au Callovien inférieur, les hyalins forment le groupe le plus abondant avec un taux de 100%. Les agglutinants représentent entre 18% et 42%, tandis que les formes calcaires varient de 20% à 44%.

-Au Callovien moyen, les formes hyalines montrent une petite diminution. De plus, le pourcentage de formes agglutinantes augmente (42 à 100%), tandis que celui des formes calcaires diminue presque absent.

-Au Callovien supérieur, les formes hyalines continuent de diminuer avec un taux de 50%. On observe également une augmentation des formes calcaires, qui varient de 12,5% à 20%, tandis que les formes agglutinantes restent toujours abondantes, passant de 80% à 40%.

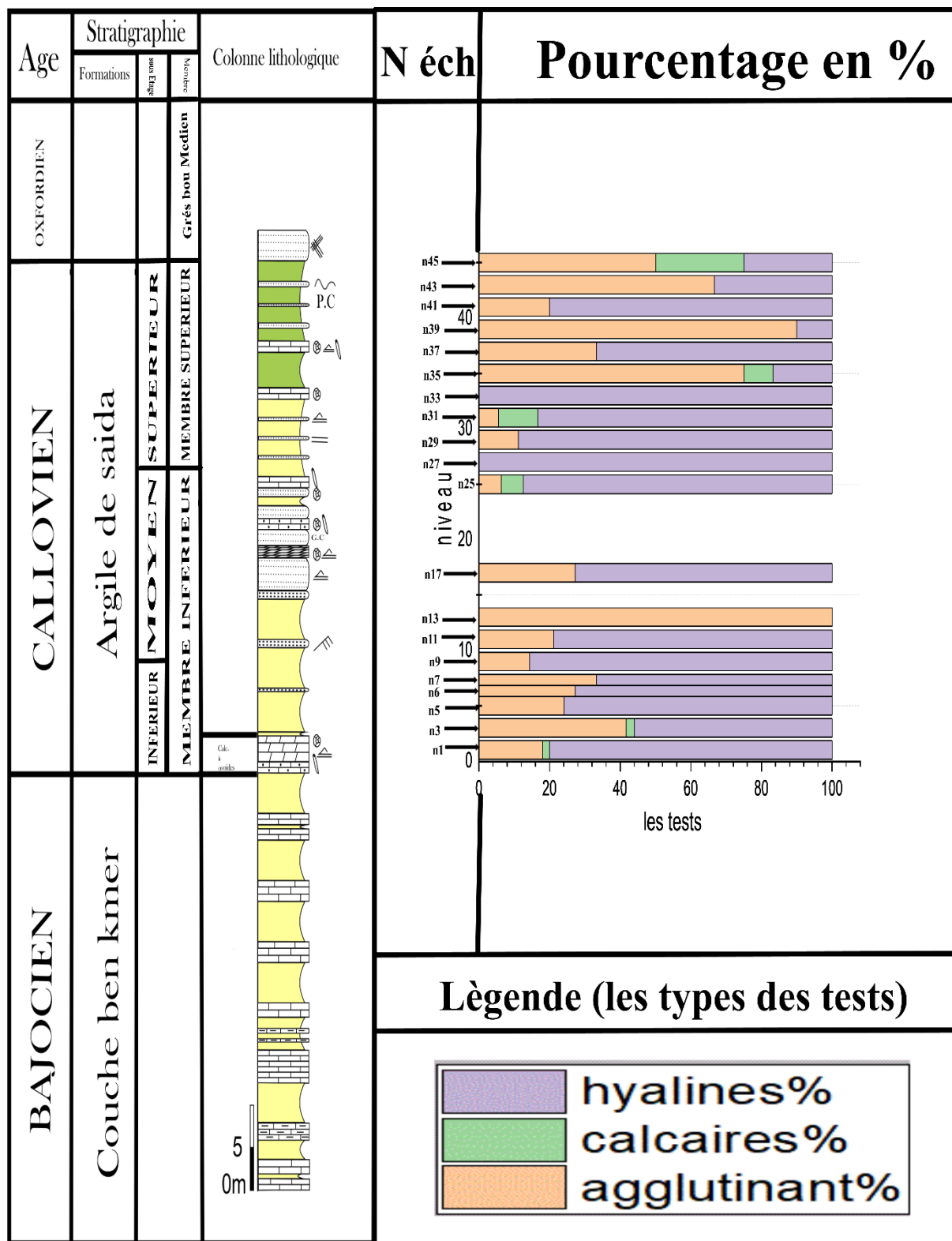


Fig.16 : Fréquence relative des différentes tests des foraminifères.

IV. Etude minéralogique des argiles :

1. Résultats de la diffraction des rayons X (DRX) :

1.1. La description des résultats du diffractogramme des Rayon X Pour les échantillons prélevés sur de Djebel Ben kmer :

▪ Niveau 13 :

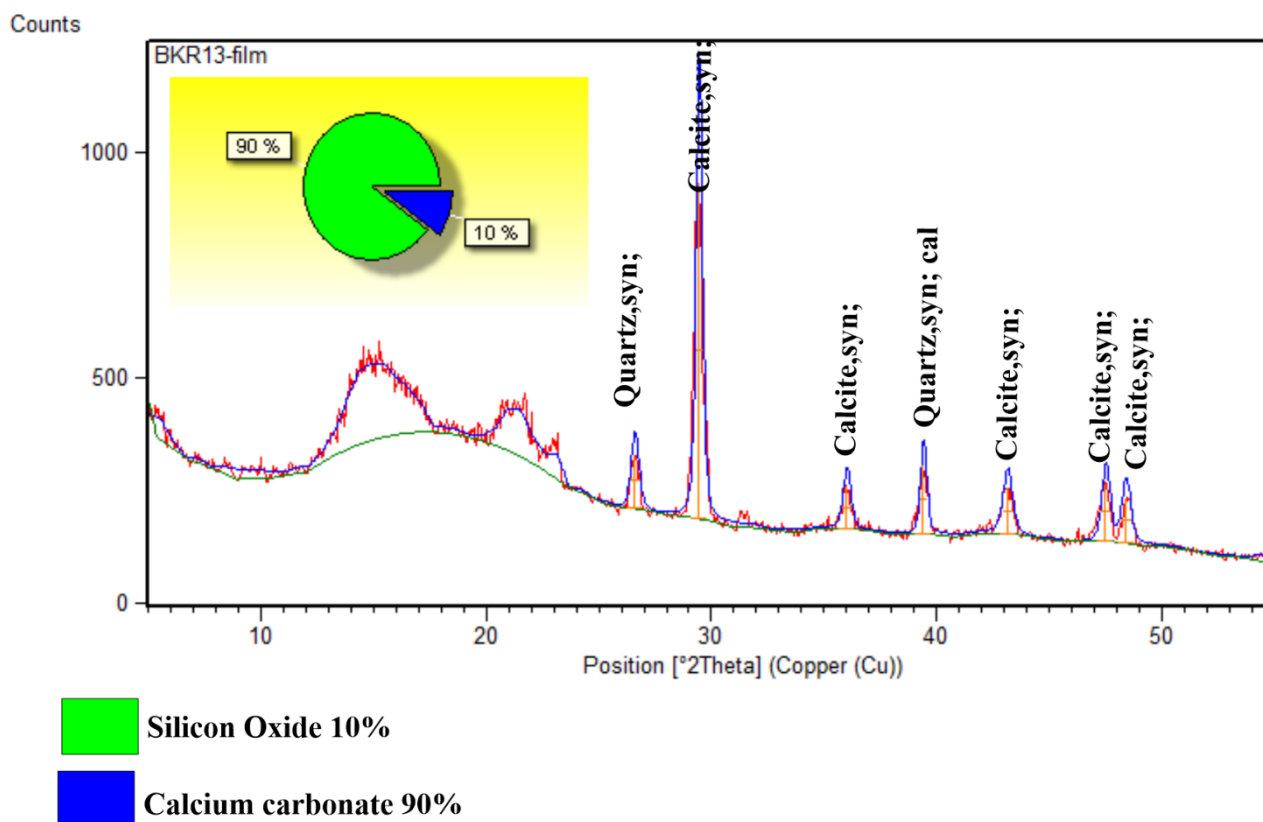


Fig.17 : Les diffractogrammes et les pourcentages des compositions de phase (niveau 13).

1.1.1. La description :

La courbe présentée montre des spectres de diffraction des rayons X (XRD), permettant l'identification des phases et l'analyse quantitative de la composition minérale. Chaque spectre affiche des pics correspondant aux différentes phases minérales, identifiées par leurs angles de diffraction caractéristiques (2θ). Cette analyse, effectuée dans la région de Saïda, au site de Djebel Ben Kmer, concerne l'échantillon 13 (Fig. :17). Les minéraux identifiés sont le quartz et la calcite. Les pourcentages des minéraux présents sont les suivants : calcite 90 % et quartz 10%

▪ Niveau 29 :

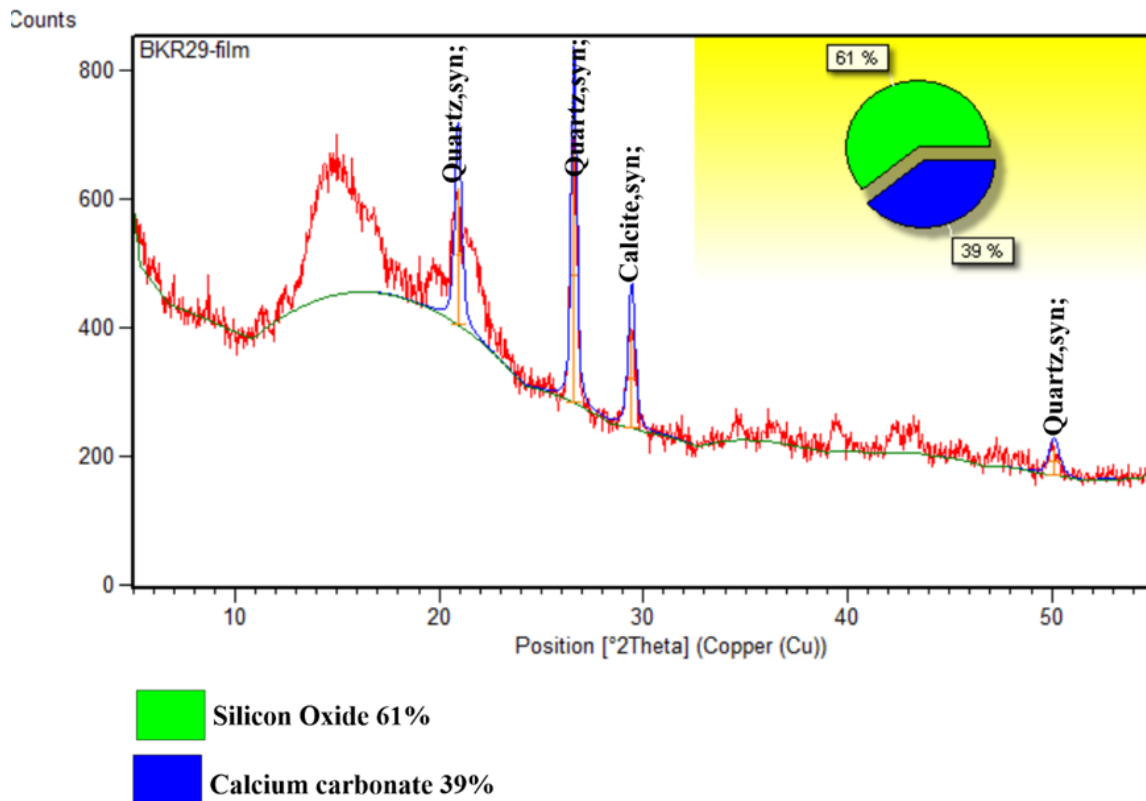


Fig.18 : Les diffractogrammes et les pourcentages des compositions de phase (niveau 29).

1.1.2. La description :

Le diffractogramme de rayons X révèle que l'échantillon 29 analysé est majoritairement composé de quartz (61%) et de calcite (39%). Cette composition minérale offre des indices sur l'origine et les conditions de formation de l'échantillon, suggérant un mélange de sédiments silicieux et carbonatés, potentiellement d'origine marine.

▪ Niveau 45 :

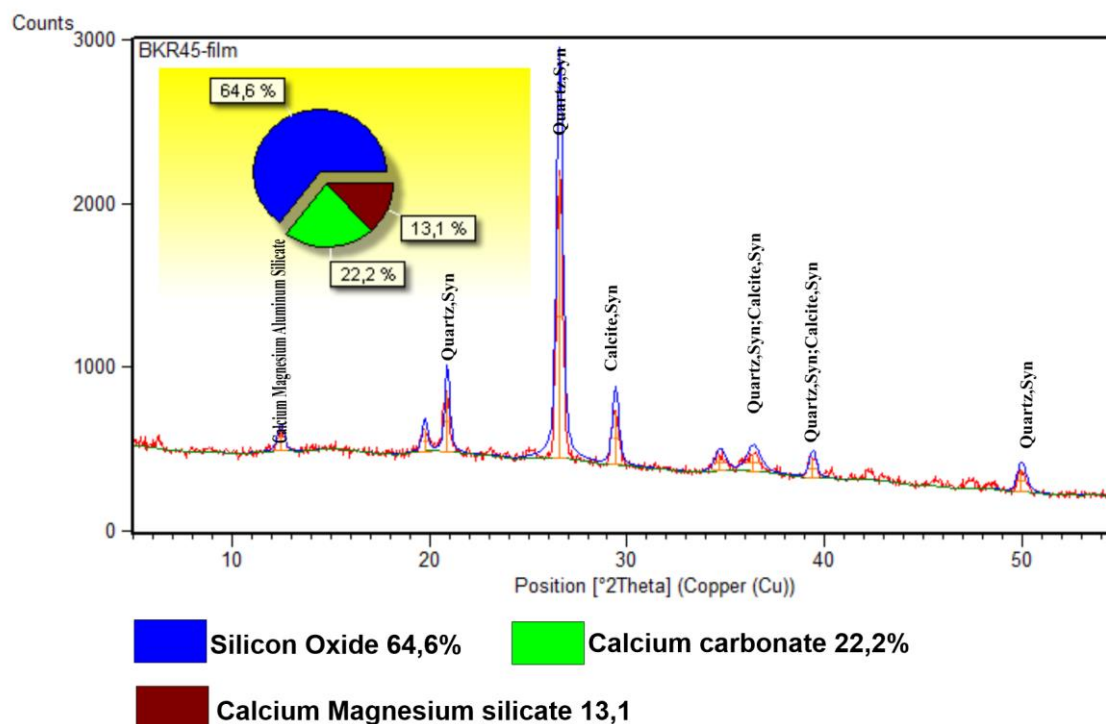


Fig.19 : Les diffractogrammes et les pourcentages des compositions de phase (niveau 45).

1.1.3. La description :

L'analyse montre que l'échantillon "BKR45-film" est principalement composé de quartz (64,6 % de SiO_2), ce qui est cohérent avec les nombreux pics de quartz observés dans le spectre. Le carbonate de calcium (calcite) représente 22,2 % de la composition, ce qui est aussi en accord avec les pics de calcite identifiés. Enfin, les silicates de calcium et de magnésium constituent 13,1 % de l'échantillon, ce qui pourrait correspondre à des pics moins distincts ou à une présence en quantités moindres.

Formule chimique des métaux	Ech 13	Ech 29	Ech 45
Quartz (SiO_2)	10%	61%	64,6%
Calcite (CaCO_3)	90%	39%	22,2%
CaO–MgO–Al ₂ O ₃ –SiO ₂	—	—	13,1%

Tableau.01 : Tableau des compositions de phase (%)

1.2. Interprétation :

-**Échantillon 13 (Ech 13)** : Dominé par la calcite (90 %), avec une présence mineure de quartz (10 %). Ce type de composition indique un environnement de dépôt riche en calcite, potentiellement d'origine marine, où les carbonates dominent.

-**Échantillon 29 (Ech 29)** : Principalement composé de quartz (61 %), avec une quantité significative de calcite (39 %). La haute teneur en quartz suggère un environnement de dépôt plus siliceux, possiblement marine riche en apport terrigène, avec une contribution importante de sédiments siliceux.

-**Échantillon 45 (Ech 45)** : Principalement composé de quartz (64 %), une quantité moindre de calcite (22,2 %), et une présence notable de silicates complexes de calcium, magnésium et aluminium (13,1 %). La présence équilibrée de calcite et de dolomie, avec une dominance de silicates, suggère un environnement mixte, où les contributions de sources marines se combinent avec des apports argileux, indiquant peut-être une sédimentation plus complexe ou variée.

2. Résultats de la Calcimètre de Bernard :

2.1 Analyse Détaillée des Pourcentages de CaCO_3 :

✚ Échantillons à Faible Teneur en CaCO_3 (moins de 20%) :

Niveaux 45, 43, 33, 15 :

Ces échantillons montrent des pourcentages de CaCO_3 respectivement de 1,8%, 10%, 8%, et 16%.

Cela pourrait indiquer des échantillons avec peu de carbonate de calcium, potentiellement des matériaux non calcaires ou faiblement calcaires.

✚ Échantillons à Teneur Moyenne en CaCO_3 (entre 20% et 40%) :

Niveaux 39, 29, 25, 21, 13, 3, 2 : Ces échantillons montrent des pourcentages de CaCO_3 respectivement de 18%, 26%, 32%, 36%, 34%, 42%, et 26%.

Ils représentent des matériaux avec une composition calcaire modérée, souvent trouvés dans des sols ou des roches avec une composition mixte.

✚ Échantillons à Haute Teneur en CaCO₃ (plus de 40%) :

Niveaux 31, 27, 17, 6 : Ces échantillons montrent des pourcentages de CaCO₃ respectivement de 62%, 70%, 80%, et 72%.

Ces niveaux élevés de CaCO₃ indiquent probablement des matériaux fortement calcaires, tels que des roches calcaires pures ou des sédiments marins riches en carbonate.

niveau	V0	V 1Minute	V 3 Minute	V 10 Minute	la masse de CaCO ₃ attaquée	pourcentage de CaCO ₃ dans l'échantillon
45	0	4	4	2	0,009	1,8
43	0	9	10	11	0,05	10
41	0	31	32	32	0,14	28
39	0	20	20	20	0,09	18
33	0	8	9	9	0,04	8
31	0	66	70	70	0,31	62
29	0	30	30	30	0,13	26
27	0	78	78	78	0,35	70
25	0	35	36	36	0,16	32
21	0	41	41	41	0,18	36
19	0	20	20	21	0 ,09	18
15	0	17	18	18	0,08	16
13	0	46	36	37	0,17	34
6	0	81	81	81	0,36	72
3	0	47	46	46	0,21	42
2	0	14	32	30	0,13	26

Tableau.02 : Représentation des résultats de l'analyse calcimétrique de Bernard.

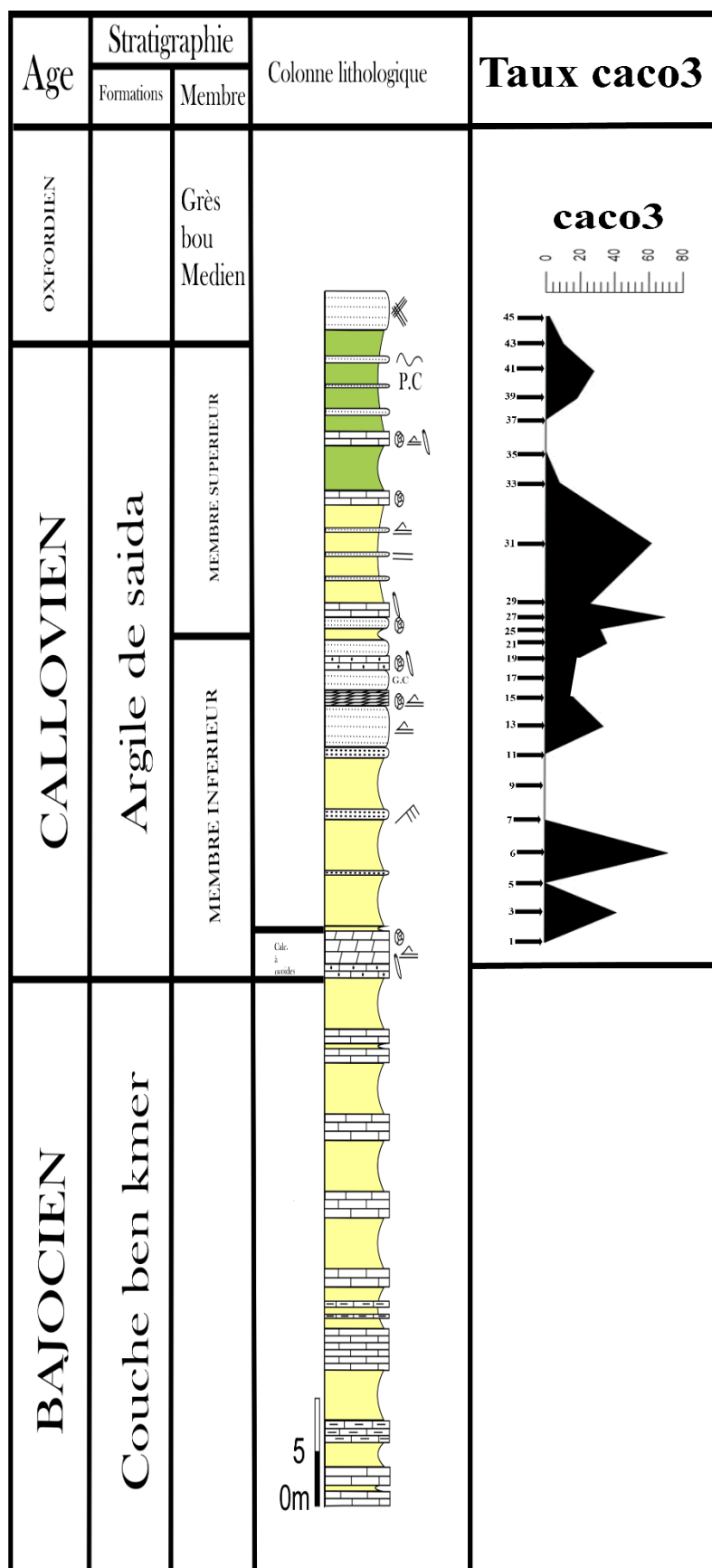


Fig.20 : le taux de carbonate de calcium dans la coupe de Djbel Ben Kmer.

CHAPITRE04 : ANALYSE STATISTIQUE DES FORAMINIFÉRES

CHAPITRE04 : Analyse statistique des foraminifères**I. Introduction :**

Ce chapitre se divise en deux parties distinctes. La première aborde le calcul des indices biocoénétiques, notamment le taux de renouvellement et l'indice de diversité des foraminifères. La deuxième partie est une application d'une méthode statistique, l'Analyse en Composantes Principales (ACP) sur les données quantitatives des foraminifères, pour voir étudier les peuplements de foraminifères à travers le logiciel statistique Origin.

II. Indices biocoenotiques :

Les variations des conditions physico-chimiques et nutritives du fond marin impactent les caractéristiques tant qualitatives que quantitatives des communautés biologiques. Le taux de renouvellement des individus constitue un indicateur reflétant la manière dont les associations de foraminifères réagissent aux exigences de leur environnement.

1. Méthodes de calcul :**1.1. Taux de Renouvellement :**

La formule utilisée pour calculer le taux de renouvellement des taxons entre deux niveaux Stratigraphiques est celle de Jarvinen, 1979 (in Sebane, 2007).

$$TR = \frac{N_{app.ij} + N_{disp.ij}}{N_i + N_j}$$

N_{app.ij} : nombre d'apparitions entre les niveaux successifs i et j ;

N_{dip.ij} : nombre de disparitions entre les niveaux successifs i et j ;

N_i : nombre de taxons dans les niveaux i.

N_j : nombre de taxons dans les niveaux j.

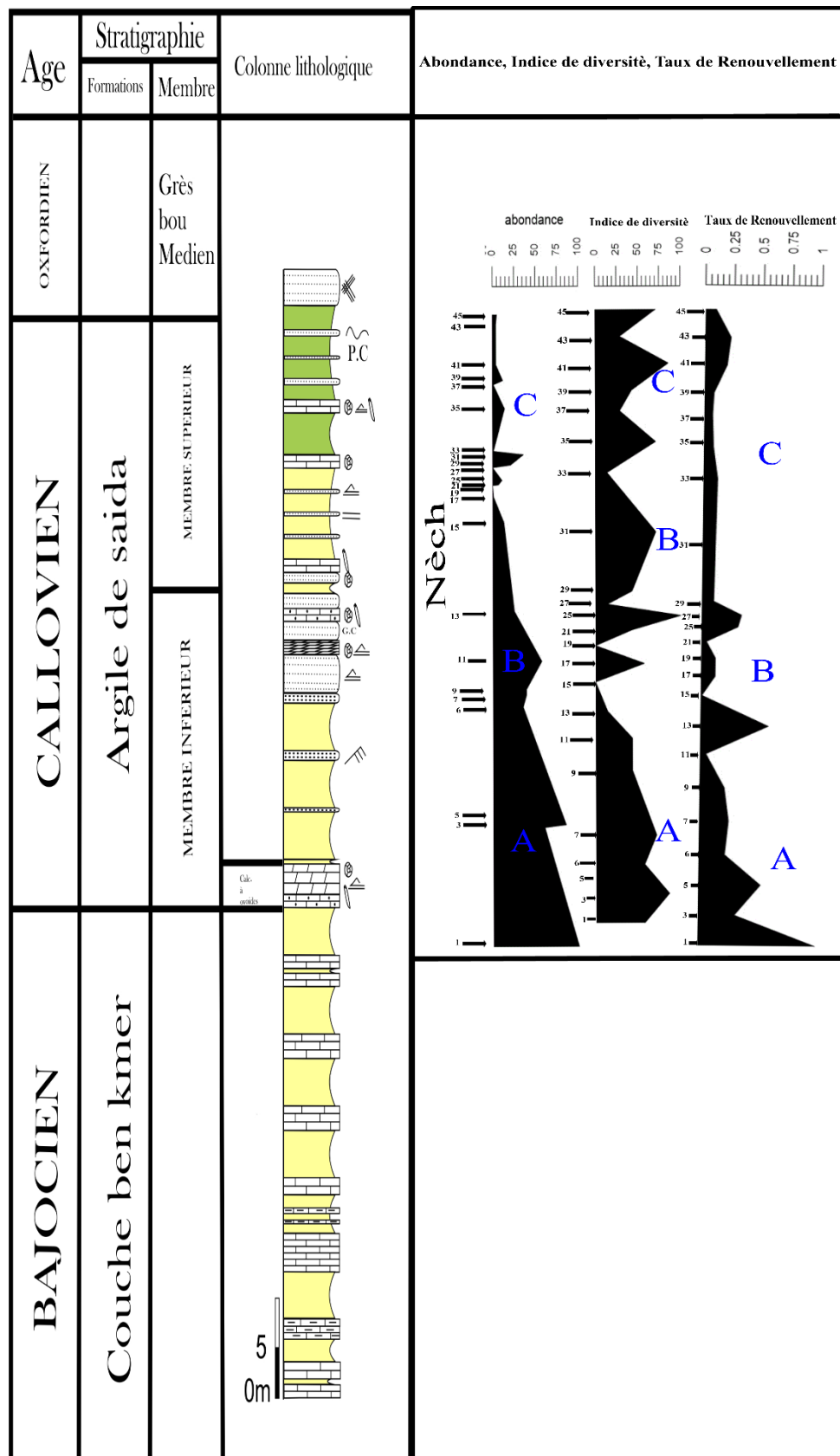


Fig.21 : les courbes du taux de renouvellement, de l'indice de Diversité et de l'abondance des foraminifères dans la coupe Djebel Ben kmer.

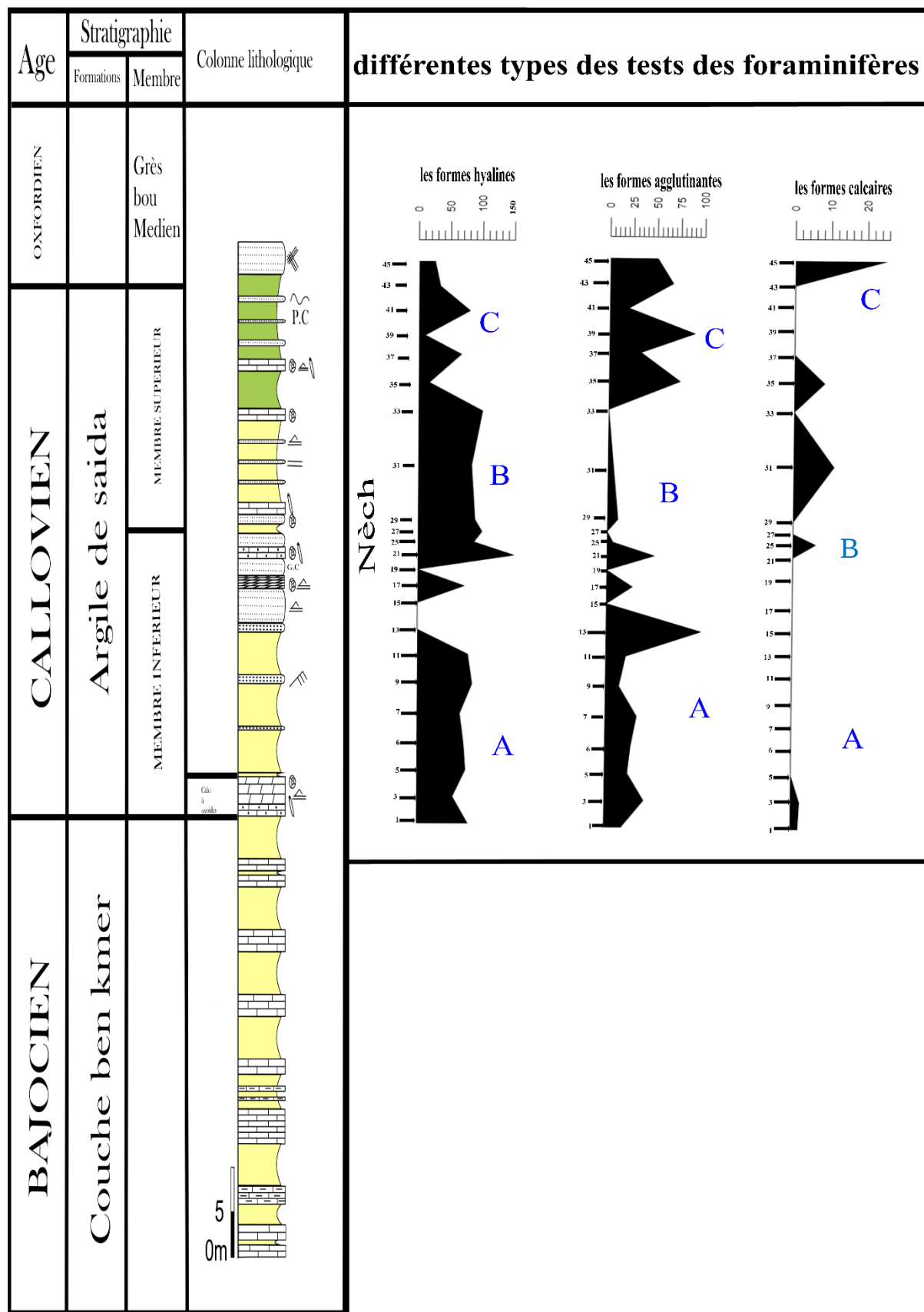


Fig.22 : les courbes de la fréquence relative des différents tests de foraminifères dans la coupe de Djebel Ben kmer.

1.2. Résultat :

La représentation graphique présentée dans la Fig.21 et 22 permet d'identifier trois phases distinctes, résumées comme suit :

La première phase A, qui couvre la période du Callovien inférieur, se caractérise par une abondance marquée par un pic de taux de renouvellement. La diversité et l'abondance sont représenté par des valeurs élevées, les foraminifères sont représentés par formes à test hyalines et agglutinantes, les formes à test calcaires sont presque absents. Les données des indices et les formes des foraminifères suggèrent un environnement plus dynamique avec des habitats diversifiés, possiblement dus à des conditions fluctuantes qui soutiennent une plus grande variété d'espèces.

La deuxième phase B, correspondant au Callovien moyen, montre une faible diminution de l'abondance et une diversité. Le taux de renouvellement diminue également, indiquant des changements et des apparitions de nouvelles espèces surtout dans les formes à test agglutinantes. Cette diminution de l'abondance et de la diversité, accompagnée d'un taux de renouvellement caractérisé par un deuxième pic, suggère un environnement plus dynamique avec des habitats diversifiés.

La troisième phase C, correspondant au Callovien supérieur, montre une diminution notable des indices biocénétiques. La diversité continue de diminuer, suggérant un écosystème en évolution et potentiellement plus complexe. Le taux de renouvellement diminué également, indiquant un environnement dynamique et en rapide évolution. Les taux d'abondance, de diversité, de renouvellement les plus bas et l'abondance des formes agglutinantes avec l'augmentation de pourcentages des formes calcaires, suggèrent un environnement extrêmement dynamique, des changements rapides, probablement dus à des conditions de dépôt variables et à un approfondissement de milieu.

III. ETUDE STATISTIQUE (ACP) :

1. Définition :

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une méthode statistique descriptive multidimensionnelle qui permet de représenter un ensemble de variables par une combinaison linéaire de facteurs. Cette approche permet également de visualiser les données en termes de variables et d'individus dans un espace donné.

Les résultats sont généralement présentés sous la forme d'un nuage de points projeté sur deux axes principaux :

- Le premier axe principal explique la plus grande partie de la variance totale.
- Le second axe principal explique la plus grande partie de la variance restante.

De nombreux auteurs ont déjà utilisé cette méthode d'analyse statistique pour étudier la microfaune des foraminifères. Parmi les plus significatifs, nous pouvons citer Rosset Moulinier et Roux (1977), Piotelat (1984), Bonnet et al. (1991), Cubaynes et al. (1995), et Ziouit (2012).

2. Présentation des données :

Dans cette étude, les données sont caractérisées par deux types d'éléments :

- Les variables : elles correspondent aux différentes familles de foraminifères.
- Les individus : ils représentent les différents niveaux de prélèvement effectués.

3. Application :

3.1. Coupe de Djbel Ben Kmer :

L'Analyse en Composantes Principales permet de représenter simultanément sur les plans factoriels déterminés par les axes (F1 et F2) à la fois les variables et les individus. Cette méthode offre la possibilité de comparer les échantillons entre eux et d'explorer une éventuelle corrélation entre les familles de foraminifères et le type de sédiment.

Deux axes factoriels ont été définis, représentant au total 40,71% de l'inertie (F1 : 25,65% ; F2 : 15,06%), soit de l'information. Le facteur F1 est associé à la bathymétrie, tandis que le facteur F2 est lié à la forme générale et à la nature du test des foraminifères. L'examen de ces axes permet de distinguer quatre groupements.

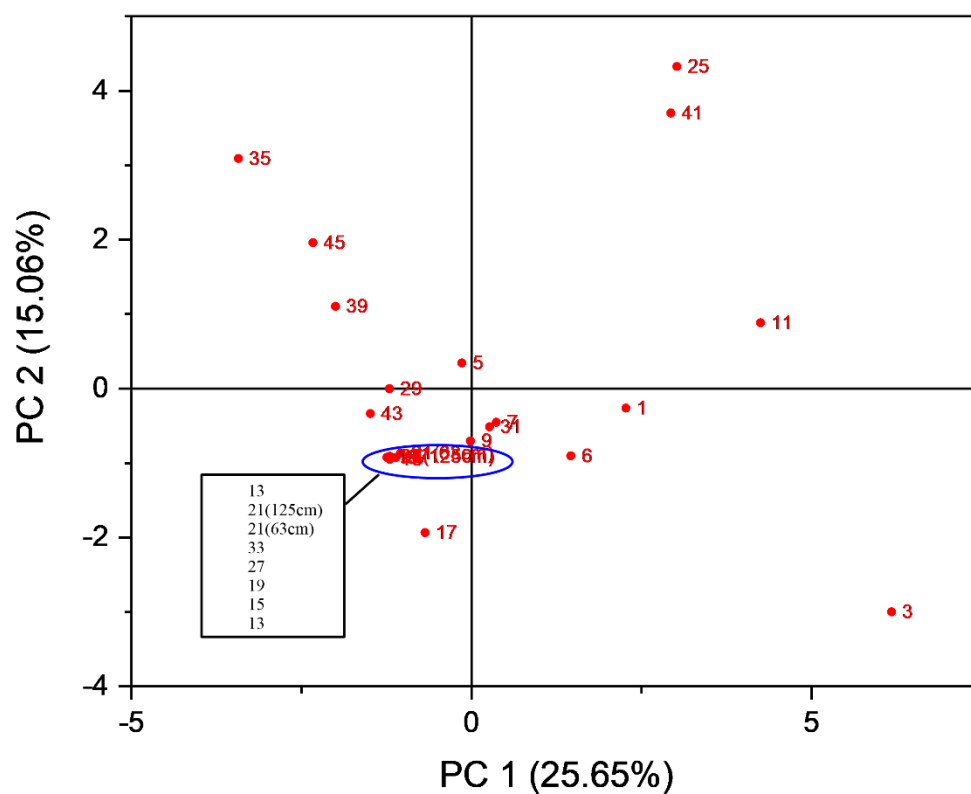
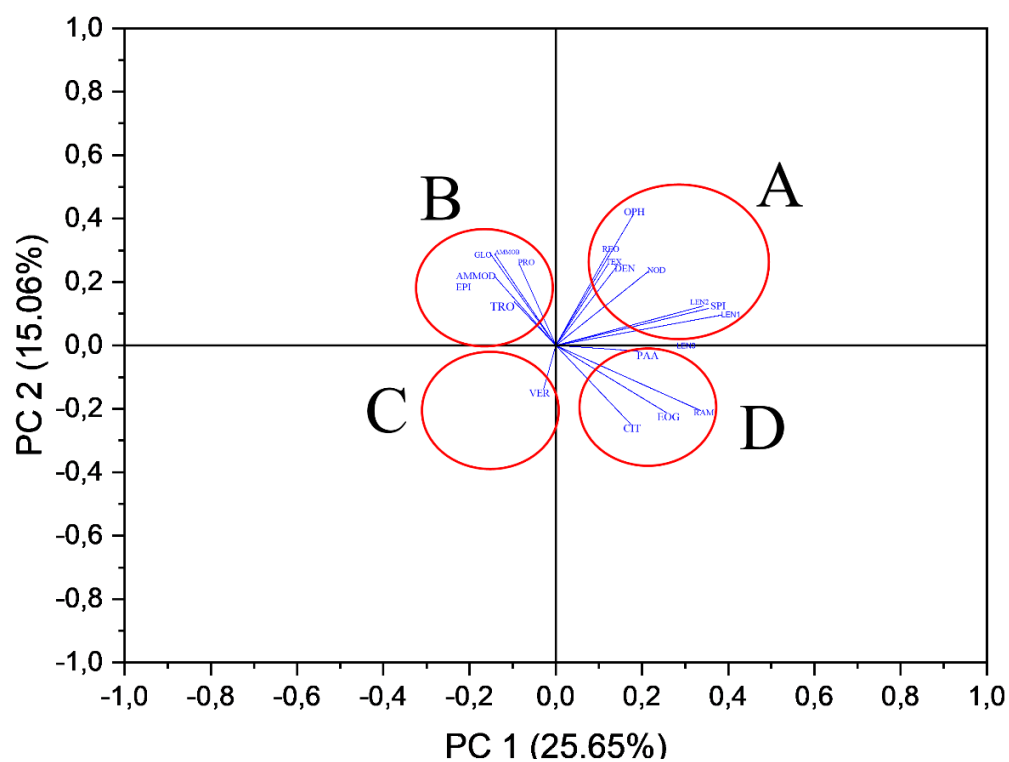


Fig.23 : ACP des assemblages de foraminifères (niveau de prélèvement) et les variables (Coupe de Djbel Ben Kmer).

Le groupe A : REO:Reophax. OPH:Ophthalmidium. TEX:Textularia. DEN:dentalina NOD:Nodosaria. SPI:Spirillina. LEN2:Lenticulina falsopalmula LEN1:Lenticulina enroulée	Le groupe B : PRO:Proteonina. AMMOB:Ammobaculites. GLO:Globuligerina. AMMOD:Ammodiscus. EPI:Epistomina. TRO:Trochammina.
Le groupe C : VER:Verneulinoides.	Le groupe D : PAA:Paalzowella. RAM:Ramulina. EOG:Eoguttulina. CIT:citharina.

Fig.24 : des noms des foraminifères Dans chaque groupe.

- L'examen des plans factoriels permet de distinguer quatre ensembles distincts :

-**Le groupe A :** Les niveaux 25, 41 et 11 se caractérisent par une abondance des formes hyalines telles que *Lenticulina*, *Spirillina*, *Nodosaria*, et *dentalina*. De plus, on observe la présence de *Reophax* et *Textularia*, qui sont des formes agglutinées, ainsi que *d'Ophthalmidium*, une forme calcaire. Ces espèces semblent fortement liées aux sédiments carbonatés.

-**Le groupe B :** Le groupe B est principalement constitué des formes agglutinantes telles que *Proteonina*, *Ammobaculites* et *Ammodiscus*, *Trochammina*, ainsi que de *Globuligerina* et *Epistomina*. Contrairement au premier groupe, ces espèces présentent une forte affinité avec les sédiments détritiques. Ce groupe englobe les niveaux 35, 45 et 39.

-**Le groupe C :** Le groupe inclut les niveaux 43 et 17, qui contiennent un type particulier de foraminifères, *Verneulinoides*, présentant une forme agglutinante des milieux de plateforme peu profond.

-**Le groupe D :** Ce groupe englobe les niveaux 1, 31, 7, 6 et 3, et il est caractérisé par la présence d'un ensemble de foraminifères, parmi lesquels *Paalzowella*, *Ramulina*, *Eoguttulina* et *citharina* sont les plus significatifs.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion générale

Le présent travail est consacré à l'étude micropaléontologique d'ordre biostratigraphiques aussi bien qualitatives que quantitatives des foraminifères de la Formation des Argiles de Saïda dans la coupe de Djebel Ben kmer a permis de mettre en évidence des associations taxonomiques en fonction de la profondeur. Ces associations caractérisent les divers paléoenvironnements des Monts de Saïda au cours du Callovien.

Sur le plan paléontologique la période de Callovien géré par plusieurs évènements d'apparition, croissance, et diversité des associations des foraminifères.

Le calcul des indices biocoénétiques confirme l'existence de trois renouvellements microfauniques importants. Ils correspondent à des intervalles marqués par des apparitions, disparitions et une augmentation de la diversité.

Les traitements statistiques effectués sur les foraminifères montrent que la distribution de cette microfaune est gérée par les paramètres de l'environnement.

Les résultats d'analyse statistiques mettent en évidence quatre groupes de foraminifères ; composés principalement de groupe agglutinant et groupe hyalin :

- **Premier groupe (A)** de foraminifères est caractérisé par la présence et prédominance des formes benthique à test calcaire hyalin comme des familles de (*Reophax*, *Lenticulina*, *Nodosaria*, *dentalina*, *Reophax*, *Textularia*, *Ophthalmidium*). Ce groupe évolue dans un milieu à sédimentation calcaire, favorable au développement de la vie benthique.
- **Deuxième groupe (B)** montre une abondance des formes planctoniques (*Globuligerina*) auxquelles s'ajoutent des formes agglutinantes (*Trochammina*, *ammobaculites*, *Protonina*, *Ammodiscus*, *Epistomina*) liées au milieu plus profond. L'ensemble évolue dans un milieu profond de type plate-forme externe à sédimentation argileuse.
- **Troisième groupe (C)** de foraminifère montre par la prédominance de forme agglutinante (*Verneuilinoides*). Ces formes présentées dans un peu profond à sédimentation détritique.
- **Quatrième groupe (D)** de foraminifère montre par la prédominance des formes calcaires par fois aragonitique (*Palzowella*, *Ramulina*, *Eoguttulina* et *citharina*) Ces formes présentées dans un milieu peu profond à conditions moins favorable a la vie.
- les analyses minéralogiques de DRX des argiles montrent un approfondissement de milieu matérialisé par l'augmentation des quartzs et l'augmentation des pourcentages de calcite indique un milieu de plateforme riche en CaCO_3 .

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références Bibliographiques

- ATGER, M. & VERDIER, J., 1965.** Etude géologique du Plateau jurassique de Cacherou (Permis Mascara- Bedeau), bordure nord des Monts de Saïda. Geosciences, S. N.R.E.P.A.L.
- AUCLAIR, D. & BIEHLER, J., 1967.** Etude géologique des Hautes plaines oranaises entre Tlemcen et Saïda. Publication du Service Géologique de l'Algérie, Alger.(Nouvelle.Série),34: 3-45.
- AUGIER C., 1967** -Quelques éléments essentiels de la couverture sédimentaire des Hauts Plateaux. - Publ. Serv. Géol. Algérie, Alger, (Nouvelle. Série)., 34, 47 - 80.
- BENDELLA M., BENYOUCEF M., CHERI A. et BENHAMOU M ., 2011** Ichnology and sedimentology of the “Argiles de Saïda” formation (CallovoOxfordian) of the Djebel Brame (Tiaret, Algeria). Bull. Soc. géol. France, 2011, t. 182, no 5, pp. 417-425.
- BENEST, M. & ELMi, S., 1969.** Précisions stratigraphiques sur le Jurassique inférieur et moyen de la partie méridionale des Monts de Tlemcen (Algérie). Comptes Rendus Sommaires de la Société Géologique de France, 8: 295-296.
- CHERIF A., BERT D., BENHAMOU M. ET BENYOUCEF M., 2015-** La Formation des Argiles de Saïda (Jurassique supérieur) dans le domaine Tlemcénien oriental (Takhemaret, Algérie) : données biostratigraphiques, ichnologiques et sédimentologiques.
- CHERIF.A. ; 2017-**Sédimentologie et dynamique sédimentaire de la Formation Des Argiles de Saïda (Oxfordien moye-sup) de la partie orientale du domaine Tlemcénien (Algérie ouest).
- DELFAUD J. 1973** –Sur l'appartenance de certains « pseudo-flyshs »aux faciès prodeltaïque de plate forme.
- DJEDLA ET BEN DAOUD :** Etude biostratigraphique (foraminifères) et paléoécologique de la coupe du Djebel Tmix dans la région du Takhemaret (Algérie Nord-Occidentale).
- ELMI, S. 1972** - L'instabilité des Monts de Tlemcen et de Rharr-Roubane (Ouest algérien) pendant le Jurassique. Interprétation paléogéographique. Comptes Rendus sommaires de la Société Géologique de France, Paris, 5 : 220-222 .

ELMI S., 1976- A propos de la différenciation alpine (tellienne) en Oranie. 4ème Réunion.

Annale des Sciences de la Terre. Société Géologique de France, Paris, p. 160.

ELMI. & BENEST-(1978). - Les « Argiles de Saïda », faciès flyschoides du Callovo-Oxfordien du sillon tlemcénien (Ouest algérien) : stratonomie, environnement, interprétation et évolution paléogéographique. - Livre Jubilaire Jacques Flandrin, Docum. -Lab. Géol. Fac. Sc. Lyon, (hors. Série 4), 203-261.

FENET B., 1975- Recherche sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du Bouclier africain à partir de l'étude d'un élément de l'orogénie nord-magrébienne : les Monts

GUARDIA, P., 1975. Géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranie nord-occidentale. Thèse de Doctorat d'état, Université de Nice, 286 p,(inéd.).

MAHROUG LITISSIA (2019). Etude biostratigraphique (foraminifères) et paléoécologique de la coupe du Djebel Brame dans la région du Takhemaret (Algérie Nord-Occidentale).

TOUAHRIA - (1979) -Biostratigraphie du Callovien des environs de Saïda (Algérie occidentale). Les Reineckeidae (Ammonitina, Perisohinctaceae). Thèse 3ème Cycle, Université Oran.

SOUILEM (2021) : Une étude sédimentologique et application de la télédétection dans la série de Djebel Ben Kmer, Hammam Rabi (Saïda, Algérie Nord occidentale).

ZIOUT. K (2012) - Etude statistique des peuplements de foraminifères liasiques des Monts des Ksour. Mémoire Présenté pour l'observation du Garde de magister, université d'Oran.

MR. BELAID MOURAD. (2024) : Biostratigraphie, ichnologie et environnements sédimentaires des formations du Jurassique supérieur de la région de Tiaret (Algérie nord occidentale).mémoire de doctorat en géologie, Uni. KASDI MERBAH – OUARGLA. P.03.

Mr. GHALI et Mr. SAADANI. (2022) : Apport de la pétrographie et de la minéralogie à l'étude de l'altération du socle métamorphique de la Kabylie de Collo Nord Est Algérien. Uni. Ouargla. p.49.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

SAOUDI. (2023) : Etude biostratigraphique et paléo-environnementales des foraminifères de la coupe de Djebel Ben kmer. Uni. Ouargla.p.13.

KHADRAOUI ET BELMASSMA. (2019) : Application des méthodes statistiques multivariées (ACP) sur les données de la microfaune (foraminifères) de la région de Saida (Algérie Occidentale). Uni. OUARGLA.p22, 24.

BENABDELHADI. (2014). Granulométrie, Texture Dosage de la matière organique, Calcimétrie et Ph-métrie Faculté des Sciences et Techniques, Fès Département de L'environnement.