

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبو بكر بلقايد تلمسان –
Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMEN
كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون
**Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et
de l'univers**
Département des sciences de la terre et de l'univers
Laboratoire de recherche n°25 : promotion des ressources
Hydriques, pédologiques et minières : législation et choix technologique



MEMOIRE

Présenté par

BENSLIMANE Meryem Israa

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En : Géologie des Bassins Sédimentaires

Thème

Le Carbonifère moyen dans le sous bassin d'Abadla (Bassin de Béchar, Sahara Nord Occidental) : lithostratigraphie, palynologie et géochimie

Soutenu le 30/06/2025 devant le jury composé de :

Président : Mr. ADACI Mohammed	Professeur	Université de Tlemcen
Encadreur : Mr. BENADLA MUSTAPHA	M.C.A.	Université de Tlemcen
Co-Encadreur : Mr. LASGAA IBRAHIM	M.A.A.	Université de Tindouf
Examineur : Mr. BELMOUHOUAB Abdelkader	M.C.B.	Université de Tlemcen

Année universitaire 2024/2025

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أبو بكر بلقايد تلمسان –
Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMEN
كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون
**Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et
de l'univers**
Département des sciences de la terre et de l'univers
Laboratoire de recherche n°25 : promotion des ressources
Hydriques, pédologiques et minières : législation et choix technologique



MEMOIRE

Présenté par

BENSLIMANE Meryem Israa

En vue de l'obtention du

Diplôme de MASTER

En : Géologie des Bassins Sédimentaires

Thème

Le Carbonifère moyen dans le sous bassin d'Abadla (Bassin de Béchar, Sahara Nord Occidental) : lithostratigraphie, palynologie et géochimie

Soutenu le 30/06/2025 devant le jury composé de :

Président : Mr. ADACI Mohammed	Professeur	Université de Tlemcen
Encadreur : Mr. BENADLA MUSTAPHA	M.C.A.	Université de Tlemcen
Co-Encadreur : Mr. LASGAA IBRAHIM	M.A.A.	Université de Tindouf
Examineur : Mr. BELMOUHOUAB Abdelkader	M.C.B.	Université de Tlemcen

Année universitaire 2024/2025

DEDICACES

DEDICACES

Je dédie mon travail à :

À mon père, envers qui je souhaite exprimer toute ma gratitude pour le rôle qu'il a joué dans ma vie, en faisant de moi la personne que je suis aujourd'hui. Il a été présent à chaque étape de mon parcours, sacrifiant tant de choses pour ma réussite, en mettant constamment mes besoins au premier plan. En écrivant ces lignes, je veux le remercier pour tout ce qu'il a fait pour moi. Et je continuerai chaque jour à le rendre fier.

À ma mère, source de tendresse et de force, qui m'a toujours soutenue avec amour et patience. Son regard bienveillant et ses encouragements ont été une lumière précieuse tout au long de mon chemin.

À mes deux sœurs, Yasmine et Hadjer, dont la présence et l'affection m'ont toujours réconfortée. Une pensée particulière pour Hadjer et ses deux princesses, Ritej et Nora, qui remplissent nos vies de douceur et d'innocence.

À mon frère Racim, qui s'apprête à passer son bac. Je lui souhaite tout le courage, la concentration et la réussite qu'il mérite. Que ce soit le début d'un avenir brillant.

À mes amies fidèles, Douaa, Rania, Ikram, Ismahane et Ines, qui sont devenues ma deuxième famille. Merci pour votre présence, votre soutien et tous les souvenirs partagés. Votre amitié a été une vraie force dans mon parcours

Benslimane Meryem Israa

REMERCIEMENTS

REMERCIEMENTS

A la fin de ce travail, je suis heureuse de pouvoir exprimer mon gratitude à toutes les personnes qui nous ont apporté leur contribution, leur aide et leur soutien, durant la réalisation de ce manuscrit.

En premier lieu, qu'il me soit permis d'exprimer ma profonde reconnaissance à monsieur **Mohammed ADACI**, qui m'a accueilli dans son laboratoire et qui m'a fait l'honneur de présider mon jury.

Je tiens également à remercier monsieur **Mustapha BENADLA**, qui a dirigé cette étude et dont l'aide sur le terrain m'a été très précieuse.

Mes remerciements vont également à mon Co-encadrant, monsieur **Ibrahim LASGAA**, enseignant à l'université de Tindouf, pour l'honneur qu'il me fait de participer à mon jury et pour le temps qu'il a consacré à corriger une partie du manuscrit.

Une mention spéciale adressée à Monsieur **Abdelkader BELMOUHOU** pour avoir accepté d'examiner et critiquer ce modeste travail

De nombreuses personnes, par leur aide technique, ont contribué à la réalisation de ce mémoire. Je tiens à leur exprimer ma profonde gratitude :

Monsieur **Dahmani BENAMAR** et Madame **Fatiha HADJI** pour les analyses chimiques, ainsi que Madame **Samira DJAZAIRI** pour la confection des lames palynologiques.

Mes remerciements vont également à Monsieur **Abdellah SALHI** « Directeur des carrières à la cimenterie de Béchar » pour l'intérêt qu'il porte à la réalisation de ce mémoire et pour le temps qu'il nous a accordé malgré ces nombreuses préoccupations.

Mes remerciements vont également à tous mes amis et compagnons d'étude, dont l'aide et la présence chaleureuse ont été pour moi un soutien moral durant la réalisation de ce travail. À tous mes amis, ma chaleureuse reconnaissance et ma profonde amitié.

Je tiens à remercier tout particulièrement le chauffeur **Mustapha** pour son aide matérielle et pour sa gentillesse.

TABLE DES MATIERES

	Pages
RESUME	04
ABSTRACT	05
ملخص	06
Premier Chapitre : CADRE GENERAL	
I. INTRODUCTION	07
II. PROBLEMATHIQUE	07
III. OBJECTIFS DU MEMOIRE	07
IV. CADRE GEOGRAPHIQUE	08
A. Cadre géographique général de la région d'étude	08
B. Cadre géographique du secteur d'étude « Bassin d'Abadla »	08
V. CADRE GEOLOGIQUE	09
A. Cadre géologique du bassin de Béchar	09
1. Sur le plan stratigraphique	09
1.1. Le socle	09
1.2. Le Paléozoïque	10
1.2.1. Le Cambrien	10
1.2.2. L'Ordovicien	10
1.2.3. Le Silurien	11
1.2.4. Le Dévonien	11
1.2.5. Le Carbonifère	11
1.2.5.1. Le Carbonifère inférieur	11
1.2.5.2. Le Carbonifère supérieur	11
1.3. Le Méso-Cénozoïque	11
1.4. Le Quaternaire	12
2. Sur le plan tectonique	12
B. Cadre géologique de la zone d'étude	14
1. Sur le plan stratigraphique	15
2. Sur le plan tectonique	15

C. Discontinuités	34
D. Evolution séquentielle	34

Troisième Chapitre : **ETUDE PALYNOLOGIQUE ET GEOCHIMIQUE**

I. INTRODUCTION	36
II. ETUDE PALYNOLOGIQUE	36
III. CARACTERISTIQUE GEOCHIMIQUE DES ARGILES KENADZIENNE	37
A. Composition chimique	37
CONCLUSION GENERALE	39
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	40
LISTE DES FIGURES	42
LISTE DE TABLEAU	44
LES PLANCHES	45

RESUME

Durant le Carbonifère moyen, plus particulièrement le Westphalien marin « A » et continental « B » (KENADZIEN), le sous bassin d'Abdala a été le siège d'une sédimentation principalement argilo-gréseuses avec, parfois, quelques bancs de roches carbonatées.

L'étude lithostratigraphique a mis en évidence une évolution verticale progressive des faciès. Dans la première formation « Westphalien marin » prédomine les argiles, dans la deuxième formation « Westphalien continental » apparaît une alternance argilo-gréseuse. Cette évolution montre qu'un processus sédimentaire continu s'était mis en place durant le Carbonifère moyen.

Au niveau de chaque formation, on constate une différenciation verticale des faciès où la première formation est représentée à la base par des argiles admettant des fines intercalations gréseuses et carbonatées, parfois lumachéliques, renferment des faunes marines tel que : les brachiopodes, les échinodermes...etc., passant vers le haut à des argiles sans intercalations. Cependant, la seconde formation est constituée à la base par une alternance d'argiles et de grès, d'aspect en lentilles, devenant d'aspect en plaquette au sommet. Ces grès renfermant en abondance des bois silicifiés.

L'étude palynologique a révélé la présence des palynomorphes bien conservés au sein des argiles encore mal connu sur le plan palynologique des bassins paléozoïques saharien. Ils sont composés de deux espèces de pollen (*Endospores globiformis* & *Spelaeotriletes* sp.). Ces microflores sont associées aux nombreuses matières organiques, opaques et de débris végétal.

L'analyse chimique des argiles westphaliennes a révélée neuf éléments chimiques qui sont respectivement : Na_2O , MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , SO_3 , Cl , K_2O , CaO et Fe_2O_3 .

Mots clés : Carbonifère, Westphalien, KENADZIEN, Abdala, lithostratigraphie, palynologie, analyse chimique

ABSTRACT

During the Late Carboniferous, more specifically marine and continental Westphalian (A and B), Abadla sub-basin was the site of primarily clayey-sandstone sedimentation, with occasional patches of carbonate rocks.

The lithostratigraphic study revealed a progressive vertical evolution of the facies. The first formation, "Marine Westphalian" is dominated by clays; the second formation, "Continental Westphalian" exhibits alternating clayey-sandstone formations. This evolution demonstrates that a continuous sedimentary process was underway during the Medium Carboniferous. Within each formation, there is a vertical differentiation of facies, with the first formation represented at the base by clays with fine intercalations of sandstone and carbonate, sometimes lumachellic, containing marine fauna such as brachiopods, echinoderms, etc..., transitioning upwards to clays without intercalations. However, the second formation is composed at the base of alternating clays and sandstones, with a lens-like appearance, becoming plate-like at the top. These sandstones contain abundant silicified wood.

Palynological studies have revealed the presence of well-preserved palynomorphs within the clays, which are still poorly known from a palynological perspective in the Saharan Paleozoic basins. They are composed of two pollen species (*Endospores globiformis* and *Spelaeotriletes* sp.). These microflora are associated with numerous organic, amorphous, and plant debris materials.

Finally, Chemical analysis of Westphalian clays revealed nine chemical elements, namely: Na₂O, MgO, Al₂O₃, SiO₂, So₃, Cl, K₂O, CaO, and Fe₂O₃.

Key-words : Late Carboniferous, Westphalian, Abadla, lithostratigraphy, palynology, chemical analysis.

ملخص

خلال الكربوني الأوسط، وخصوصاً في العصر الويستفالي البحري "أ" والقاري "ب" (الكاندزي)، تفرد الحوض الفرعي للعبّادلة بنشاط رسوبي تميز أساساً بترسيب صخور طينية-رملية، مع تداخل طبقات من الصخور الكربوناتيّة.

أبرزت الدراسة الليتوستراتيغرافية تطوراً عمودياً في تتابع السحنة الرسوبية. ففي التكوين الأول (الويستفالي البحري)، تهيمن الرواسب الطينية، بينما يتميز التكوين الثاني (الويستفالي القاري) بتناوب منتظم بين الطين والرمل. تعكس هذه التدرجات تطوراً رسوبياً مستمرّاً يدل على استقرار بيئة الترسيب خلال العصر الكربوني الأوسط.

ضمن كل تكوين يلاحظ تمايز عدي في السحن، حيث يتمثل الجزء السفلي من التكوين البحري بطينيات تتخللها طبقات دقيقة من الرمال والصخور الكربوناتيّة، والتي تكون أحياناً ذات طبيعة لومشيلية، وتحتوي على مستحاثات بحرية مثل البراكيوبودات والإشنوبوديرمات. تتطور هذه الرواسب تدريجياً نحو الأعلى لتصبح طينية نقية دون تداخلات. أما التكوين القاري، فيبدأ بتناوب عدسي الشكل من الطين والرمل، يتحول نحو الأعلى إلى صفائح رملية دقيقة تحتوي على كميات ملحوظة من الأخشاب المتحجرة.

كشفت الدراسة الباليولوجية عن وجود حبوب الطلع دقيقة (*des palynomorphes*) محفوظة بشكل جيد ضمن الطبقات الطينية، وهي تمثل تسجيلاً نادراً في السياق الباليولوجي لأحواض العصر الجيولوجي الأول. وقد تم تحديد نوعين من الأصناف وهما *Endospores globiformis* و *Spelaeotriteles sp.* وترافق هذه الحبوب الدقيقة مواد عضوية معتمة وحطام نباتي.

كما كشفت التحاليل الكيميائية للعنّبات الطينية المنتمية للويستفالي عن وجود تسعة عناصر كيميائية رئيسية، وهي على التوالي Na_2O ، MgO ، Al_2O_3 ، SiO_2 ، Cl ، SO_3 ، K_2O ، CaO و Fe_2O_3 .

الكربوني، الويستفالي، الكاندزي، العبّادلة، الليتوستراتيغرافيا، الباليولوجيا، التحليل الكيميائي: الكلمات المفتاحية

PREMIER CHAPITRE : CADRE GENERALE

I. INTRODUCTION

Le bassin de Béchar est particulièrement intéressant par la qualité et la continuité des affleurements du Carbonifère. Il constitue une zone de référence pour cet intervalle chronologique.

L'étude stratigraphique des séries du Carbonifère a abouti à une subdivision lithostratigraphique (DELEAU, 1951). Ce découpage lithologique définit plusieurs formations dans le carbonifère et plus précisément dans le Carbonifère moyen. Ce dernier est distingué par des formations marquant un changement lithologique important ; installation progressive d'une sédimentation détritiques mais où les niveaux carbonatés persistent.

Ce projet de fin d'étude s'articule donc autour de trois axes principaux, à savoir l'étude de la stratigraphie et la sédimentologie du secteur d'Oglat Becharaf (présentée dans le deuxième chapitre) et celle de la palynologie et de la géochimie des argiles westphaliennes (présentée dans le troisième chapitre). A cela s'ajoutent un premier chapitre introductif dans lequel est présenté le contexte géographique et géologique de la région et la zone d'étude.

II. PROBLEMATIQUE

Le Carbonifère moyen et plus précisément le KENADZIEN constitue une des séries les plus connues de bassin de Béchar, mais il reste encore à l'heure actuelle assez inexplorée. Que ce soit d'un point de vue biostratigraphique, sédimentologique, tectonique ou minéralogique. Le Carbonifère moyen de la partie septentrionale de sous bassin d'Abadla (Chebket Mannouna) a toujours suscité peu d'intérêt de la part des géologues. Pourtant, plusieurs indices miniers ont été signalés par ANAM (Agence Nationale des Activités Minières) dans cette région tel que le charbon (DERKAOUI et BELKHODJA, 2023), le fer (ETHMANE, 2024) et l'agate (BENAMAR et MESLI, 2023). Il nous semble que si les géologues ont négligé cette zone, c'est dû à la forte déformation affectant Chebket Mannouna. Nous nous sommes attachés à étudier la série westphalienne les plus exposée à l'affleurement de manière à pouvoir les étudier. La nature des sédiments, principalement argilo-gréseuses avec, parfois, quelques bancs de roches carbonatées. Ces sédiments du Westphalien sont généralement déposés dans un milieu peu profond marin ou continental. Ce dernier est considéré actuellement comme roche encaissante des viens charbonneux le plus important en Algérie.

III. OBJECTIFS DU MEMOIRE

L'objectif essentiel visé dans ce mémoire est l'étude lithostratigraphique, palynologique et géochimique des séries du carbonifères moyens, afin de :

- Reconnaitre la succession lithostratigraphique du secteur d'Oglat Becharaf, à partir d'une coupe levée en détail ;
- Caractériser les formations sédimentaires et les membres qui les composent ;
- Reconstituer la dynamique sédimentaire du secteur d'Oglat Becharaf.
- Présenter un découpage séquentiel pour les formations qui affleurent dans notre secteur d'étude.
- Déterminer les éléments chimiques qui rentrent dans la composition minéralogique des argiles westphaliennes ;
- Essayer d'affiner la palynostratigraphie de la coupe considérée.

IV. CADRE GEOGRAPHIQUE

A. Cadre géographique général de la région d'étude

La région étudiée dans ce travail de master (bassin de Béchar) est située sur la bordure Nord-Ouest de la plate-forme saharienne, à plus de 600 km au SW d'Oran. Il est délimité au Nord, par l'Atlas Saharien, représenté par le Djebel Grouz, d'orientation E-O, au Sud, par la chaîne d'Ougarta, à l'Ouest, par la Hamada de Guir et enfin à l'Est et Sud Est, par le Grand Erg Occidental (Fig. 01).

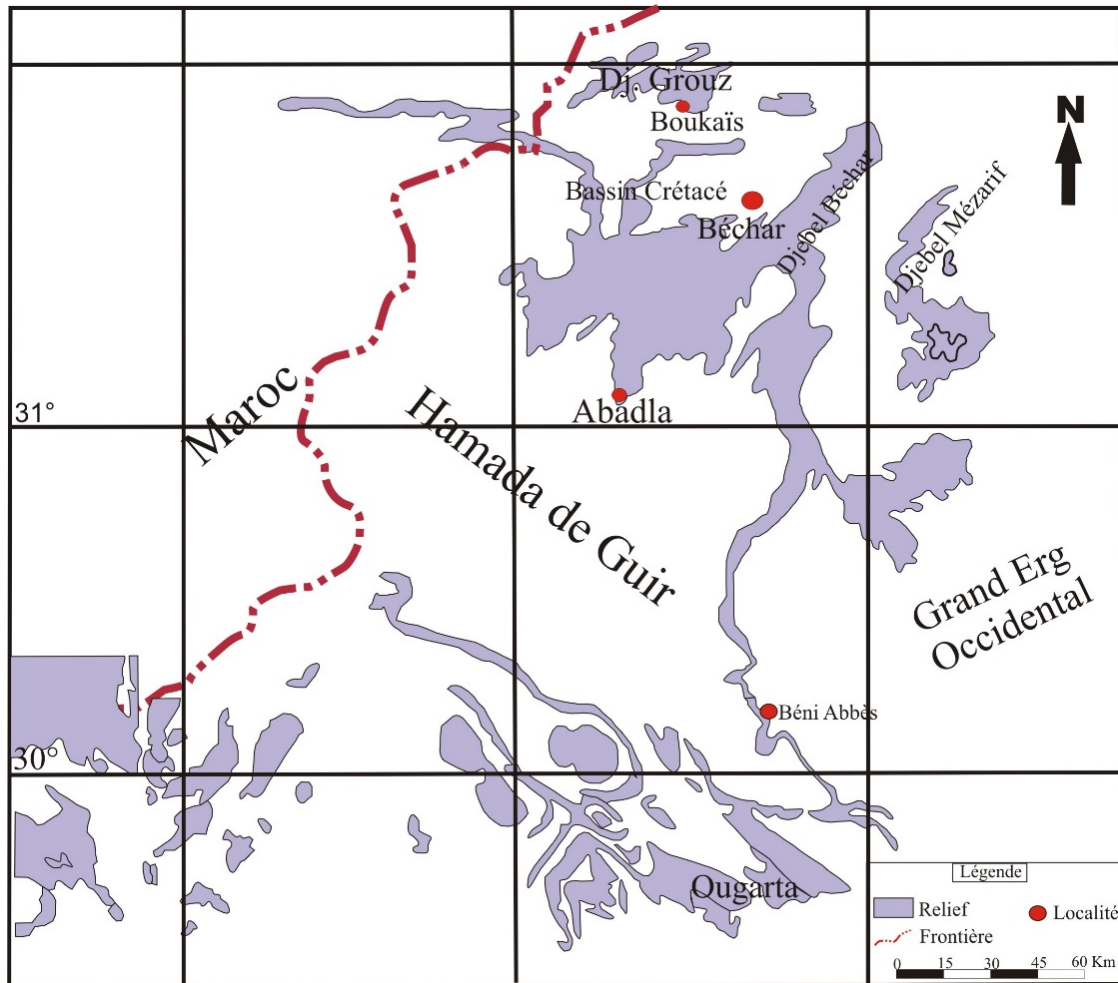


Fig. 01 : Position géographique de la région d'étude (bassin de Béchar) (d'après MEKKAOUI, 2015).

B. Cadre géographique du secteur d'étude «Bassin d'Abadla »

Notre secteur d'étude concerne la zone Nord-Est du bassin d'Abadla. Ce dernier est délimité par le Djebel Béchar à l'Est et la Hamada de Guir à l'Ouest. Il s'interpose entre la Chebket Mannouna Nord et la chaîne d'Ougarta au Sud (Fig. 02).

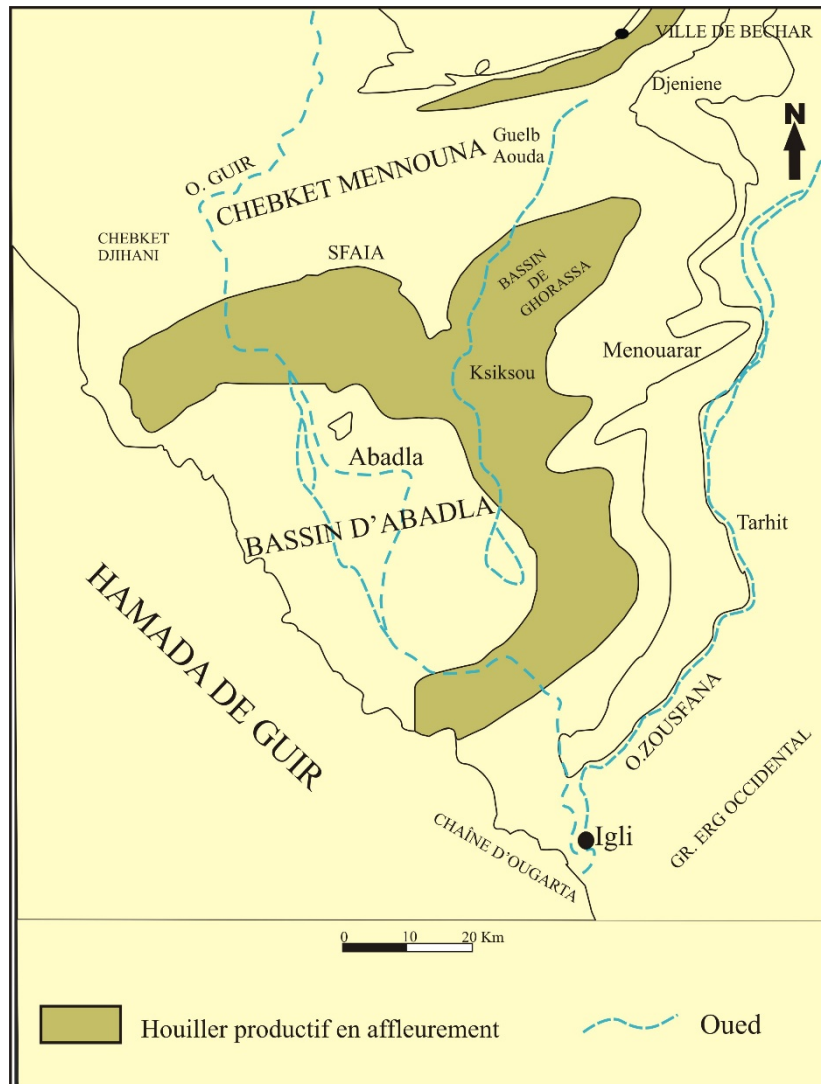


Fig. 02 : Position géographique du bassin d'Abadla (In MERMOURI et BOUKENADEL, 2022)

V. CADRE GEOLOGIQUE

A. Cadre géologique du bassin de Béchar

1. Sur le plan stratigraphique

Le bassin de Béchar est formé essentiellement d'un socle plissé et métamorphisé au quel fait suite une épaisse série sédimentaire composé particulièrement d'une sédimentation détritique d'âge Carbonifère (DELEAU, 1952) (Fig. 03).

1.1. Le socle

C'est en générale un ensemble de terrains plissés et métamorphisés, souvent largement granitisés, ayant été pénéplané et sur lequel repose en discordance la couverture sédimentaire.

1.2. Le Paléozoïque

1.2.1. Le Cambrien

Le Cambrien de la région de Béchar est insuffisamment étudié. Il est représenté par une épaisse assise dont l'épaisseur dépasse les 1200m de dépôts terrigènes (grès, quartzites, conglomérats, grès ferrugineux...etc.) plus connue sous le nom de la formation de « Grès de l'Ougarta ».

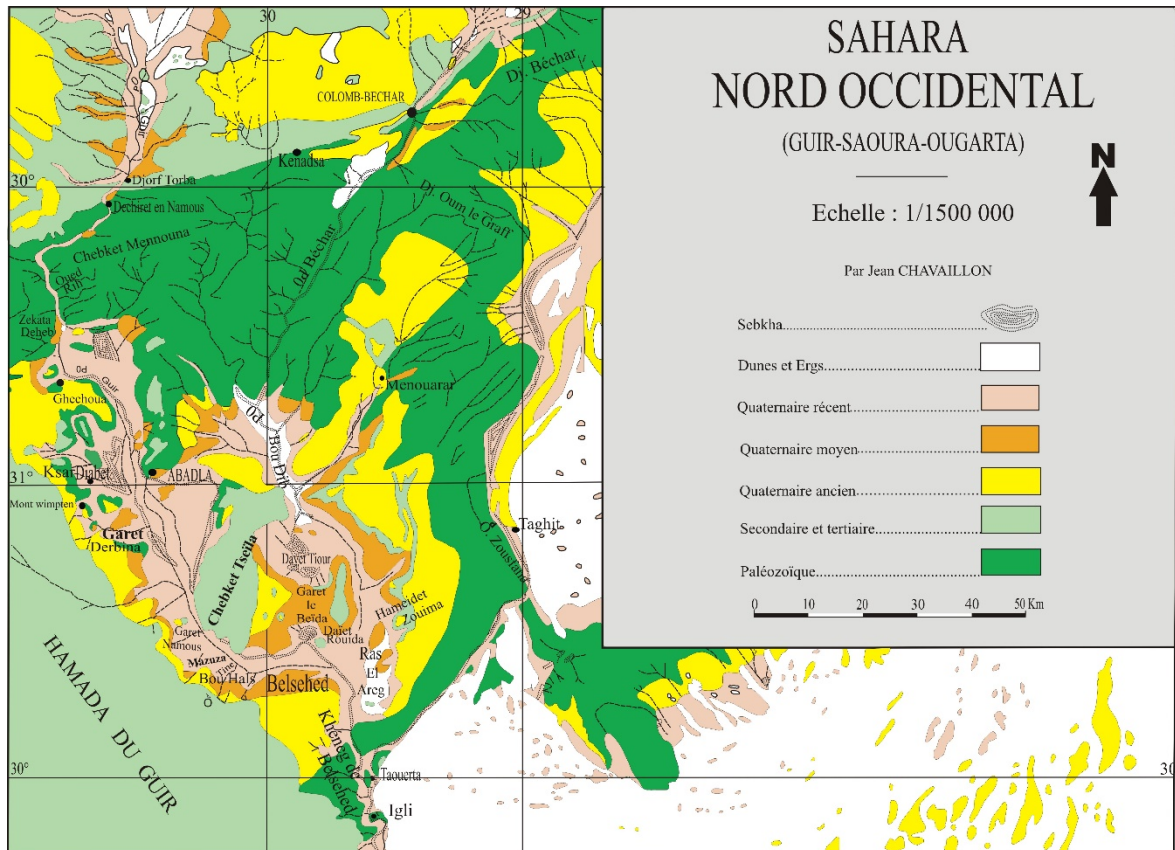


Fig. 03 : Carte géologique du bassin de Béchar (carte géologique du SAHARANA NORD OCCIDENTAL), échelle, 1/500000

1.2.2. L'Ordovicien

Il est largement répandu dans les limites des chaînes de l'Ougrata. Il est scindé en trois parties :

- Ordovicien inférieur** : Grès à la base et argile au sommet.
- Ordovicien moyen** : Ce sont généralement des argiles, grès et agiles gréseuses.
- Ordovicien supérieur** : série inférieure argilo-gréseuse « Série de Bou M'haoudi » et série supérieure conglomérato-gréseuse « Dj. Seräi ».

1.2.3. Le Silurien

Il est observé uniquement au Nord de Béchar. Il est constitué essentiellement par une assise argileuse et carbonato-argileuse.

1.2.4. Le Dévonien

Il affleure au Nord de Béchar et plus précisément au niveau de Ben Zireg. Il est caractérisé par une abondance de faune et par la puissance de dépôts (2500m). Il comprend de bas en haut :

-**Dévonien inférieur** : Alternance d'argile et de grès

-**Dévonien moyen** : Grès et aleurolites.

-**Dévonien supérieur** : Grès fins ferrugineux et calcaires organogènes.

1.2.5. Le Carbonifère

Largement développé dans la partie nord de Béchar, il représente de grandes variations d'épaisseur et de faciès. Il est subdivisé en carbonifère inférieur et carbonifère supérieur :

1.2.5.1. Carbonifère inférieur

Il est observé dans la région de Bén Zireg. Il est formé de calcaires à brachiopodes à la base. Passant à une puissante série (1500 m) de schiste argileux vers le sommet.

Il est à noter, qu'au niveau de Djebel Béchar, PAREYN en 1961, a distingué les séries suivantes :

-*Hassi Kerma (600 – 700m)* : il s'agit d'une alternance de calcaires et/ou dolomies, de marnes et de grès.

-*Tagnana (150 – 200m)* : comme la série précédente, ce sont des alternances de calcaires et/ou dolomies, de marnes et de grès.

-*Djenien (150 -170m)* : c'est une série entièrement calcaro-dolomitique.

-*Mouizeb El Atchane* : formée par une série essentiellement marno-argileuse avec quelques fois minces couches de calcaires.

-*El Guelmouna* : elle est représentée par des argiles vertes à la base, auxquelles fait suite des dolomies massives dans la partie médiane. Elle est clôturée par des calcaires dans sa partie sommitale.

1.2.5.2. Carbonifère supérieur

Il forme les substratums des gours de la région d'Abadla, de la Gara El Hamra et au Sud-Est d'Abadla (Daët Et Tiour). Il est constitué généralement par des alternances des marnes rouges schisteuses et de grès.

1.3. Le Méso-Cénozoïque

Il débute par des dépôts de Jurassique. Ces derniers sont représentés au niveau du Djebel Grouz par de puissantes masses dolomitiques. A l'Est de Benzireg, il représente un faciès lagunaire ou épicontinental.

La coupe Méso-Cénozoïque permet de distinguer deux séries (DELEAU, 1952):
-*Une série plissée (Crétacé-Eocène)* : Cette série est transgressive sur le Westphalien ou sur le Stéphalien. Elle est représentée par la succession suivante :

-**Albien** : Il s'agit des Grès grossiers quartzeux auxquelles fait suite des marnes rouges à passés brunes et vertes.

-**Cénomano-Turonien** : Il est représenté dans les régions de Béchar et Kénadza, par la première Barga (ou dalle cénomano-turonienne). Sa partie supérieure comprend des calcaires blancs, gris ou roses. Sa partie inférieure formée par des dolomies.

-**Post-Turonien** : Ce sont des dépôts lagunaires constitués par une puissante (100 à 650m) d'accumulations de marnes gypsifères.

-*Une série tabulaire* : dont la coupe s'établit comme suit :

-**Deuxième dalle de calcaire (ou deuxième Barga)** : constitué essentiellement de calcaires blancs, durs, à grains fins ou granuleux.

-**Dépôts fluviatiles du Miocène continental (ou Hammadien)** : ce sont représentés généralement par des marnes sableuses roses ou rougeâtres avec intercalation de grès tendres.

-**Troisième dalle calcaire** : Il s'agit des Calcaires blancs parfois oolitiques correspondants à un épisode lacustre du Pliocène.

1.4. Le Quaternaire

Il est représenté de bas en haut par :

-**Le quaternaire inférieur (85 -90m)** : tel que décrivent au niveau des vallées des oueds Guir et Béchar. Il s'agit essentiellement des sables et des conglomérats à galets fins faiblement cimentés.

-**Le quaternaire moyen (07 -15m)** : Constitués de conglomérats et de sables hétérogranulaires, cimentés par une matière argilo-carbonatée.

Le quaternaire supérieur (02 -05m) : Constitué par des formations alluviales. Ces formations sont représentées par des sables, galets, limons, et limons sableux.

-**Les formations récentes** : sont représentées par des terrains alluviaux, lacustres et éoliens qui forment les Ergs. Ces derniers, ont un large développement dans la région où la hauteur de certaines dunes atteint 200m.

2. Sur le plan tectonique

Le cadre géologique du bassin de Béchar est établi à partir des données de NEDJARI (1991). Il s'agit d'un bassin varisque d'avant-fosse, situé en bordure de la marge téthysiennne. Le cadre géodynamique résulte d'une cinématique de collision des plaques à l'origine de la surrection des chaînes varisque. Leur érosion, dès le Carbonifère moyen, et la flexure lithosphérique induite par la « subduction » continentale ont abouti à la formation au cours du Viséen de bassin mobiles synrogéniques, de l'avant-fosse varisque (SEBBAR, 2000).

Le bassin de Béchar présente un profil dissymétrique de forme triangulaire : situé à la confluence de trois directions structurales majeures anciennes et qui sont respectivement (Fig. 04) :

- SSO-NNE à l'Est ;
- NO-SE à l'Ouest ;
- E-O au Nord ; avec installation d'un ombilic subsidence (KAZI-TANI *et al*, 1991).

Cette aire est morcelée par des accidents délimitant des sous bassins (Kénadza, Abadla, Mézarif) et des zones hautes (hautes fonds de Mennouna, Zousfana, Oued Namous à l'Est de Mézarif (NEDJARI, 1995).

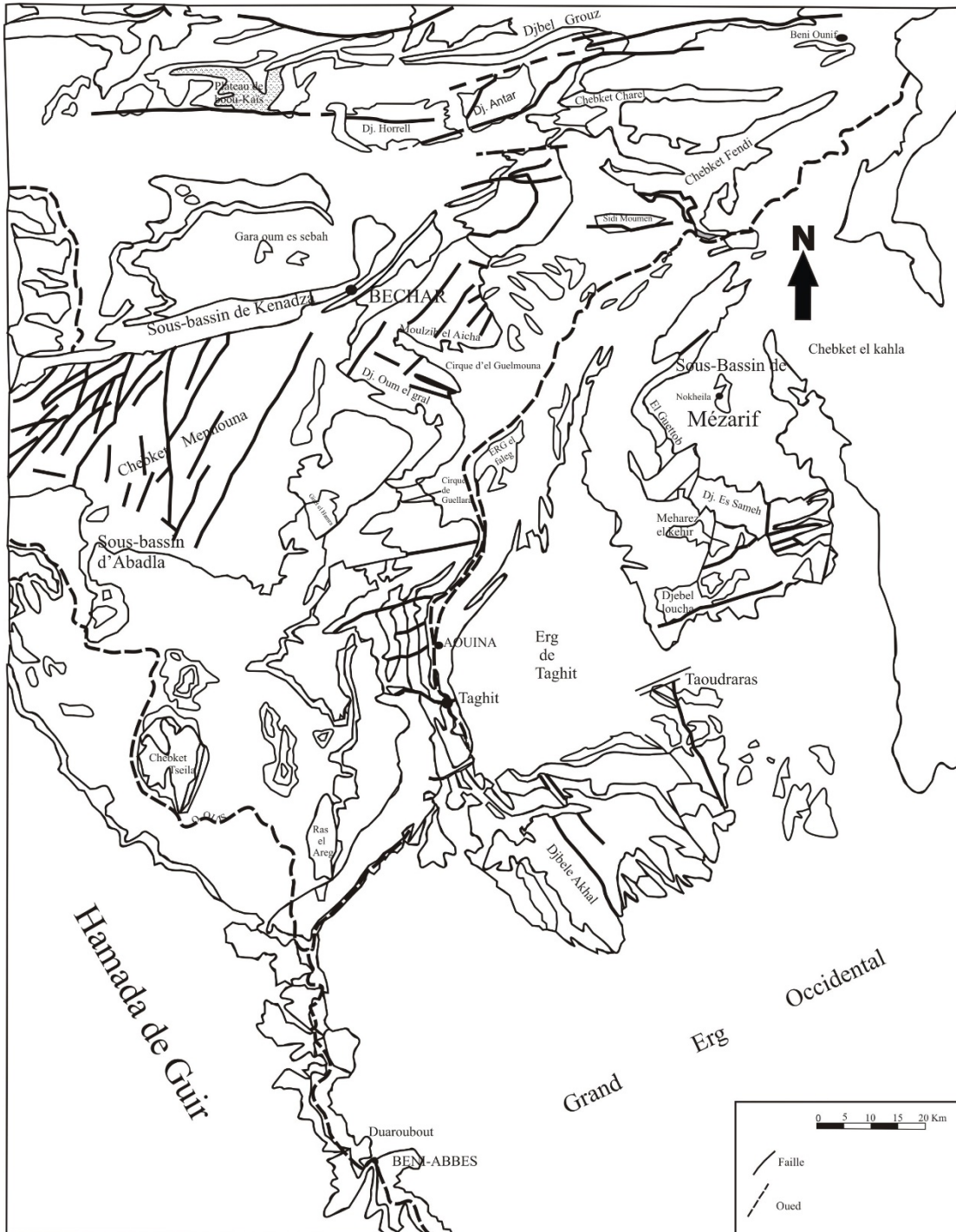


Fig. 04 : Carte structurale du bassin de Béchar (d'après PAREYN, 1961 in BELKHODJA et DERKAOU, 2023)

B. Cadre géologique de la zone d'étude

1. Sur le plan stratigraphique

Au niveau du Bassin houiller d'Abadla, le Carbonifère occupe une grande surface. L'étude lithologique par DELEAU en 1951, a permis de décrire dans un ordre descendant les formations suivantes (Fig. 05) :

-**Stéphanien inférieur** : marnes rouges à gypse, puis alternance de marnes et de grès rouges.

-**Westphalien D** : alternance de marnes schisteuses bleues avec quelques veines de houille, de marnes rouges et de grès.

-**Westphalien C** : alternance de barres de grès et de marnes schisteuses avec couches de houille.

-**Westphalien A + B, (Kénadzien)** : Alternance de barres de grès et marnes schisteuses.

Ses affleurements s'arrêtent à peu près au niveau de l'Oued Guir. A partir de cette dépression ce sont d'autres formations.

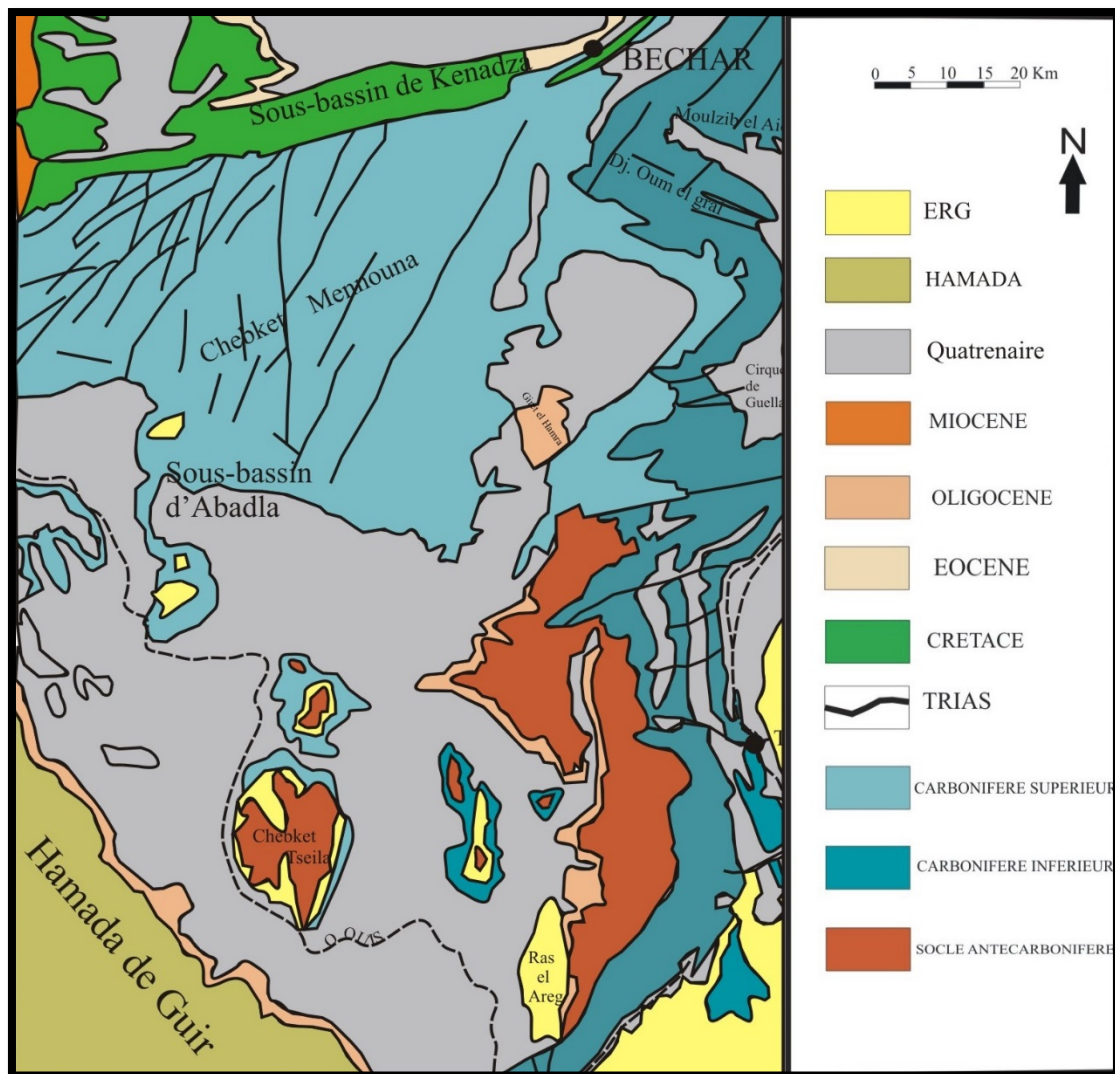


Fig. 05 : Carte géologique de sous bassin d'Abadla (d'après PAREYN, 1961 in BELKHODJA et DERKAOU, 2023)

2. Sur le plan tectonique

Le sous bassin d'Abadla ne présente pas de contours réguliers. En effet plusieurs haut fonds lui donnent un aspect fort disloqué et la divisent en plusieurs unités. Leurs alignements et direction d'axes semblent privilégiés. Le plus important est d'orientation SO/NE et correspond à la partie septentrionale de cette fosse (l'anticlinal de chebket Mennouna). Cet anticlinal sépare la fosse d'Abadla de sous bassin houiller de Kenadza.

Nous signalons que, la densité de la fracturation varie avec les propriétés mécaniques des roches, l'âge des formations, et avec les dimensions et le type des formes structurales. Ainsi les maximums de densité sont localisés dans les formations du paléozoïques jusqu'au jurassique (ZAIGOUCHE, 1985). Cela serait dû aux actions superposées de plusieurs orogénèses. Les zones de densité moyenne couvrent les formations de crétacé dans lesquelles dominent les marnes. Le minimum de densité caractérise les formations du quaternaire et récentes. Trois directions tectoniques dominantes ont été mises en évidence (Fig. 06) :

- NE/ SO;
- E/O;
- NO/SE.



Fig. 06 : Carte structurale de sous bassin d'Abadla (d'après ZAIGOUCHE, 1985)

VI. METHODOLOGIE DE TRAVAIL

A. Travaux de terrain

Les travaux de terrains consistent à représenter et à définir les différentes unités lithologiques en levant une coupe géologique et en récoltant des échantillons, qui sont positionnés, orientés, numérotés et décrits.

Une description macroscopique préliminaire est faite sur le terrain.

B. Travaux de laboratoire

Les échantillons prélevés sur le terrain sont traités au laboratoire en confection des surfaces polies et en faisant des lavages de quelques échantillons sélectionnés dans les combes d'argiles.

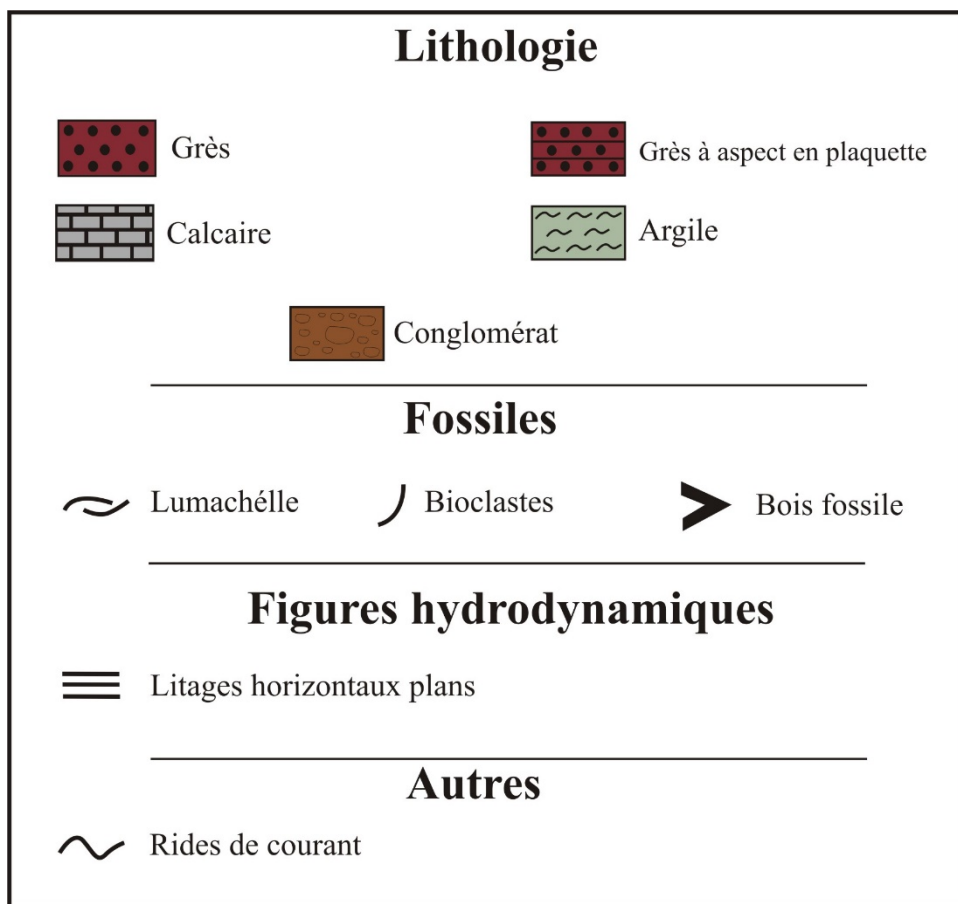
Nous signalons que l'un des buts de l'étude pétrographiques consiste à définir les différents caractéristiques sédimentologies des niveaux gréseux tel que : la granulométrie, la nature de ciment, le contenu fossilifères...etc.

Les palynomorphes ont été déterminés par Samira DJAZAIRI (spécialiste des palynomorphes dans la direction des laboratoires de Sonatrach à Boumerdes).

L'analyse aux FRX a pour but essentielle d'identifier les argiles présentent dans les formations westphaliennes et d'essayer de cerner leur évolutions verticale.

**DEUXIEME CHAPITRE : ETUDE
LITHOSTRATIGRAPHIQUE**

Légende des figurées



I. INTRODUCTION

L'objectif principal de ce chapitre est l'étude lithologique de la série du westphalien, afin de reconnaître la succession lithostratigraphique du secteur d'Oglat Becharef. En effet la reconstitution d'une région quelconque impose avant tout la reconnaissance de sa stratigraphie, celle-ci étant l'agencement, dans l'espace et dans le temps, des terrains et des mouvements que ces terrains ont enregistrés. A cet effet, une coupe levée dans la région de Mannouna.

Nous signalons que, dans ce travail, les descriptions des formations du Carbonifère moyen et plus précisément le Westphalien se limitent au niveau du Westphalien marin et continental « A et B » (KENADZIEN), (DELEAU, 1952) elles n'intéressent pas le Westphalien marin C et D.

II. CADRE GEOLOGIQUE DU SECTEUR D'ONGLAT BECHAREF

A. Localisation de la coupe

Une coupe lithologique a été levée au niveau de gîte de fer d'Oglat Becharef et plus précisément à quelques kilomètres (7 Km environ) à l'Est de nouveau gisement de charbon qui est actuellement en activité (Fig. 07). Ces coordonnées UTM sont : x : 625765 et, y : 3465245 (Fig. 08).

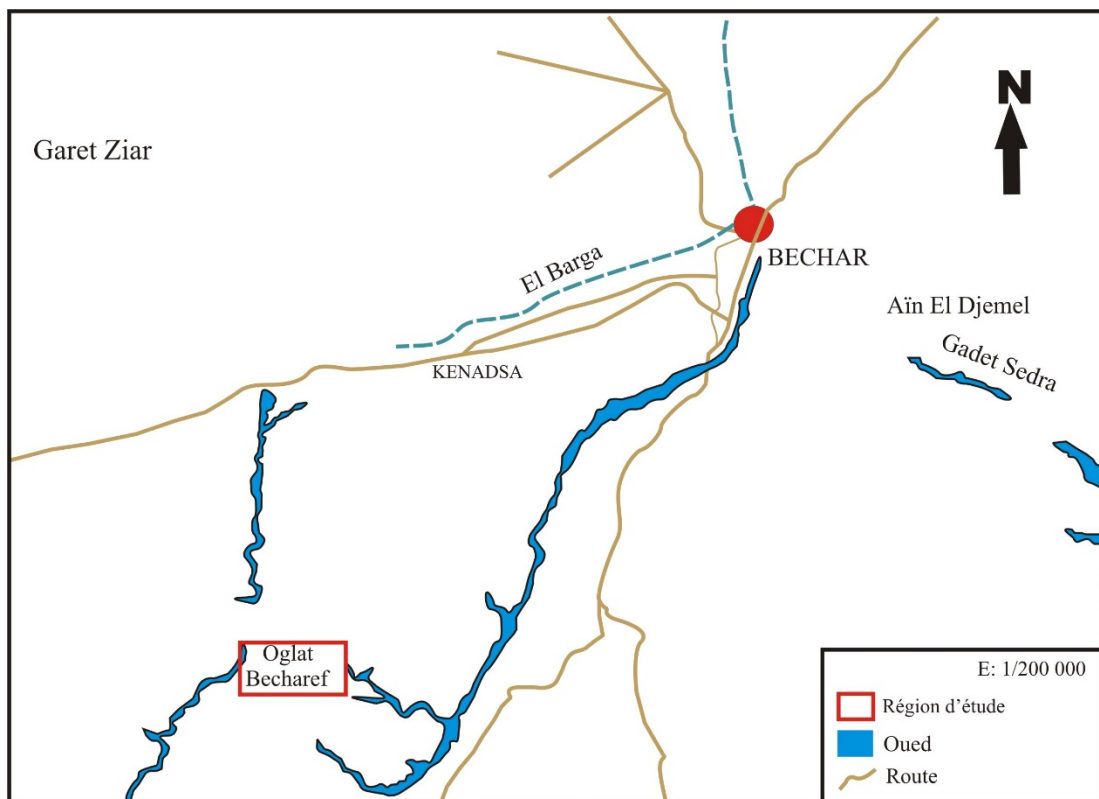


Fig. 07 : Localisation géographique de la coupe levée ; (Extrait de la carte topographique de Béchar : 1/200 000).



Fig. 08 : Photo satellitaire montrant le positionnement de la coupe levée (Google Earth, 2025)

B. Etude lithologique

C'est une coupe (Fig. 09) très intéressante du point de vue l'existence d'un gisement de fer (ETHMANE, 2024) et d'autre gisement de charbon à proximité de ce secteur. Elle englobe le Westphalien marin A et le Westphalien continental B (KENADZIEN, DELEAU, 1952).

Nous signalons que dans cet endroit, les argiles westphaliennes sont très érodées. Ce qui rend notre étude géochimique et palynologique en troisième chapitre très difficiles.

1. Westphalien marin « A »

Cette formation est épaisse de (74,5 m). A la base, elle est limitée par un niveau conglomératique. Ce sont des poudingues hétérométriques, hétérogéniques, a éléments de différente nature, cimentés par une matrice calcaro-ferrugineuse. Il surmonte d'une barre de calcaire bleuâtre « calcaire namurien » ou « calcaire bleu de Djeniène » (DELEAU, 1952), formant un repère à l'échèle locale. Ce passe est marqué par la disparition de carbonate. Son sommet est un niveau conglomératique noirâtre à bois silicifiés. Ce niveau présente une base ravinante marquée par des galets arrondis, cimentés par une matrice argileuse.

1.1. Description

La formation Westphalien marin surmonte le dernier niveau calcaire bleuâtre de la formation namurienne. Elle est à dominance argileuses (Fig. 10). Ces argiles sont légèrement silteuses à débit schisteux, de couleur rouge à la base devenant verdâtres à grisâtres vers le haut. Elle admette des niveaux stratiforme dont la taille augmente vers le sommet. Ces niveaux sont constitués de grès sombre à litages horizontaux plan et des rides de courant.

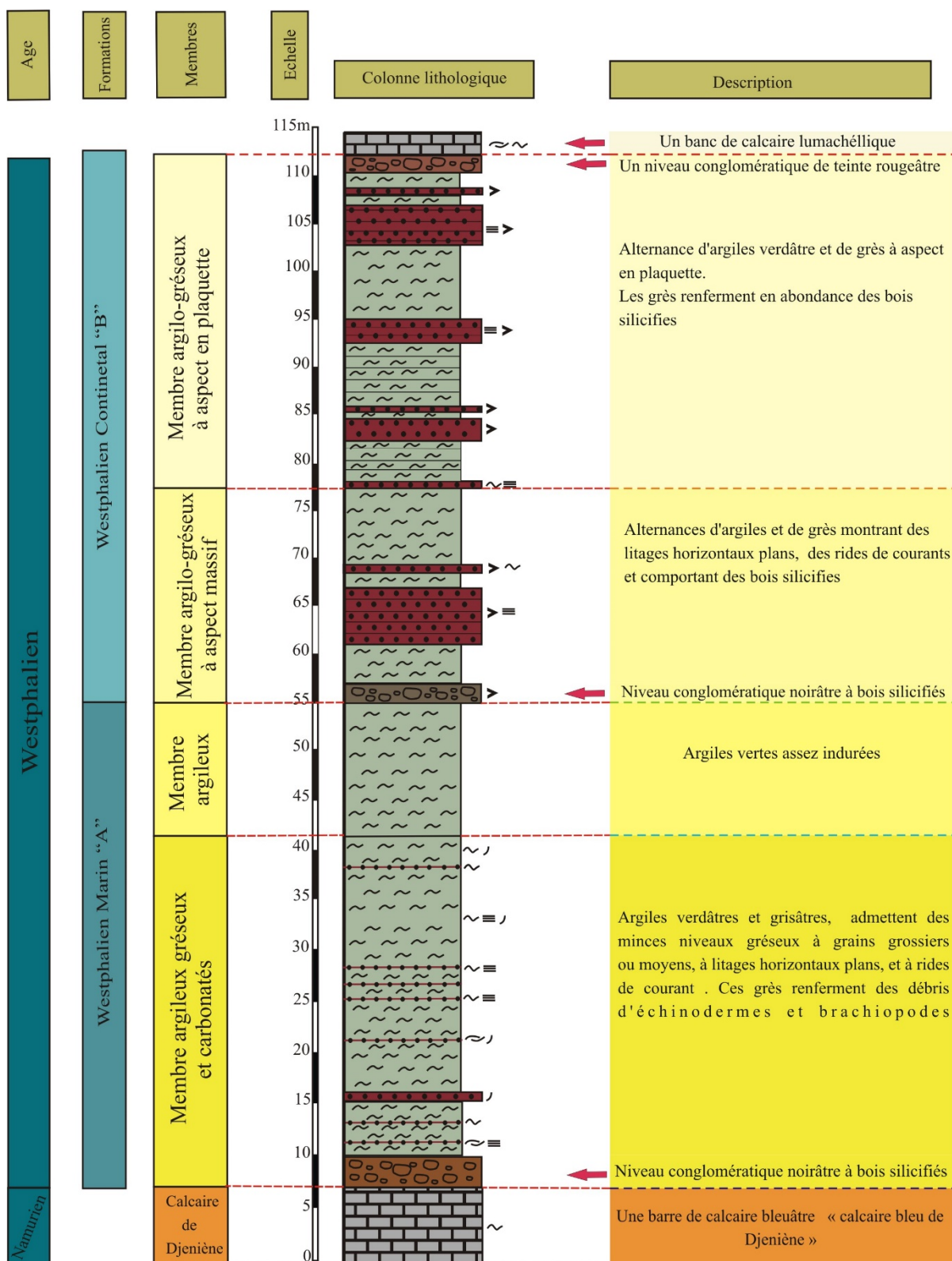


Fig. 09 : Colonne lithostratigraphique montrant la succession lithologique de la zone Oglat Becharéf

La formation de Westphalien marin « Westphalien A » peut être subdivisée en deux membres (Fig.10) :

- Un membre argilo-gréseux et carbonaté à la base ;
- Un membre argilo-gréseux au sommet.

1.1.1. Un membre argilo-gréseux et carbonaté

Il s'agit d'une dizaine de mètres d'argiles d'aspects schisteux, de couleur verdâtre et grisâtre. Ces argiles admettent des minces niveaux gréseux à grains grossiers ou moyens, finement laminés (aspect en plaquette), à litages horizontaux plans, et à rides de courant symétriques dans sa partie sommitale. Par endroit, ces grès renferment des débris d'échinodermes et brachiopodes.

Il est à noter que cette série est interrompue par deux niveaux de calcaire lumachéllique centimétrique, dont lesquels on distingue des débris de brachiopodes, d'échinodermes...etc.

Une croute de nodules ferrugineux tapisse, irrégulièrement, le dernier banc de grès de ce membre.

1.1.2. Un membre argileux

Ce membre se distingue du membre précédant par l'absence des intercalations gréseuses et carbonatées. Il s'agit donc, des argiles vertes à légèrement bleues et assez indurées.

Ce membre est clôturé par un niveau conglomératique noirâtre à bois silicifiés.

Nous signalons également, que l'épaisseur de ce membre augmente progressivement quand nous allons vers l'Est.

En résumé, la formation argilo-gréseuse du Westphalien marin, présente les caractéristiques suivantes :

Cette formation comprend des intercalations de calcaires lumachélliques ;

Cette formation est subdivisée par deux membres séparés par une discontinuité nette ;

Cette formation renferment des faunes marines tel que : des brachiopodes, des échinodermes...etc.

2. Westphalien continental « Westphalien B »

Cette formation débute par un banc conglomératique sombre d'un 0,5 m d'épaisseur à bois silicifiés. La base de ce banc est érosive marquée par des galets. Par ailleurs, sa surface supérieure est toujours soulignée par un niveau microconglomératique de teint rougeâtre.

Pendant, l'évolution sédimentologique en fait une série qui s'étend jusqu'à l'apparition du premier niveau calcaire bioclastique (début du Westphalien C).

2.1. Description

D'une épaisseur de 54 m (Fig. 11), cette formation débute par 0,5 m de conglomérat passant à des alternances d'argiles et de grès formant des petites butes dans le paysage.

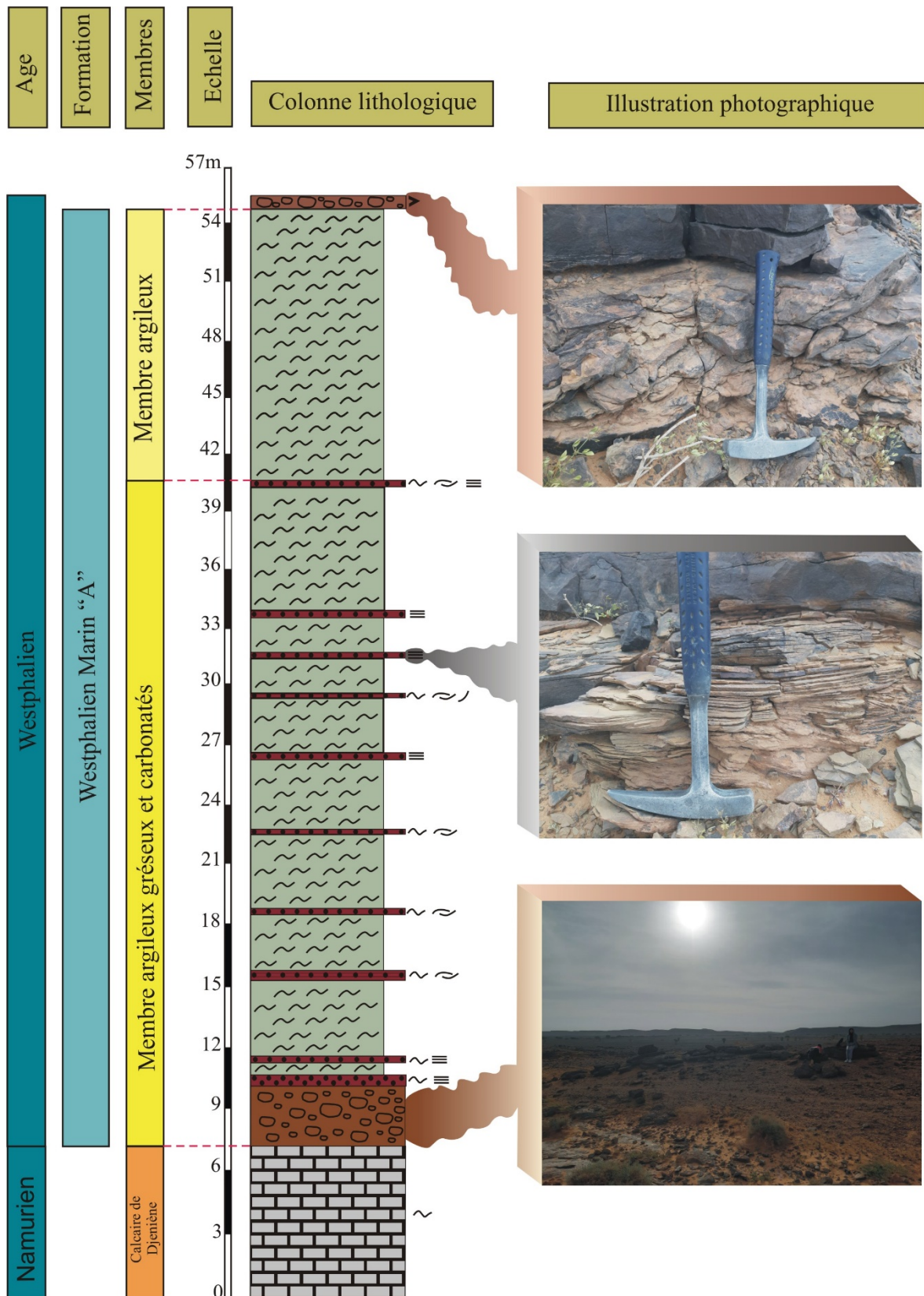


Fig. 10 : Colonne lithologique de la formation Westphalien marin « A »

Par rapport à la formation précédente, on note que les niveaux gréseux deviennent plus importants et renferment en abondance des bois silicifiés.

Cette formation essentiellement argilo-gréseuse comprend également deux membres selon la présence ou l'absence des intercalations gréseuses dans les combes d'argiles :

2.1.1. Membre inférieur : argilo-gréseux à aspect massif

Au-dessus de la formation précédente, repose en concordance le membre inférieur de la formation Westphalien continental. Il s'agit d'une alternance argilo-gréseuse.

Les grès sont épais (0,30 à 6 m), d'aspect en lentilles massives mais à l'extension latérale faible, de couleur rougeâtre, fortement patiné en noir, montrant des litages horizontaux plans, des rides de courants et comportant des bois silicifiés de taille décimétrique. Les grains sont fins et cimentés par ciment argileux.

Les argiles sont grumeleuses et caractérisées par leur couleur verdâtres et l'absence des intercalations gréseuses.

2.1.2. Membre supérieur : argilo-gréseux à aspect en plaquette

Il est formé par une alternance d'argiles verdâtre et de grès à aspect en plaquette, en banc décimétriques à métriques, de couleur rougeâtre patiné en noire, montrant des ripples marks et renfermant en abondance des bois silicifiés. Ces derniers sont assez grands (20 à 30cm).

A la différence de membre précédent, ce membre se distingue par la présence des fines intercalations gréseuses rougeâtre et à aspect en plaquette dans les combes argileuse.

Au sommet de la dernière barre gréseuse, on note un niveau conglomératique de 0,30m d'épaisseur, de teinte rougeâtre, surmonté par un banc de calcaire noirâtre, renfermant des échinodermes et des petits brachiopodes indiquant le début de la formation « Westphalien C ». Cette dernière n'a fait pas l'objet de notre étude.

En résumé, l'étude de la formation « Westphalien continental » permet de retenir trois observations importantes :

- Cette formation est plus riches en bois silicifiés ;
- Cette formation se distingue par des bancs de grès chenalisés plus épais que le Westphalien marin ;
- Cette formation se caractérise par la présence des palynomorphes (voir chapitre trois).

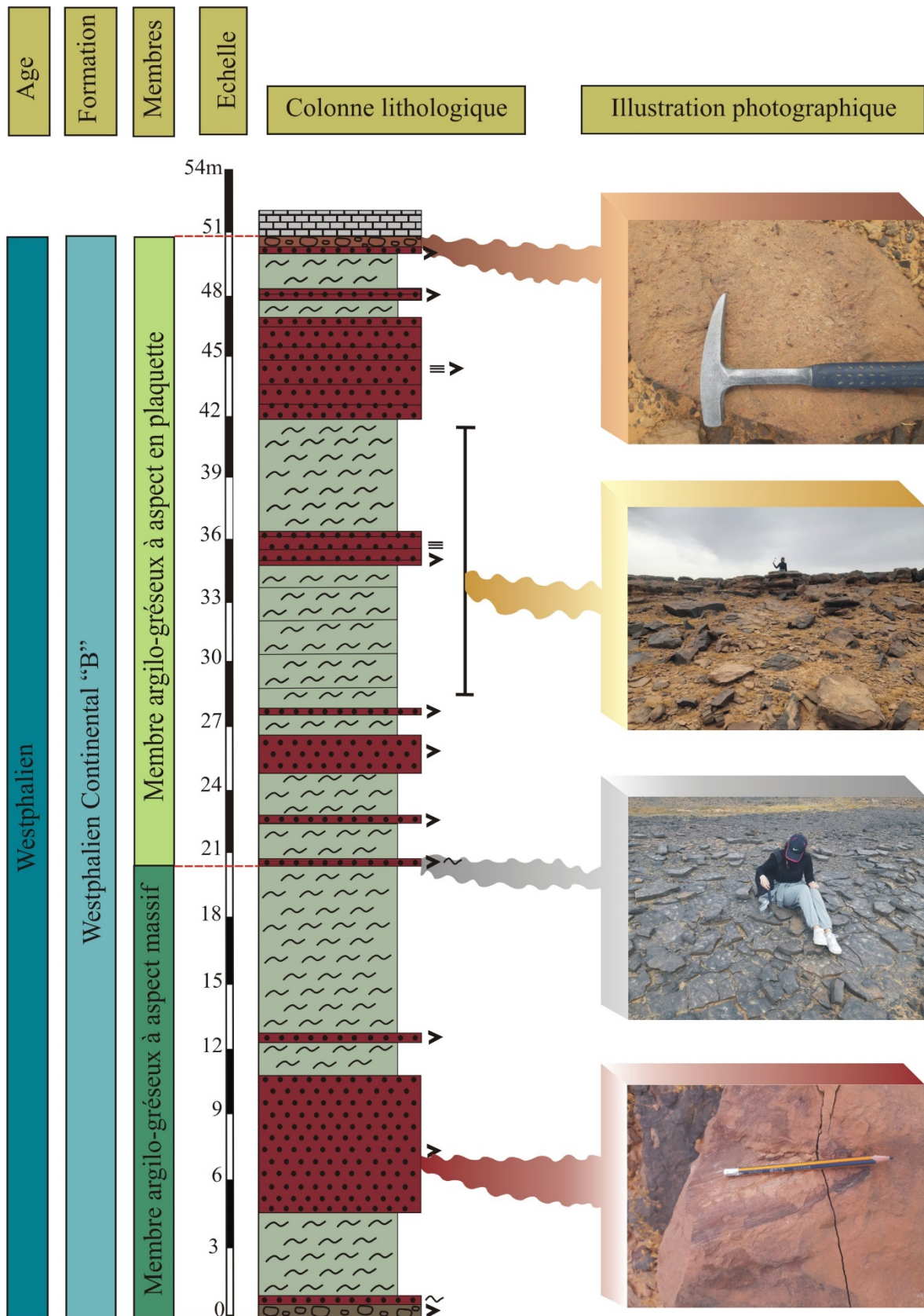


Fig. 11 : Colonne lithologique de la formation Westphalien continental « B »

C. Analyse de microfaune

Le tri effectué sur quelques résidus des échantillons prélevés dans les agiles du Westphalien marin « A » et Westphalien continental « B » a révélé une rare microfaune, constituée essentiellement d'Ostracodes (Fig. 12). Ces derniers sont des micro-crustacés aquatiques, généralement de petite taille, protégés par une carapace composée de deux valves calcifiées. Appartenant à l'embranchement des Arthropodes. Leur identification et leur étude contribuent à mieux reconstituer les environnements sédimentaires et à préciser le cadre chronostratigraphique du Westphalien « B » dans le sous-bassin étudié. Cependant, la macrofaune est représentée uniquement par des fragments d'épines d'oursin (Fig. 13).



Fig. 12 : Exemple de quelques ostracodes triés dans la fraction argileuse du Westphalien continental « B »

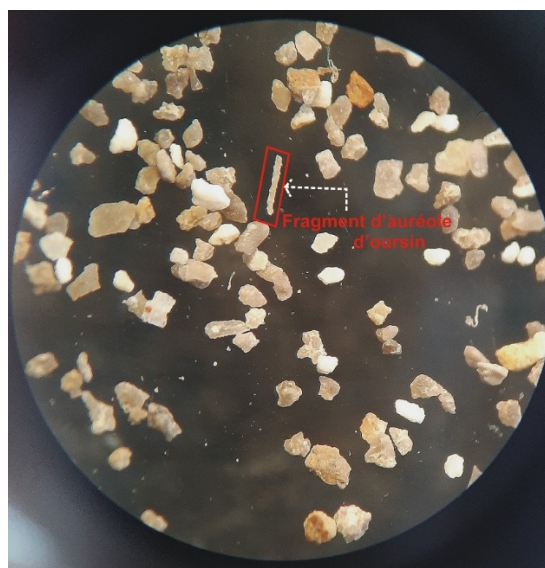


Fig. 13 : Exemple d'un lithophase formant la fraction argileuse du Westphalien « A »

III. ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE

A. Westphalien marin

1. Faciès et milieux de dépôt

L'analyse sédimentologique nous a permis de montrer trois familles de faciès replacés dans différents milieux de dépôts.

1.1. Faciès 1 : faciès argileux

Ce faciès domine cette formation. Il forme des combes pluri-métriques situées entre les barres gréseuses du membre inférieur (Fig. 14) où il est apparait sous forme d'une puissante masse d'argiles verdâtre sans intercalations gréseuses et carbonatés formant le membre supérieur.



Fig. 14 : Faciès argileux.

1.2. Faciès 2 : faciès gréseux

Ce faciès est subdivisé en deux principaux sous faciès lithologique ; il s'agit de :

1.2.1. Sous faciès 1 : Grès à litage plan horizontal et ride de courant

Ce faciès est caractéristique du membre inférieur de la formation Westphalien marin. Il est constitué de grès à grains grossiers et se disposent en bancs décimétriques. Ces derniers renferment des fossiles marins (Echinodermes, Brachiopodes...etc.), sont respectivement de couleur rouge où ils se présentent en barres montrant des litages plans horizontaux et des rides de courant (Fig. 15) ; séparées par des épais combes argileuses.



Fig. 15 : Grès à litages plans horizontaux.

1.2.2. Sous faciès 2 : Grès bioturbé

Il est associé au sous faciès précédent. Il s'agit des niveaux gréseux, très induré, d'épaisseur décimétrique et à grains grossiers à moyens (Fig. 16). Ces grès enferment de nombreuses traces d'activité organique.

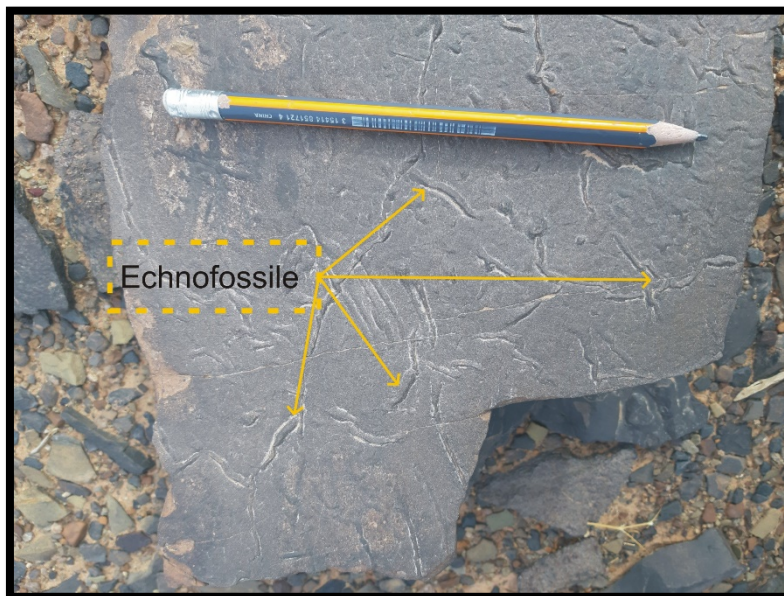


Fig. 16 : Grès bioturbé

1.3 Faciès 3 : faciès calcaire

Il est bien représenté dans le premier membre où il est disposé en deux bancs lumachéliques (fig. 17), de couleur grisâtre à aspect massif.

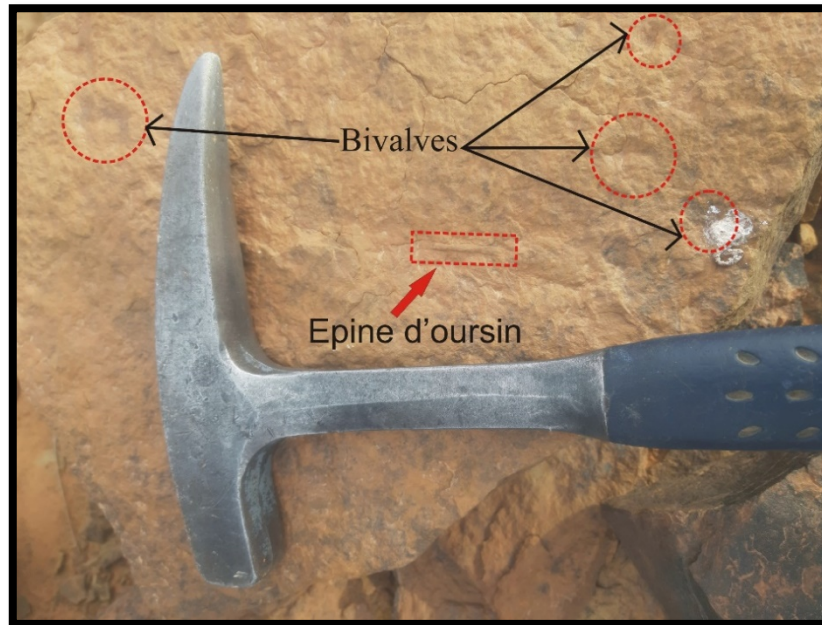


Fig.17 : Faciès calcaire

2. Association de faciès

L'étude est l'interprétation des trois principaux faciès rencontrés dans la formation du Westphalien marin, nous permettent de regrouper ces faciès en deux associations faciologiques (Fig. 18) :

- Association 1 : caractérise le membre inférieur.
- Association 2 : caractérise le membre supérieur.

2.1. Association 1 : argilo-gréseuse et carbonaté

Elle caractérise le membre inférieur qui regroupe trois principaux faciès : des barres gréseuses, des calcaires et des argiles. Le faciès des barres s'est mis en place sous l'action de courants tidaux associés à des flots hydrodynamiques puissants. Par contre, le faciès argileux s'est déposé lorsque l'intensité de ces flots a diminué.

Néanmoins, ce milieu de dépôt correspond à une plate-forme détritique peu profonde (prodelta) dominée par les courants de marées.

2.2. Association 2 : argileuse

Elle domine le membre supérieur. Cette association regroupe uniquement des argiles (faciès 1), qui indiquent de longues phases de décantation (caractères d'eau calme).

Vu l'importance de l'argilosité, l'absence des passées gréseuses et carbonatées, indiquent que cette deuxième association s'est déposée loin de la source des apports terrigènes grossiers, vraisemblablement dans la zone prodeltaïque.

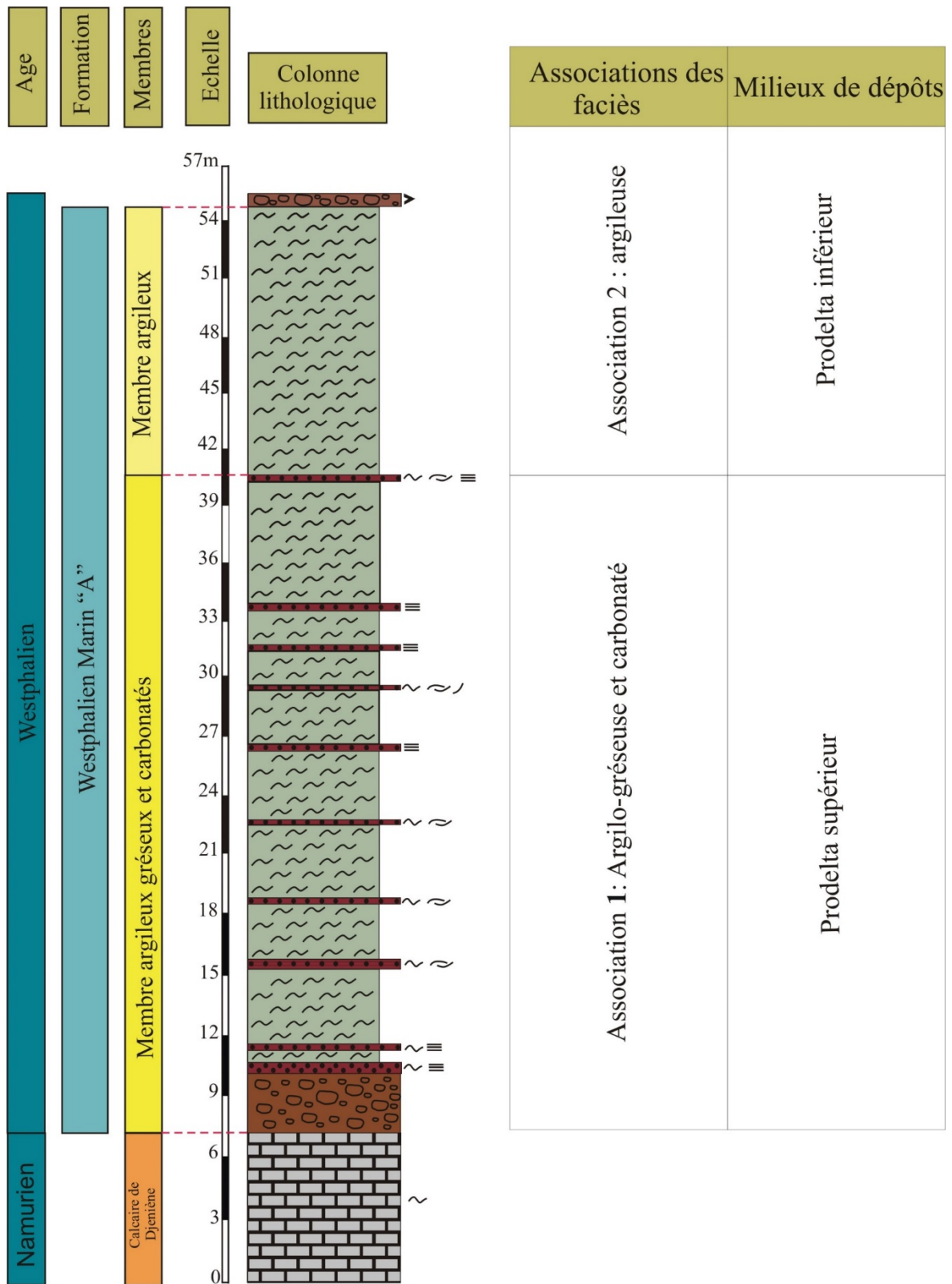


Fig. 18 : Association faciologique et évolution environnementale de la formation Westphalien marin

B. Westphalien continental

1. Faciès et milieux de dépôt

Deux familles de faciès lithologiques ont été définies dans la formation du Westphalien continental ; il s'agit respectivement :

1.1. Sous faciès 1 : Argile

Ce faciès est très développé dans cette formation. Son importance augmente aussi bien vers le sommet de la formation du Westphalien continental II correspond à des combes argileuses, verdâtre, alternant avec des barres gréseuses (Fig. 19).



Fig. 19 : faciès argileux

1.2. Sous faciès 2 : Grès

Par ailleurs, trois sous faciès de grès ont été observés : grès chenalisé, grès massif à litages horizontaux plans et grès à aspect en plaquette.

1.2.1. Sous faciès 1 : Grès chenalisé

Les bancs chenalisé ont des bases érosives et une teinte rougeâtre, d'épaisseur métrique et à extension latérale faible. Les grains sont de dimension fine (Fig. 20).



Fig. 20 : grès chenalisé

1.2.2. Sous faciès 2 : Grès massif à litages horizontaux plans

Il est généralement massif, de couleur rougeâtre. Ce faciès se dispose en bancs massifs d'ordre décimétrique à métrique, montrant des litages horizontaux plans, des rides de courants et comportant des bois silicifiés de taille décimétrique (Fig. 21).



Fig. 21 : grès à aspect massif à litages horizontaux plans

1.2.3. Sous faciès 3 : Grès à aspect en plaquette

Il est bien développé dans le membre supérieur. Ce faciès se présente en banc décimétriques à métriques souvent feuilletés. Les grès sont à grains fins et cimentés par un ciment argileux à aspect en plaquette. (Fig. 22).



Fig.22 : grès à aspect en plaquette

2. Association de faciès

Cette association correspond à la formation Westphalien continental (Fig. 23). Elle regroupe essentiellement les faciès suivants : grès chenalisé, grès massif à litages horizontaux plans, Faciès argileux et grès à aspect en plaquette.

Les litages entrecroisés, les rides et les chenaux indiquent des conditions littorales. Ce sont des cordons allongés Est-Ouest.

Les caractéristiques sédimentologiques de cette association indiquent un environnement mixte de type plaine deltaïque à front deltaïque.

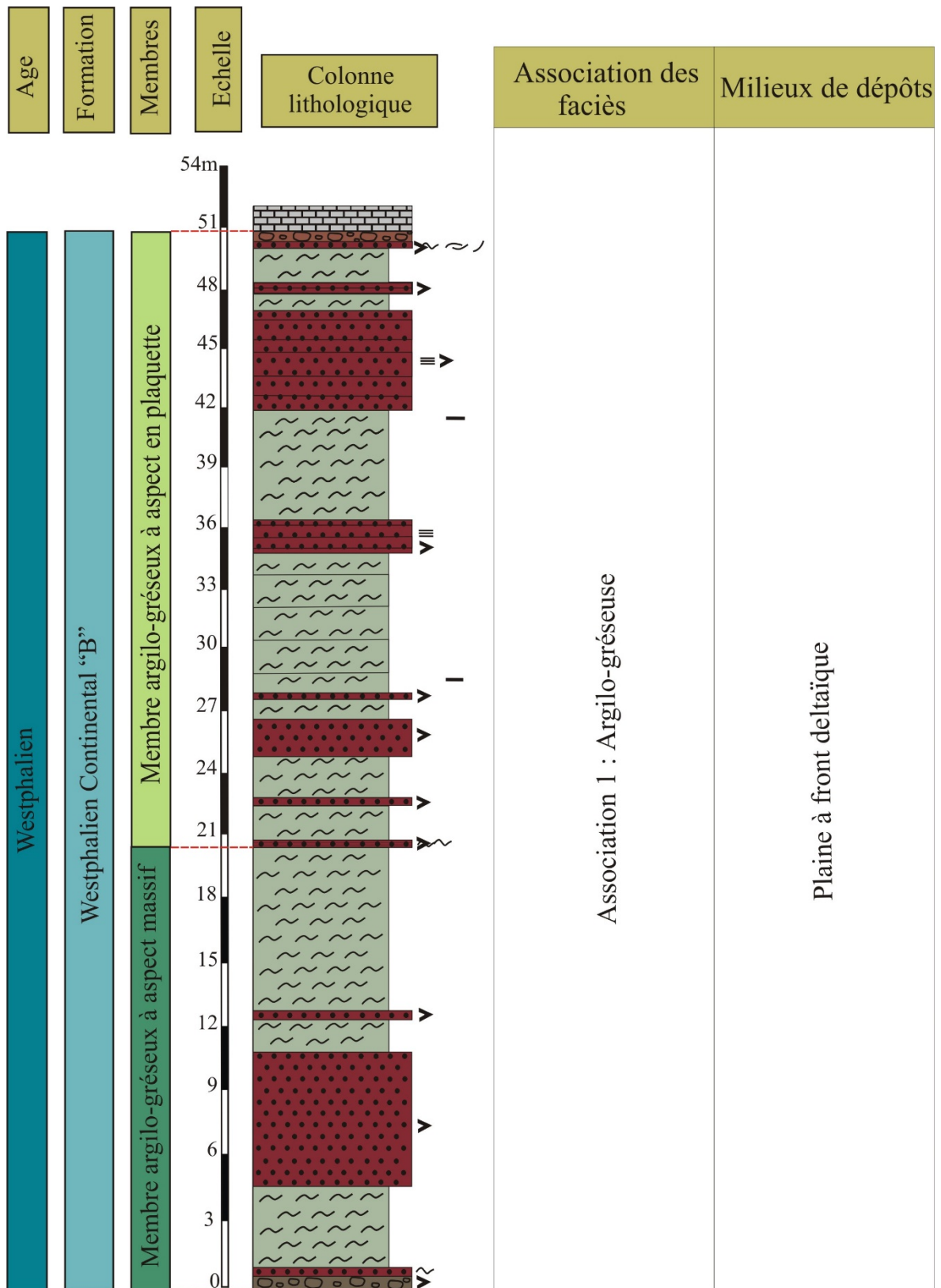


Fig. 23 : Association faciologique et évolution environnementale de la formation Westphalien continental

C. Discontinuités

Les différentes discontinuités observées dans la coupe d'Oglat Becharef sont :

- D1 : Cette discontinuité majeure marque le passage de la formation les « calcaires du Namurien » à la formation Westphalien marin « A ». Elle est matérialisée par un niveau conglomératique. Ce sont des poudingues hétérométriques, hétérogéniques, à éléments de différente nature, cimentés par une matrice calcaro-ferrugineuse.
- D2 : Elle correspond à la limite supérieure de la formation Westphalien marin « A » et la limite basale de la formation Westphalien continental « B ». Cette discontinuité sédimentaire est marquée par un niveau conglomératique noirâtre à bois silicifiés. Ce niveau présente une base ravinante marquée par des galets arrondis, cimentés par une matrice argileuse.
- D3 : Elle marque le passage du Westphalien continental « B » au Westphalien marin « C ». Cette limite est soulignée par un niveau microconglomératique de teint rougeâtre.
- d1 : Elle coïncide avec le dernier banc du membre inférieur de la formation Westphalien marin « A ». Elle est matérialisée par une surface à nodules ferrugineux.
- d2 : Elle correspond à une surface ferrugineuse sur laquelle repose le membre supérieur de la formation du Westphalien continental.

D. Evolution séquentielle

Le carbonifère médian de la région d'Oglat Becharef est constitué par la superposition de deux méga-séquences transgressives (d'enfoncement, MI & MII) (Fig. 24).

- La méga-séquence MI correspondant à la formation Westphalien marin « A » ;
- La méga-séquence MII correspond à la formation Westphalien continental « B ».

-La méga-séquence MI : débute par des termes argilo-gréseux et carbonatés à faciès rougeâtre (membre inférieur de la formation Westphalien marin « A ») puis évolue vers une épaisse série argileuse sans intercalations gréseuses et carbonatées (membre supérieur de formation Westphalien marin « A »).

-La méga-séquence MII : Elle débute par des grès massifs et chenalisé alternant avec des argiles verdâtres admettant. Au-dessus, la série évoluée vers des faciès argileux à intercalations des niveaux gréseux à aspect en plaquette.

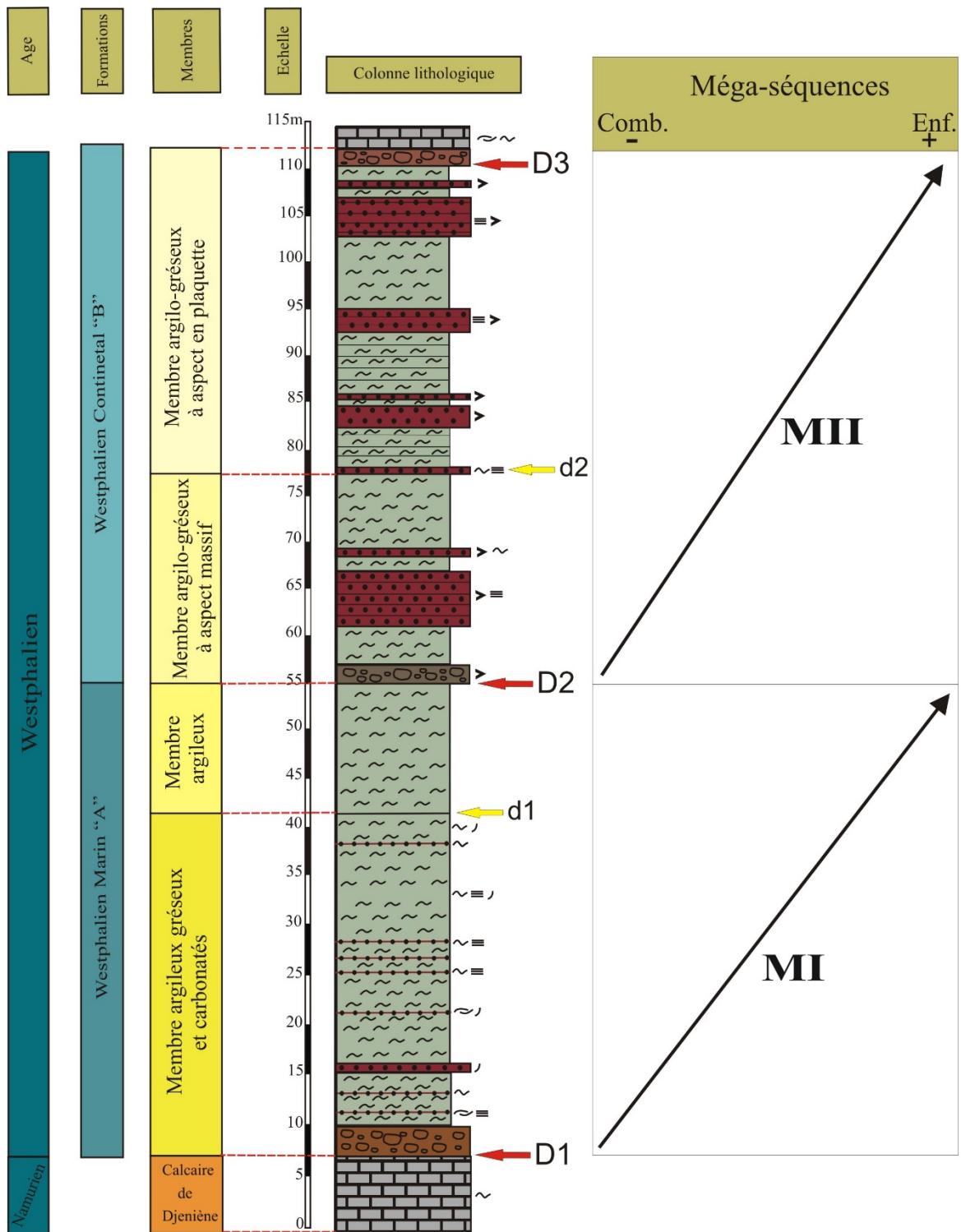


Fig. 24 : Evolution séquentielle de la coupe d'Oglat Becharif.

**TROISIEME CHAPITRE : ETUDE PALYNOLOGIQUE
ET GEOCHIMIQUE**

I. INTRODUCTION

La présente étude concerne les argiles Kenadziennes « Westpahlien A et Westphalien B ». Chaque échantillon prélevé est analysé au point de vue géochimique et palynologique. Dans cette optique, une série d'analyses chimiques a été réalisée sur quelques échantillons prélevés le long de la coupe étudiée. Ces analyses sont complétées par l'étude microscopique des palynofaciès. Il a noté que, les fréquences absolues des éléments chimiques constituant ces argiles sont notées.

Nous signalons également que, les résultats d'analyse minéralogique sont présentés sous forme de diffractogrammes joints dans le texte.

II. ETUDE PALYNOLOGIQUE

En Algérie, les données et les travaux palynologiques sur les argiles westphaliennes restent fragmentaires et jusqu'à présent aucune échelle palynologique du Carbonifère se basant sur des spores, pollen et kystes de dinoflagellés n'a été établie.

L'étude du palynofaciès pour quelques échantillons sélectionnés dans les argiles du Westphalien B, au microscope optique en lumière naturelle, a permis d'identifier le cortège palynologique. Ce dernier est représenté essentiellement par des matières organiques composées de phytoclastes (Fig. 25) (matières organiques amorphes jaune orangé à brun foncé ou opaque, débris végétal et débris de bois) et des pollens. Ces dernières microflores sont caractérisées par la présence de deux espèces caractérisant le Carbonifère et qui sont respectivement : l'*Endospores globiformis* & *Spelaeotriletes* sp. (Fig. 26). Ces deux espèces et en particulier la première espèce « l'*Endospores globiformis* » confirme l'âge Westphalien continental pour cette formation.



Fig. 25 : Exemple d'une matière organiques, opaques observés dans les argiles de la formation Westphalien B (A : débris végétaux, MOOp : matière organique opaque.)

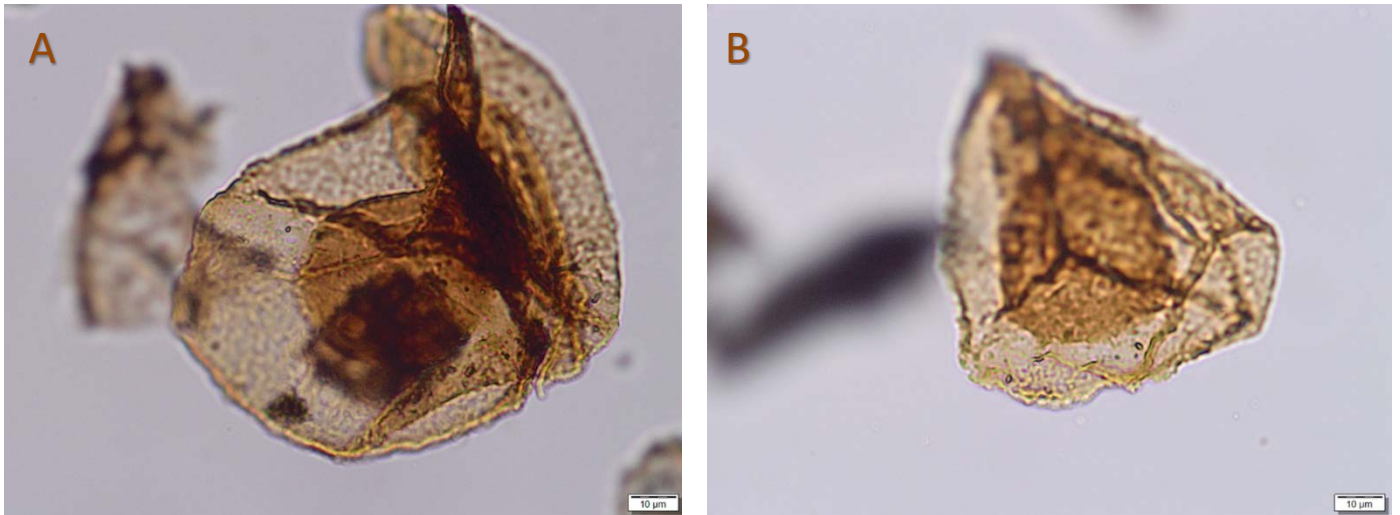


Fig. 26 : Exemple des pollens récoltées dans les argiles de la formation « Westphalien B » A : *l'Endospores globiformis* ; B : *Spelaeotriletes* sp.

III. CARACTERISTIQUE GEOCHIMIQUE DES ARGILES KENADZIENNES

A. Composition chimique

Les caractéristiques chimiques des argiles westphaliennes marines « A » et continentales « B » se présentent comme suit (Tab. 01) :

Tab. 01 : Résultat d'analyse FRX des argiles westphaliennes marines et continentales

	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	So ₃	Cl	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃
Ob 24	0,08	1,28	15,68	53,03	5,32	-0,002	2,45	5,93	4,09
Ob M	0,06	1,22	15,95	57,34	2,07	-0,001	3,24	4,87	4,15
Ob 12	0,27	1,00	11,82	70,35	0,16	-0,001	0,27	2,63	6,11

Ces résultats des analyses chimiques par fluorescence aux rayons X ont montré que les argiles du Westphalien marin « A » et continental « B » présentent des teneurs en SiO₂ très élevées, elles sont généralement comprises entre 53,03-70,35%, les proportions des oxydes secondaires et plus précisément le Al₂O₃, enregistre des valeurs comprises entre 11,82 et 15,95%. Les autres oxydes tels que : Na₂O, MgO, So₃, Cl, K₂O, CaO et Fe₂O₃ sont représentés par des faibles teneurs qui ne dépassent guère les 6,5%.

Nous présentons sur la figure 27 la distribution verticale des éléments chimiques contenues dans les argiles du Westphalien marin « A » et continental « B ». On note une diminution de SiO₂ dans les argiles du Westphalien continental. Cependant, l'élément secondaire Al₂O₃ montre une excursion positive dans ces argiles. Par ailleurs, les éléments en trace enregistrent des faibles variations d'évolution ; l'exception faite dans l'élément soufre (So₃) où nous remarquons une augmentation assez importante dans les argiles continentales (5,32).

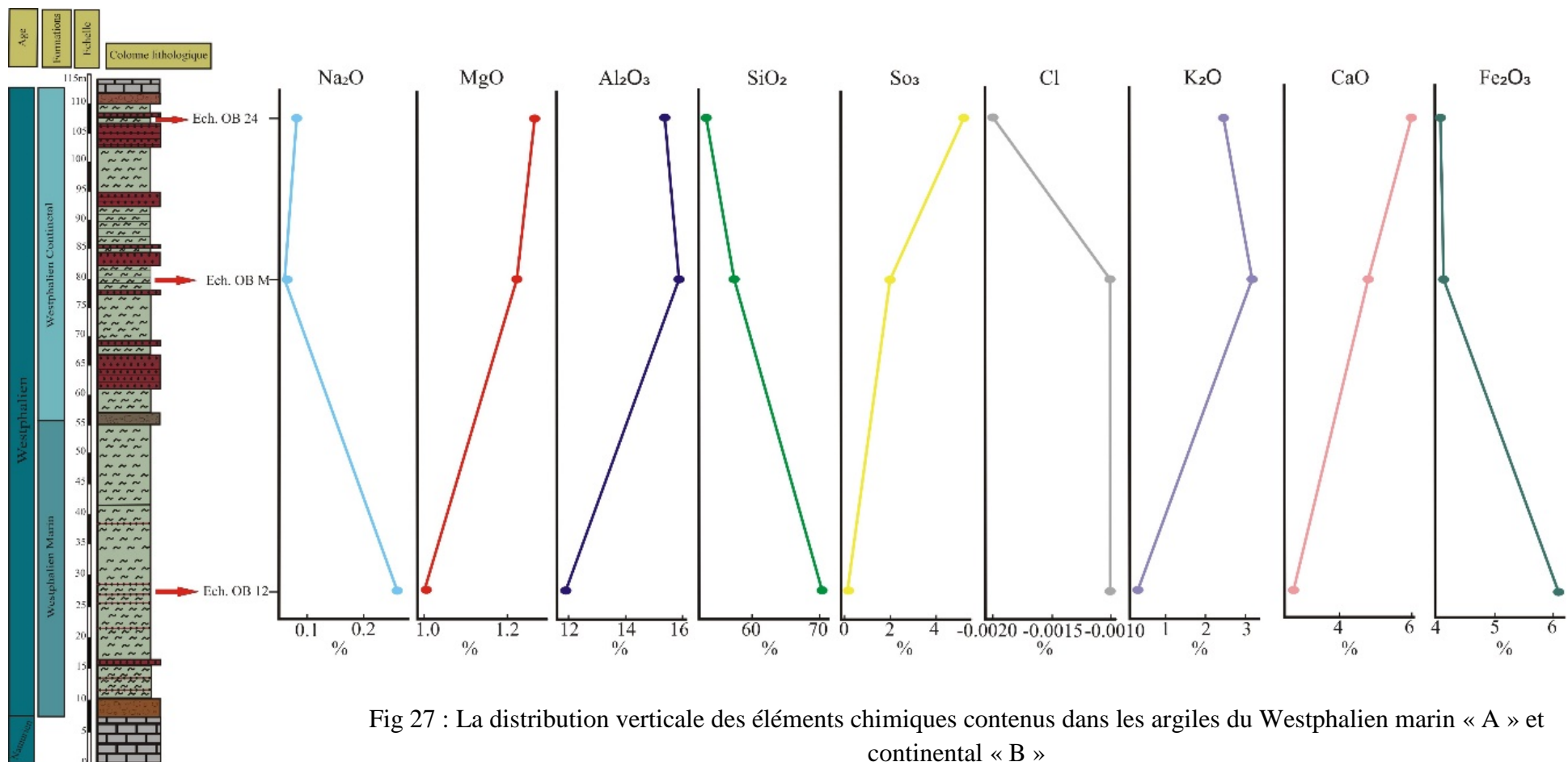


Fig 27 : La distribution verticale des éléments chimiques contenus dans les argiles du Westphalien marin « A » et continental « B »

CONCLUSION GENERALE

Les sédiments carbonifères sont largement répandus dans le bassin de Béchar et en particulier le sous bassin d'Abadla. Stratigraphiquement, ces sédiments représentent des termes allant du Namurien au Westphalien. Ce sont des séries, principalement argilo-gréseuses avec, parfois, quelques bancs de roches carbonatées. Les sédiments du Carbonifère moyen sont généralement continentaux et marins.

Dans notre secteur d'étude (Oglat Becharef), le complexe sédimentaire du Carbonifère moyen se décompose en plusieurs principales formations. Parmi ces formations sédimentaires, on note le Westphalien « A » et « B » (KENADZIEN). Ces unités lithologiques sont divisées en membres de nature lithologique alternante argile-grès :

Le Westphalien marin « A »

Le Westphalien marin est caractérisé respectivement par une sédimentation argileuse avec des passées gréseuses peu épaisses et par l'apparition de faciès lumachelliques, dans lesquels on distingue des débris de brachiopodes, échinodermes...etc. Cette formation est représentée par deux membres : un membre argilo-gréseux et carbonaté, à la base et un membre argilo-gréseux, vers le sommet. Le premier membre se distingue par de nombreuses intercalations de grès bioclastiques à grains grossiers ou moyens, finement laminés, montrant des litages horizontaux plans et des rides de courant. Par contre le deuxième membre se caractérise par l'absence des intercalations gréseuses.

Le Westphalien continental « B »

Cette formation est constituée par une alternance de barre métriques à décamétrique de grès chenalisé, et de couches d'argile un peu plus épaisses. Elle comprend également deux membres : un membre inférieur riches en bois silicifiés de taille décimétrique et un membre supérieur caractérisé par des grès à aspect en plaquette.

L'étude sédimentologique du Carbonifère moyen à Oglat Becharef révèle une évolution verticale marquée par deux grandes formations : le **Westphalien marin "A"** et le **Westphalien continental "B"**.

Le Westphalien marin montre trois faciès principaux — argileux, gréseux et calcaire, traduisant un dépôt en environnement de plateforme peu profonde influencée par des courants tidaux. Deux associations faciologiques y sont distinguées : une association argilo-gréseuse-carbonatée dans le membre inférieur et une association argileuse dans le membre supérieur, indiquant une transition vers un milieu plus calme et distal (prodelta).

Le Westphalien continental, quant à lui, présente une alternance de faciès argileux et gréseux (chenalisé, massif et en plaquette) traduisant un environnement de plaine deltaïque à front deltaïque. Plusieurs discontinuités majeures (conglomérats et niveaux ferrugineux) marquent les transitions entre ces unités. L'ensemble correspond à deux méga-séquences transgressives : MI (marin) et MII (continental), illustrant l'histoire sédimentaire d'un bassin en évolution sous l'influence de dynamiques marines et continentales successives.

Au point de vue stratigraphique, une étude palynologique sur les argiles de la formation Westphalien continental « B » a permis de mettre en évidence deux principales espèces de pollen pour cet intervalle chronostratigraphique. Il s'agit l'*Endospores globiformis* & *Spelaeotriletes* sp.

Les résultats des analyses chimiques par fluorescence aux rayons X ont montré que les argiles du Westphalien marin « A » et continental « B » présentent des teneurs en SiO₂ très élevées, elles sont généralement comprises entre 53,03-70,35%, les proportions des autres éléments chimiques (Al₂O₃, Na₂O, MgO, SO₃, Cl, K₂O, CaO et Fe₂O₃) sont représentés par des faibles teneurs dont l'élément dominant (Al₂O₃) ne dépasse pas les 16%.

En ce qui concerne la distribution verticale des éléments chimiques, on peut résumer les observations de la manière suivante :

- Une diminution de SiO₂ dans les argiles du Westphalien continental.
- Une faible variation des éléments en trace.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BELKHODJA R. et DERKAOUI S-N. (2023)** - Le charbon de Mennouna Ksiksou (bassin Abadla, wilaya de Béchar) : Géologie et analyse géochimique du gisement. *Mémoire de Master professionnel*, Univ. de Tlemcen, 36 p.
- BENAMAR D. et MESLI S-D. (2023)** – Les roches semi-précieuses de Djebel Zrigat (Abadla, wilaya de Béchar) : Caractérisation et analyse pétrographique. *Mémoire de Master professionnel*, Univ. de Tlemcen, 52 p.
- DELEAU P. (1952)** - La région de Colomb-Béchar XIX^{ème} Congrès géologique international. *Monographies régionales, 1^{re} Série : Algérie*, N° 8, 101 p.
- DELEAU P. (1951)** - Les bassins houillers du sud-oranais dans la région de Colomb Béchar-Abadla. *Bulletin du Service de la Carte Géologique d'Algérie*, 20, 277 p.
- ETHMANE M. V. (2024)** – Minéralisation de fer dans le bassin d'Abadla (sud-ouest de Béchar) : caractérisation pétrographique et géochimique. *Mémoire de Master professionnel*, Univ. de Tlemcen, 44 p.
- KAZI-TANI N., NEDJARI A. et DELFAUD J. (1991)** - Modalités de fonctionnement d'un bassin d'avant-fosse : l'exemple du Carbonifère de Béchar (Sud-Oranais, Algérie). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, 313, pp. 579-586
- MARMOURI E et BOUKENADEL N (2022)** - caractérisation géologique et physico-chimique des argiles et des calcaires du gisement de ben zireg (NE BECHAR), *Mémoire de Master professionnel*. Univ. de Tlemcen, 50 p.
- MEKKAOUI A. (2015)** - Le magmatisme basique de l'axe Damran-KahalTabelbela (Daoura, Monts de l'Ougarta, Sud-Ouest, Algérie) : Géologie, Pétrologie, Géochimie, et Contexte Géodynamique. *Thèse doctorat en science*. Université d'Oran 2, 232 p.
- NEDJARI A. (1991)** - Dynamique du remplissage littoral et continental moscovo-permien du paléopédogènes. *Thèse Doct. Es Sci.*, USTHB., Alger, 289 p.
- NÉDJARI A. (1995)** - Le dernier grand épandage détritique hercynien au Sahara algérien : exemple du bassin de Béchar-Abadla. *Bulletin du Service Géologique de l'Algérie*, 6, n° 2 pp. 195-209.
- PAREYN C. (1961)** - Les massifs carbonifères du Sahara sud-oranais. T. I : stratigraphie et tectonique. *Publication du Centre de Recherche Saharien, série Géologie*, 1, 325 p.
- SEBBAR M. (2000)** - Dynamique des microfossiles (foraminifère benthique et algues calcaires) en relation avec leur microfaciès carbonifère dans le Sahara Nord-Ouest Algérien (bassin de Béchar, Reggan, Tindouf). *Thèse Doctorat*. U.S.T.H.B., 370 p.

ZAIGOUCHE D. (1985) - Examen des phases d'instabilité orogénique du bassin de Béchar Abadla et leurs relations avec la sédimentation.). *Thèse Doctorat 3ème cycle*, U.S.T.H.B, 228 p.

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

Figure	Titre	Page
Fig 01	Position géographique de la région d'étude (bassin de Béchar) (d'après MEKKAOUI, 2015).	08
Fig 02	Position géographique du bassin d'Abadla (<i>In</i> MERMOURI et BOUKENADEL, 2022)	09
Fig 03	Carte géologique du bassin de Béchar (Bassin nord occidental, échelle, 1/500000)	10
Fig 04	Carte structurale du bassin de Béchar (d'après PAREYN, 1961 <i>in</i> BELKHODJA et DERKAOUI, 2023)	13
Fig 05	Carte géologique de sous bassin d'Abadla (d'après PAREYN, 1961 <i>in</i> BELKHODJA et DERKAOUI, 2023)	14
Fig 06	Carte structurale de sous bassin d'Abadla (d'après ZAIGOUICHE, 1985)	15
Fig 07	Localisation géographique de la coupe levée ; (Extrait de la carte topographique de Béchar : 1/200 000)	18
Fig 08	Photo satellitaire montrant le positionnement de la coupe levée (Google Earth, 2025)	19
Fig 09	Colonne lithostratigraphique montrant la succession lithologique de la zone Oglat Bou charef	20
Fig 10	Colonne lithologique de la formation Westphalien marin « A »	22
Fig 11	Colonne lithologique de la formation Westphalien continental « B »	24
Fig. 12	Exemplaire de quelques ostracodes triés dans la fraction argileuse du Westphalien continental « B »	25

Fig. 13	Exemplaire d'un lithophasse formant la fraction argileuse du Westphalien A	25
Fig.14	Faciès argileux	26
Fig. 15	Grès à litages plans horizontaux	27
Fig. 16	Grès bioturbé	27
Fig. 17	Faciès calcaire	28
Fig. 18	Association faciologique et évolution environnementale de la formation Westphalien marin	29
Fig. 19	Faciès argileux	30
Fig. 20	Grès chenalisé	31
Fig. 21	grès à aspect massif à litages horizontaux plans	31
Fig. 22	Grès à aspect en plaquette	32
Fig. 23	Association faciologique et évolution environnementale de la formation Westphalien continental	33
Fig. 24	Evolution séquentielle d'Oglat Becharef	35
Fig. 25	Exemplaire d'une matière organiques, amorphes observés dans les argiles de la formation Westphalien B (A : débris végétaux, MOOp : matière organique opaque.)	36
Fig. 26	Exemplaire des pollens récoltées dans les argiles de la formation « Westphalien B » A : <i>l'Endospores globiformis</i> ; B : <i>Spelaeotriletes</i> sp.	37
Fig. 27	La distribution verticale des éléments chimiques contenus dans les argiles du Westphalien marin « A » et continental « B »	38

LISTE DE TABLEAU

LISTE DE TABLEAU

	Page
Tab. 01 : Résultat d'analyse FRX des argiles Westphaliennes marines et continentales	37

Les planches

Planche 01

Fig. 1 : Niveau conglomératique marquant le passage du Namurien au Westphalien marin « A ».

Fig.2 : Banc de grès massif montrant des litages horizontaux plans (Formation Westphalien marin « A »)

Fig. 3 : Niveau lumachélique renfermant des échinodermes et des bivalves (formation Westpahlien marin « A »).

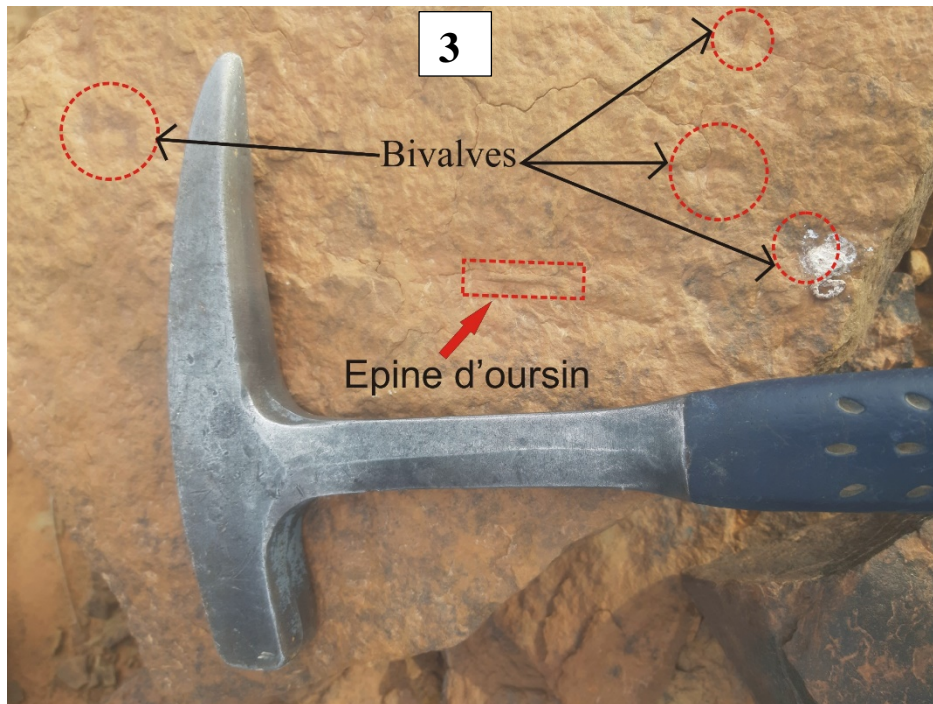


Planche 02

Fig. 4 : Surface bioturbée (formation Westphalien marin « A »).

Fig. 5 : Barre gréseuse à aspect en plaquettes à la base et massif au sommet (Formation Westphalien continental « B »)

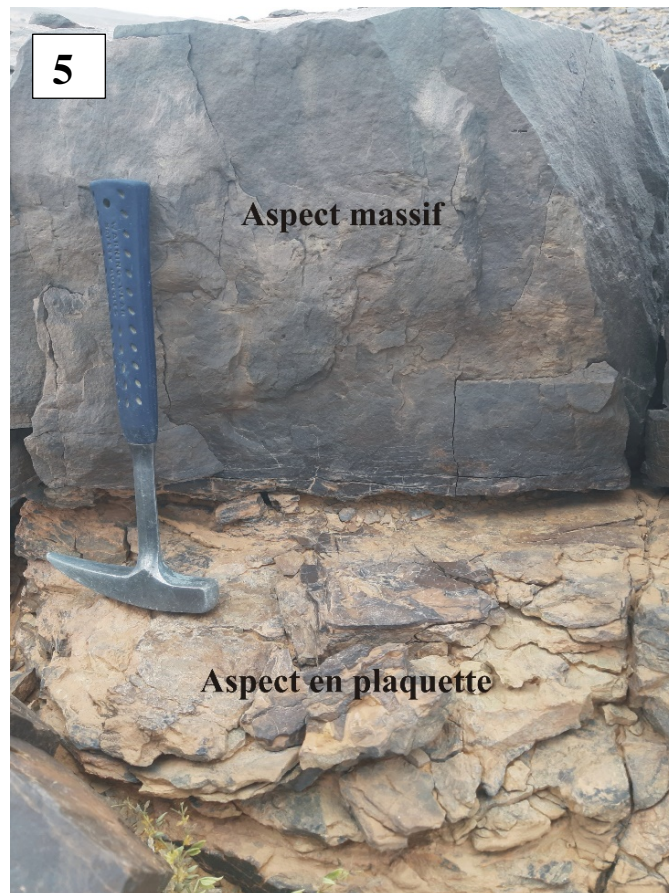
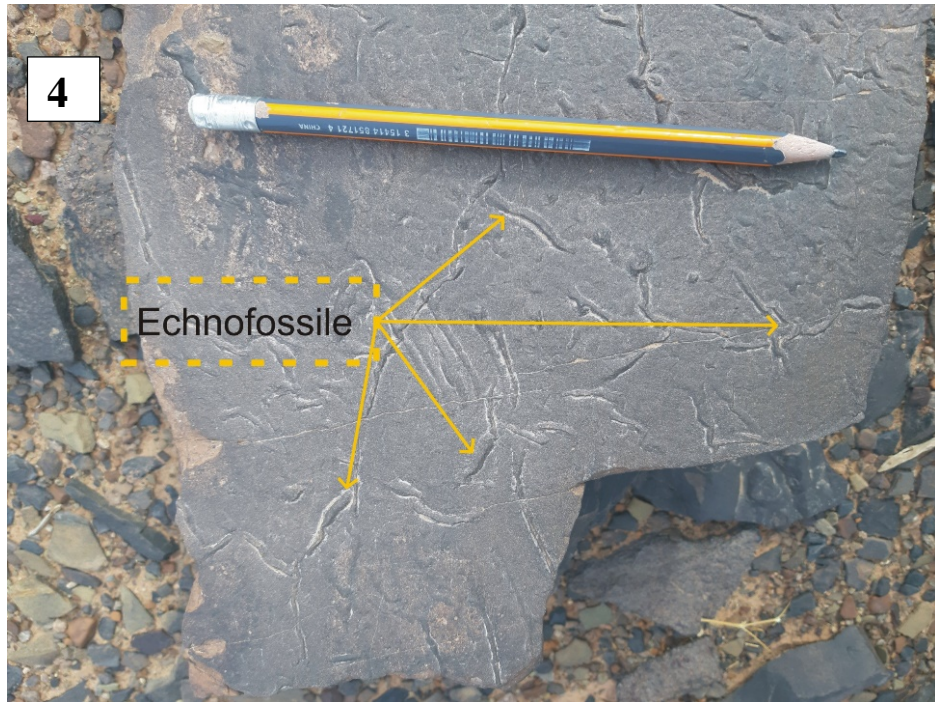
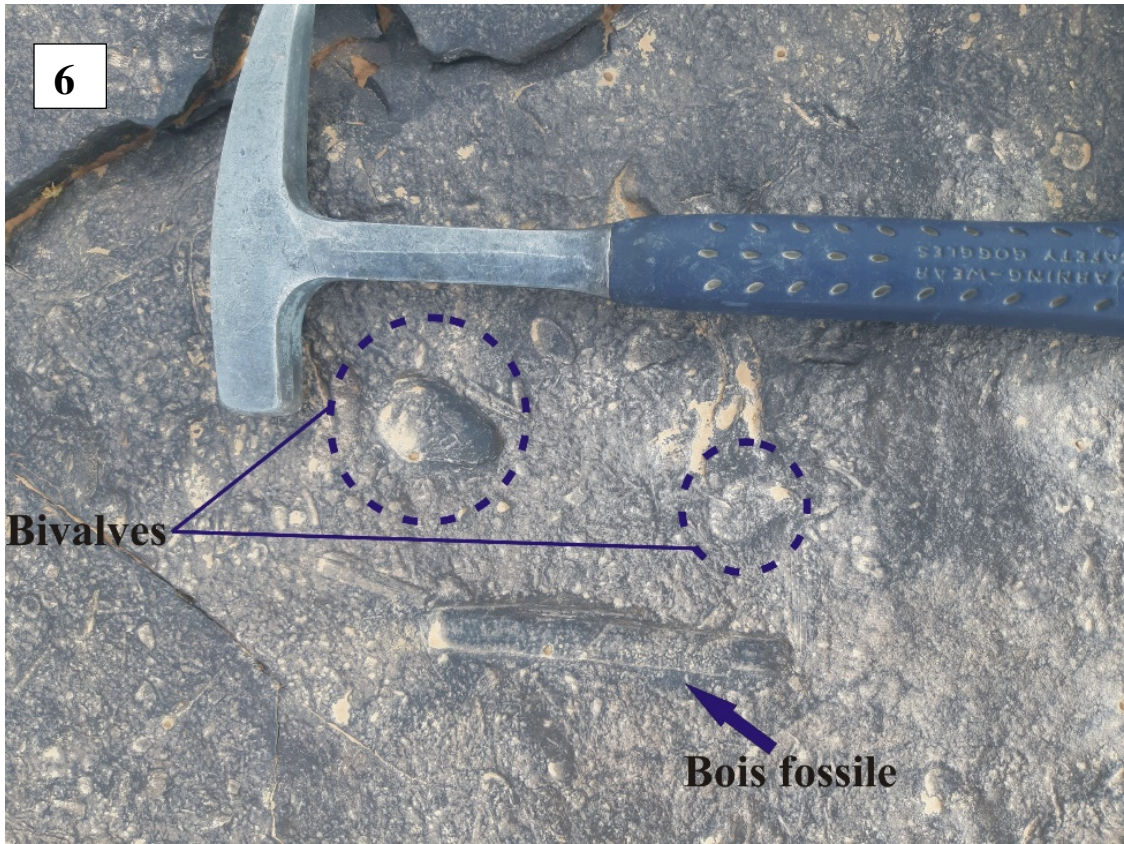


Planche 03

Fig. 6 : Niveau lumachéllique marquant le début de Westphalien marin « C »

Fig. 7 : Vue panoramique de la coupe étudiée



ملخص: خلال الكربوني الأوسط، وخصوصاً في العصر الويستفالي البحري "أ" والقاري "ب" (الكناذي)، تفرد الحوض الفرعي للعبادلة بنشاط رسوبي تميز أساساً بترسيب صخور طينية-رملية، مع تداخل طبقات من الصخور الكربوناتيّة. أبرزت الدراسة الليتوستراتيغرافية تطوراً عمودياً في تتابع السحنة الرسوبية. ففي التكوين الأول (الويستفالي البحري)، تهيمن الرواسب الطينية، بينما يتميز التكوين الثاني (الويستفالي القاري) بتناوب منتظم بين الطين والرمل. تعكس هذه التدرجات تطوراً رسوبياً مستمراً يدل على استقرار بيئة الترسيب خلال العصر الكربوني الأوسط. ضمن كل تكوين يلاحظ تمايز عدي في السحن، حيث يمثّل الجزء السفلي من التكوين البحري بطبقات تتخللها طبقات دقيقة من الرمال والصخور الكربوناتيّة، والتي تكون أحياناً ذات طبيعة لومشيلية، وتحتوي على مستحاثات بحرية مثل البراكيبودات والإشنويديرمات. تتطور هذه الرواسب تدريجياً نحو الأعلى لتصبح طينية نفية دون تداخلات. أما التكوين القاري، فيبدأ بتناوب عدسي الشكل من الطين والرمل، يتحول نحو الأعلى إلى صفائح رملية دقيقة تحتوي على كميات ملحوظة من الأخشاب المتحجرة. كشفت الدراسة الباليولوجية عن وجود حبوب الطلع دقيقة (des palynomorphes) محفوظة بشكل جيد ضمن الطبقات الطينية، وهي تمثل تسجيلاً نادراً في السياق الباليولوجي لأحواض العصر الجيولوجي الأول. وقد تم تحديد نوعين من الأصناف وهما *Endospores globiformis* و *Spelaeotriletes sp.*، وترافق هذه الحبوب الدقيقة مواد عضوية معتمة وحطام نباتي. كما كشفت التحاليل الكيميائية للعنّبات الطينية المنتمة للويستفالي عن وجود تسعة عناصر كيميائية رئيسية، وهي على التوالي: MgO ، CaO ، K_2O ، $\text{Cl}\cdot\text{SO}_3$ ، SiO_2 ، Al_2O_3 ، Fe_2O_3 .

الكلمات المفتاحية: الكربوني، الويستفالي، الكناذي، العبادلة، الليتوستراتيغرافيا، الباليولوجيا، التحليل الكيميائي.

Résumé : Durant le Carbonifère moyen, plus particulièrement le Westphalien marin « A » et continental « B » (KENADZIEN), le sous bassin d'Abdala a été le siège d'une sédimentation principalement argilo-gréseuses avec, parfois, quelques bancs de roches carbonatées. L'étude lithostratigraphique a mis en évidence une évolution verticale progressive des faciès. Dans la première formation « Westphalien marin » prédomine les argiles, dans la deuxième formation « Westphalien continental » apparaît une alternance argilo-gréseuse. Cette évolution montre qu'un processus sédimentaire continu s'était mis en place durant le Carbonifère moyen. Au niveau de chaque formation, on constate une différenciation verticale des faciès où la première formation est représentée à la base par des argiles admettant des fines intercalations gréseuses et carbonatées, parfois lumachéliques, renferment des faunes marines tel que : les brachiopodes, les échinodermes...etc., passant vers le haut à des argiles sans intercalations. Cependant, la seconde formation est constituée à la base par une alternance d'argiles et de grès, d'aspect en lentilles, devenant d'aspect en plaquette au sommet. Ces grès renfermant en abondance des bois silicifiés. L'étude palynologique a révélé la présence des palynomorphes bien conservé au sein des argiles encore mal connu sur le plan palynologique des bassins paléozoïques saharien. Ils sont composés de deux espèces de pollen (*Endospores globiformis* & *Spelaeotriletes sp.*). Ces microflore sont associées aux nombreuses matières organiques, opaques et de débris végétal. L'analyse chimique des argiles westphaliennes a révélée neuf éléments chimiques qui sont respectivement : Na_2O , MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , So_3 , Cl , K_2O , CaO et Fe_2O_3 .

Mots clés : Carbonifère, Westphalien, KENADZIEN, Abadla, lithostratigraphie, palynologie, analyse chimique

Abstract : During the Late Carboniferous, more specifically marine and continental Westphalian (A and B), Abdala sub-basin was the site of primarily clayey-sandstone sedimentation, with occasional patches of carbonate rocks. The lithostratigraphic study revealed a progressive vertical evolution of the facies. The first formation, "Marine Westphalian" is dominated by clays; the second formation, "Continental Westphalian" exhibits alternating clayey-sandstone formations. This evolution demonstrates that a continuous sedimentary process was underway during the Medium Carboniferous. Within each formation, there is a vertical differentiation of facies, with the first formation represented at the base by clays with fine intercalations of sandstone and carbonate, sometimes lumachellic, containing marine fauna such as brachiopods, echinoderms, etc..., transitioning upwards to clays without intercalations. However, the second formation is composed at the base of alternating clays and sandstones, with a lens-like appearance, becoming plate-like at the top. These sandstones contain abundant silicified wood. Palynological studies have revealed the presence of well-preserved palynomorphs within the clays, which are still poorly known from a palynological perspective in the Saharan Paleozoic basins. They are composed of two pollen species (*Endospores globiformis* and *Spelaeotriletes sp.*). These microflora are associated with numerous organic, amorphous, and plant debris materials. Finally, Chemical analysis of Westphalian clays revealed nine chemical elements, namely: Na_2O , MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , So_3 , Cl , K_2O , CaO , and Fe_2O_3 .

Key-words : Late Carboniferous, Westphalian, Abdala, lithostratigraphy, palynology, chemical analysis.