

+
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université d'Oran, Es- Sénia

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

Département des Sciences de la Terre

Laboratoire de Paléontologie Stratigraphique et Paléoenvironnement

Mémoire

Présenté pour l'obtention du grade de Magister en géologie

Option : Paléontologie & environnements sédimentaires

Thème

**Les Trilobites du niveau à faune benthique variée (FBV) dans la
Saoura-Ougarta
Systématique & Paléoécologie**

Par

KHALDI Ahmed Yacine

Soutenu le : 10/ 06 / 2014, devant la commission d'examen :

BELKEBIR Lahcène, Professeur,	Université d'Oran	Président
OUALI MEHADJI AEK, Professeur,	Université d'Oran	Rapporteur
CRONIER Catherine, HDR Maître de conférences,	Université de Lille 1	Co-Rapporteur
MANSOUR Bouhameur, Professeur,	Université d'Oran	Examineur
MAHBOUBI M'hamed, Professeur,	Université d'Oran	Examineur

Oran, 2014.

Dédicace

Je dédie ce mémoire

*A deux personnes exceptionnelles, qui m'ont fait devenir ce que je suis.
J'ai trouvé auprès d'eux tout le réconfort quand le besoin se faisait sentir.
Ils ont été mes guides et le seront toujours (ma mère et mon père).*

A mon frère Abdelmoumen et ma sœur Fatima Zohra

Aux deux familles KHALDI et LASSAS

A notre défunt collègue BOUDAOUED Nacer.

« Et tu verras les montagnes- tu les crois figées- alors qu'elles passent comme des nuages. Telle est l'œuvre d'Allah qui a tout façonné à la perfection. Il est parfaitement connaisseur de ce que vous faite ! »

CORAN Sourat An-Naml (les fourmis) Versé (88)

Avant-propos

Au terme de ce travail, louange à Dieu tout puissant de m'avoir donné la santé et la volonté pour l'achever.

J'ai le plaisir d'exprimer mes remerciements et mes reconnaissances à M^r OUALI MEHADJI A. (Professeur à l'université d'Oran) qui m'a fait confiance en m'octroyant ce sujet de recherche, il a été toujours disponible, il m'a toujours laissé le choix d'appliquer mes propres idées et je m'inspire de sa façon de traiter les problématiques.

Je m'estime chanceux d'avoir travaillé avec M^{me} CRONIER Catherine (Maitre de conférences à l'université de Lille 1), je la remercie de m'avoir initié la systématique et la détermination des trilobites et pour le traitement des échantillons, les prises photographiques qui ont duré plusieurs heures et les corrections méticuleuses et pour la très riche documentation. J'espère que nous aurons l'occasion de travailler à nouveau ensemble.

Je remercie M^r BELKEBIR L. Professeur à l'université d'Oran et directeur du laboratoire (LPSP) d'avoir accepté de présider le jury et pour son sérieux mêlé à de l'humour lorsqu'il nous a enseigné la paléontologie.

Mes remerciements s'adressent à M^r MAHBOUBI M. (Professeur à l'université d'Oran) qui a accepté de juger ce travail, je suis très honoré d'avoir un connaisseur de la géologie saharienne comme membre du jury. Je garde de très bons souvenirs de mes stages de terrain avec lui pendant ma graduation et mon premier trilobite fut récolté avec lui en quatrième année.

Je remercie M^r MANSOUR B. (Professeur à l'université d'Oran) d'avoir accepté d'examiner ce travail et de nous avoir permis d'accéder à la post-graduation à travers son projet de magister. Ses remarques ne vont que donner plus de valeur à ce manuscrit.

A Lille :

Je remercie M^r J.P. NICOLLIN Professeur à l'université Catholique de Lille et responsable français de l'accord de coopération franco-algérienne qui nous a facilité la tâche pendant notre séjour à Lille.

Je remercie M^r SERVAIS T. Directeur de recherches à l'université de Lille 1 et directeur du laboratoire Géosystèmes qui m'a accueilli dans son laboratoire en m'assurant un bureau bien équipé.

Ma profonde gratitude s'adresse à M^{me} DERYCKE C. (Maitre de conférences à l'université de Lille 1) pour les nombreuses discussions fructueuses et pour ses encouragements, à Sébastien MAILLET (doctorant à l'université Catholique de Lille) et Benoît HUBERT (Maître de

conférences à l'université Catholique de Lille) qui nous ont accueillie dès le premier jour à Lille et qui nous ont servis de guide pendant les premiers jours et à Emilie PINT qui nous a assuré le transport vers l'aéroport.

Je n'oublie jamais les enseignants qui ont contribué à ma formation, BENHAMOU M., ATIF K., BOUTERFA, B., SEDDIKI A. et BENDELLA, je les remercie pour leurs encouragements tout au long de la rédaction.

Un grand salut à mes collègues Hacène TADJEDDINE, Ilyes ZEGHARI, Mahfoudh H.C, BOUFERMA M., HACHLEF A., HACHIT HENI A., A.HAMADAI, CHABER S., Salamet et Abdou MAHBOUBI et les autres collègues de la poste graduation, chacun a contribué à sa façon dans ce travail.

Je n'oublie pas de remercier mes cousins Oussama qui m'a accompagné pendant ma mission de terrain à Erg El Djemel et Ahmed LASSAS doctorant à l'université d'Oran pour ses encouragements et les nombreuses discussions sur les méthodes de rédactions.

Je remercie les membres de l'administration du département de sciences de la terre Amel et Houaria qui ont toujours facilité la tâche lorsqu'il agissait d'un problème administratif.

Résumé :

Le passage Emsien/ Eifélien dans la Saoura est marqué par un niveau coquillé majeur à faune benthique variée. Il est qualifié de polybenthophyse par la présence de plusieurs groupes fossiles.

Les trilobites de ce niveau à faune benthique variée (FBV) ont été étudiés dans deux sites (km 30 et Erg el Djemel), ces derniers ont livré une faune de trilobites riche et diversifiée avec treize espèces regroupées en quatre familles (Phacopidae, Proetidae, Acastidae et Aulacopleuridae) et huit genres. Dix espèces ont été signalées pour la première fois dans la Saoura, une nouvelle espèce a été définie *Austerops lemaitri* et une autre discutée *Austerops smoothops* de Chatterton et *al.*, 2006. Les espèces de la Saoura présentent des affinités avec celles de l'Anti Atlas marocain.

Les caractères taphonomiques et la diversité spécifique suggèrent plusieurs générations amalgamées, ce qui confirme la présence du phénomène de la rétro-action taphonomique.

Du point de vue paléoécologique, la variation quantitative des caractères taphonomiques et système oculaire très développé des individus impliquent un environnement de plateforme (zone photique) pour ces niveaux à trilobites toutefois, le FBV de Erg el Djemel est plus distal que celui du km 30. La fréquence des asteropyginae (*Erbenochile erbeni* et *Hollardops mesocristara*) réduit les probabilités de la présence d'un niveau coralligène.

Mots-clés : Trilobites, Saoura-Ougarta, Emsien supérieur, Taxinomie, Paléoécologie.

Abstract:

The Emsian / Eifelian transition in Saoura is marked by a major shelly level with diverse benthic fauna. It is called polybenthophyse by the presence of several fossil groups.

Trilobites that level benthic varied fauna (FBV), were studied at two sites (30 km Erg el Djemel), the latter delivered a rich and diverse trilobite fauna with thirteen species grouped into four families (Phacopidae, Proetidae, Acastidae and Aulacopleuridae) and eight genera. Ten species were reported for the first time in the Saoura, a new species has been defined *Austerops lemaitri* and another discussed *Austerops smoothops* Chatterton et al., 2006. The Saoura species show affinities with those of the Anti-Atlas Mountains.

Taphonomic characters and species diversity suggest several amalgamated generations, which confirm the presence of the phenomenon of taphonomic feedback.

From the paleoecologic point view, the quantitative variation of taphonomic characters and highly developed individuals visual system involve a platform environment (photic zone) for these trilobites levels however; FBV Erg el Djemel is more distal than the one of 30 km. The frequency of asteropyginae (*Erbenochile erbeni* and *Hollardops mesocristara*) reduces the probability of the presence of coralline level.

Keywords: Trilobites, Saoura-Ougarta, Late Emsien, Taxinomy, Paléoécology.

I. Cadre physique

Au Sud Ouest oranais, au delà des derniers conforts atlasiques et de la haute Zousfana, apparait une chaîne de montagnes d'âge paléozoïque dénommée monts de l'Ougarta. Cette dernière est considérée comme une zone de relais entre les massifs septentrionaux de l'Anti-atlas marocain et les reliefs méridionaux de Bled El Mass et du Tanezrouft (**Fig.1**).

Cette chaîne, qui s'étend sur près de 400km de long et 200km de large, est bordée au Nord et au Nord Est par la Hamada du Guir qui masque son raccord avec l'Anti-atlas marocain et le bassin carbonifère (Bechar-Abadla) tandis qu'à l'Est, elle est limitée par le grand Erg Occidental et à l'Ouest et au Sud Ouest, par la Hamada du Draa, l'Erg Chech et l'Erg Iguidi (**Fig. 2**).

Allongée suivant une direction NW/SE, la chaîne de l'Ougarta est représentée par deux faisceaux de plis épousant la même direction d'allongement et séparés par Erg Eraoui :

- Un faisceau septentrional ou faisceau de la Saoura, formé d'anticlinaux à axe NW/SE ou parfois même WSW/ESE qui permettent l'affleurement des terrains cambro-ordovicien, et des synclinaux de même direction favorisant l'affleurement des séries siluro-dévonien.
- Un faisceau méridional (faisceau de la Daoura) appelé aussi Kahal Tabelbala, situé à l'aplomb de la suture panafricaine où affleurent seulement les terrains cambro-ordoviciens.

I.1. Localisation des secteurs d'étude

L'étude concerne deux sites du faisceau de la Saoura ; le premier appartient au secteur de Marhouma (km 30) et le deuxième fait partie du secteur de Erg el Djemel (**Fig. 3**).

I. 1. a) Le secteur de Marhouma (Km 30) : Appartenant à l'unité septentrionale et équivalente de la sous unité structurale de Gerzime (Hervouet & Duée 1996), ce secteur est situé à 30 km de la ville de Beni Abbes et à 5 km de l'oasis de Marhouma. Il offre la célèbre coupe de Marhouma qui sert à nos jours de référence pour les corrélations lithostratigraphiques du Dévonien en Afrique du Nord.

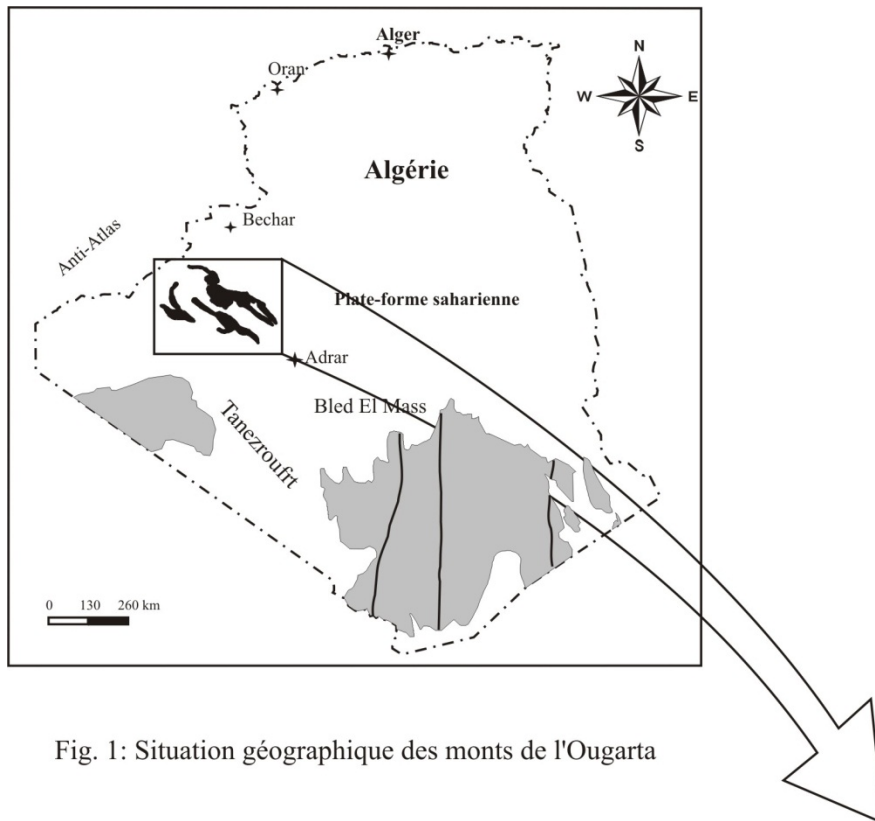


Fig. 1: Situation géographique des monts de l'Ougarta



Fig. 2: Esquisse structurale de l'Ougarta (Fabre, 1976)

La limite nord de ce secteur coïncide avec l'oued Saoura, l'Ouest avec la Hamada du Chefar el Ahmar, au Sud avec Garet Yhoud et à l'Est avec la région de Louata.

I.1.b) Le secteur de Erg El Djemel : situé à environ 70 km au Sud de la ville de Beni Abbas et à 7 km au Sud du village de l'Ougarta, ce secteur de Erg El Djemel est limité au Sud par la sebkha de l'Ougarta et au Nord par Nif El Khoufi.

La coupe a été levée sur le flanc nord oriental de l'unité synclinale méridionale ou unité de Erg El Djemel et qui correspond à la sous-unité structurale de Dar Oussakh au sens de Hervouet & Duée (1996).

II. Cadre structural

Sur le plan structural, l'Ougarta est une chaîne de chevauchement à faible raccourcissement, ordonné du NE-SW, dans laquelle se distinguent cinq unités structurales (Hervouet & Duée, 1996) (**Fig. 4**):

Deux unités pour le faisceau de la Saoura et qui sont l'unité septentrionale regroupant trois sous-unités (Sebkha Melah, Dar Oussakh et Gerzim) et l'unité Boukbeissat-Erg Atchan.

Les deux autres unités de Kahal Tabelbala et de l'Erg Athimine constituent le faisceau de la Daoura alors que la cinquième unité de (Erg Chech) représente l'autochtone ou l'avant pays de la chaîne (Hervouet & Duée, 1996).

La série paléozoïque ougartienne est affectée de plis. Les flexures sont le produit d'un jeu de failles inverses des fractures du socle. Cela est à l'origine de la formation des plis en genou, de grande ampleur et de la mise en place d'un chevauchement donnant des rampes et des paliers "Kink-Band" (Donzeau, 1971; Zazoun *et al.*, 2004).

III. Lithostratigraphie du Dévonien de la Saoura

Les travaux antérieurs, Flamand (1911), Menchikoff (1936), Alimen *et al.*, (1952), Le Maître (1952) et Legrand (1977), ont été repris dans un travail de synthèse relativement plus récent (Boumenjel *et al.*, 1997). Ce travail a permis de distinguer dans le Dévonien de l'Ougarta, six unités lithologiques (formations).

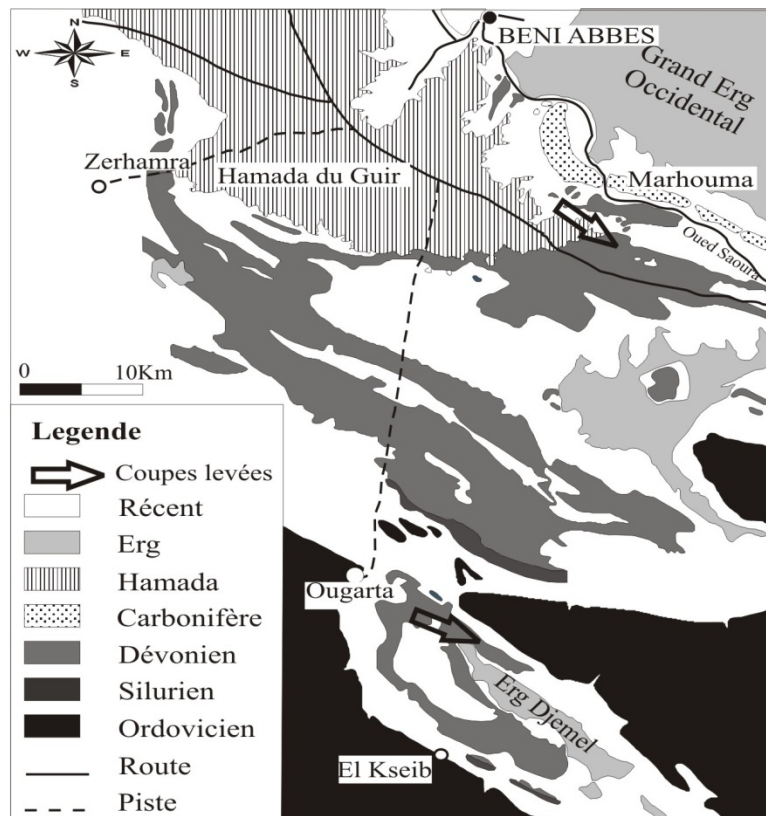


Fig. 3: Localisation des secteurs du "Km 30" et Erg el Djemel (Extrait de la carte géologique 1/200000)

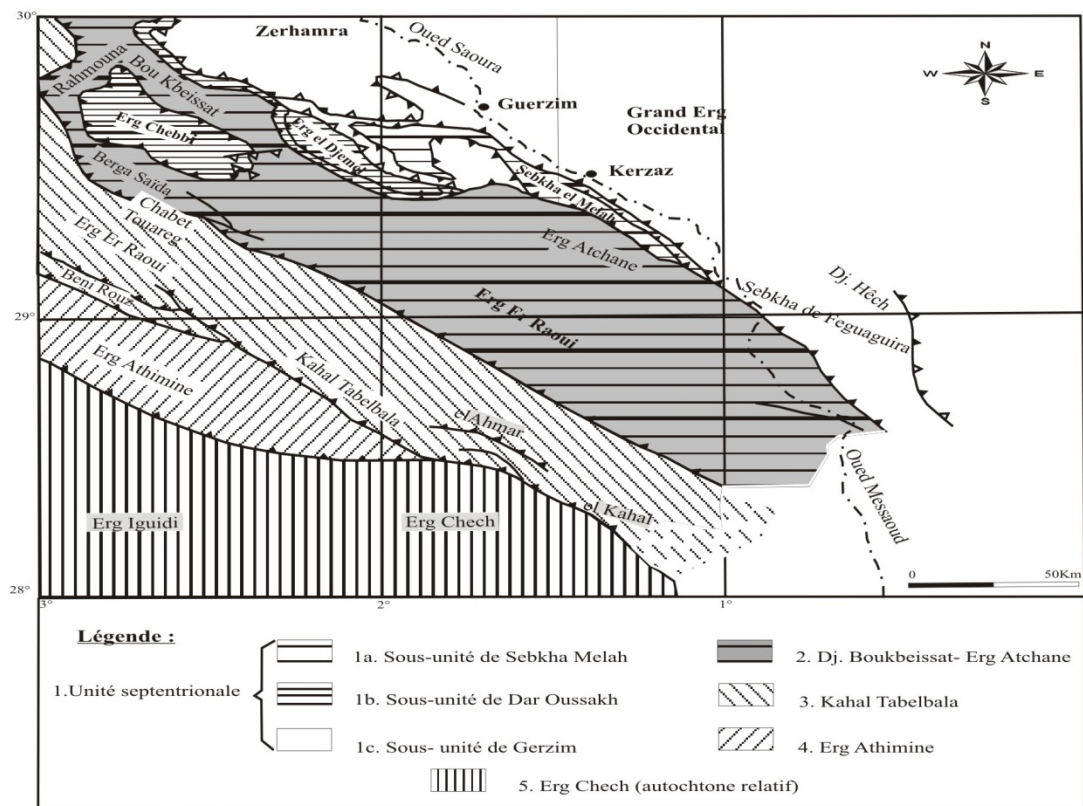


Fig. 4: Unités structurales des monts d'Ogarta et toponymie (d'après Hervouet & Duée, 1996)

III.1 La formation de Zeimlet (160m)

Cette formation fut définie par Legrand (1962) qui place sa limite inférieure au dessus du dernier banc calcaire de la formation de Oued Ali (Silurien) alors que sa limite supérieure correspond à la barre calcaire à Orthocères (parfois dédoublée) qui marque la base de la formation de Saheb El Djir.

Cette formation est généralement silteuse avec des intercalations décimétriques de grés micacés et parfois même de rares bancs carbonatés sont signalés.

Legrand (1977) donna à la formation de Zeimlet un âge Lochkovien inférieur *pro parte* (Zone à *Monograptus uniformis uniformis*). Cette attribution a été confirmée par celle à Chitinozoaires (Zone à *Eisenackitina bohemika*) par Boumenjel & Paris, (1997) et des trilobites avec la présence de *Warburgella regulosa maura* et *Acastella jaquemonti* (Morzadec, 1997).

III.2 La formation de Saheb El Djir (230m)

Cette formation commence par une barre carbonatée à Orthocères et sa limite supérieure correspond à la base des premiers niveaux gréseux de la formation du Dkhissa (Legrand, 1977 ; Boumenjel *et al.*, 1997). C'est une formation argileuse où des bancs de calcaires bioclastiques, d'épaisseur pluri décimétrique, viennent s'y intercaler.

L'épaisseur moyenne de cette formation est de 320m sans compter les dédoublements qui affectent cette formation au niveau de la coupe de la piste de l'Ougarta.

Elle est d'âge Lochkovien inférieur et Lochkovien supérieur *pro-parte* (Zone à *Monograptus uniformis uniformis* et *Monograptus hercynicus*) (Legrand, 1965 ; 1967 et 1977). Cette attribution est confirmée par la persistance de la zone à *Eisenackitina bohemika* des Chitinozoaires (Boumenjel *et al.*, 1997) et aussi par la présence du Trilobite *Acastella levi* (Morzadec, 1997).

III.3 La formation du Dkhissa (340m à 400m)

La formation du Dkhissa fut définie par Bastien (1967), sa limite inférieure coïncide avec l'apparition des premiers niveaux gréseux surmontant la formation du Saheb El Djir tandis que sa limite supérieure se situe à la base de la première barre de calcaire appelée « Muraille de Chine » au sens de Poueyto (1965) ou barre A.

Le travail de synthèse de Boumenjel *et al.*, (1997) a permis de réviser le découpage lithologique de Legrand (1965 ; 1967 et 1977) tout en proposant un autre découpage en trois membres.

❖ Le membre inférieur (210 m) silteux à niveaux carbonatés, pluri-décimétriques, et des barres de grés à épaisseur métrique avec la présence d'un niveau de grès argileux « en boules » de taille pluri-métrique (Boumendjel *et al.*, 1997).

❖ Le membre moyen (50 m) grés-arenacé (quartziteux, en plaquettes).

❖ Le membre supérieur (150 m) silteux à niveaux carbonatés et à intercalations gréseuses.

Un âge Lochkovien *pro-parte* / Praguien est attribué à cette formation, cela est identique aux résultats fournis par la présence de *Cleistopora geometrica* (Plusquellec, 1997) et par l'association des Trilobites *Protacanthina robusticostata* et *Parahomalonotus diablinitianus* (Morzadec, 1997) et aussi par le Brachiopode *Lancemyonia occidentalis* (Brice, 1997).

III.4 La formation du Teferguenite (380m)

Cette formation est comprise entre la base de la première barre calcaire « barre A » appelée aussi « Muraille de Chine » et la base du niveau à faune benthique variée (Ouali Mehadji, 2004) dénommé par Boumenjel *et al.*, (1997) « niveau coralligène » de Le maître (1952). On distingue :

❖ Le membre inférieur (170 m) contient trois barres de calcaire à entroques, nommées A, B et C, riches en faune notamment en coquilles d'orthocères, et séparées par d'épaisses combes argileuses à intercalations gréseuses admettant des figures hydrodynamiques.

❖ Le membre supérieur (210 m) est constitué de combes argileuses à passés silteuses et de niveaux gréseux à épaisseur irrégulières (métrique à décamétrique) parfois riches en tiges d'encrines. Vers le sommet, les grés sont à ciment carbonaté ce qui leur donne un aspect ruiniforme (Ouali Mehadji, 2004) et s'alternent avec de minces bancs de calcaire argileux.

La « Muraille de Chine » est du Praguien supérieur (Alberti, 1980 ; Racheboeuf, 1997 ; Morzadec, 1997) alors que les deux autres barres « B » et « C » sont attribuées à l'Emsien inférieur (Göddertz, 1987) et la majeure partie du membre supérieur est de l'Emsien supérieur (Paris *et al.*, 1997).

III.5 La formation de Chefar el Ahmar (140m)

Le niveau faisant l'objet de cette étude est connu sous le nom du niveau à faune benthique variée « FBV » (Ouali Mehadji, 2004) ou niveau coralligène (Le maître, 1952 ; Boumenjel *et al.*, 1997), constitue la partie basale de cette formation tandis que la partie supérieure est représentée par une alternance d'argiles avec des calcaire noduleux à Goniatites appelés « les calcaires griottes ».

Le niveau à faune benthique variée est attribué à l'Emsien supérieur par la présence du Céphalopde dont *Anarcestes lateseptatus* et de l'association des polypiers *Pleurodictyum crassum* et *Paracleistopora smythi* (plusquellec, 1997) toutefois, le passage Emsien supérieur / Eifelien (Dévonien inférieur/ Dévonien moyen) s'effectue juste au dessus de ce niveau (Göddertz, 1987 ; Boumenjel *et al.*, 1997 ; Paris *et al.*, 1997). Cette formation continue jusqu'au Frasnien (Göddertz, 1987).

III.6 La formation des argiles de Marhouma (260m)

Le nom de Marhoma a été attribué à cette formation par Pouyeto (1965) et Bastien *et al.* (1965). Elle fut appelée aussi « Formation des argiles de Tamertasset » par Legrand (1967).

Cette formation est argilo-carbonatée. Les argiles sont intercalées par des sphéroïdes carbonatées qui évoluent vers le sommet en bancs bien distincts de calcaire noduleux dénommé « Griottes ». Petter (1957) et Boumendjel *et al.*, (1997) attribuent la partie carbonatée de cette formation au Fammenien.

III.7 La formation des grés de Marhouma (110m)

Cette formation est essentiellement gréseuse, sans fossiles mais riche en figures hydrodynamiques.

IV. Historique des recherches

Les investigations géologiques au Sahara algérien ont débuté dès la moitié du XIX^{ème} siècle suivant trois périodes :

La première est celle de la reconnaissance basée sur la description des unités lithostratigraphiques et attributions stratigraphiques. Nous citerons comme exemples les ouvrages de Duveyrier (1964) intitulé « Les Touareg de Nord », ceux de Grad (1872) sur les traces de glaciations, la thèse de Shirmer (1893) titrée « Le Sahara » et le volume de flamand

intitulé « De l'Oranie au Gourara » s'intéressant pour la première fois à la géologie de la Saoura.

Contenant les gisements de charbon, le bassin carbonifère de Bechar a fait l'objet de plusieurs travaux dont ceux de Joleau (1900), Haug (1903 ; 1906), Gautier (1902 ; 1903 ; 1906) permettant l'édition de la carte géologique Colomb-Bechar par Poirmeur (1906) révisée ultérieurement par Chuden (1913).

La richesse du Dévonien de la Saoura en faune a poussé les chercheurs de l'aborder par son côté paléontologique et stratigraphique. Nous pouvons citer comme exemples les travaux de Douvillé (1902) présentant des échantillons de fossiles, de Flamand (1898 à 1905) signalant tous les terrains dévoniens rencontrés dans l'Ouest du Sahara algérien, de Menchikoff (1930 à 1952) et ses travaux consacrés au Dévonien de la Saoura et de sa faune, sans oublier Le Maître (1952 ; 1952a ; 1954 et 1957) et son inventaire de la faune du Dévonien inférieur de la Saoura. Enfin Alimen *et al.* (1952) présentant une synthèse sur la chaîne de l'Ougarta.

La deuxième étape des recherches qui démarrent au début du XX^{ème} siècle, est considérée comme la période d'épanouissement pour la recherche géologique saharienne encouragée par la découverte du pétrole à Hassi Messaoud. Les travaux de Flamand et ses recherches couronnées par une thèse en 1911, Menchikoff de 1930 à 1945 et Legrand (1962 à 1985) s'inscrivent dans la lignée des « pionniers de la géologie saharienne ».

Vers les années cinquante, et avec la fièvre de l'or noir, débarquent les compagnies pétrolières avec leurs géologues de la CFP (Compagnie française de pétrole) qui a mis à sa disposition une armada de chercheurs comme : Pouyeto (1952) étudiant les rhyolites et les grès de l'Ougarta, Gomez Silva *et al.*, (1963), Massa *et al.*, (1965) et Bastien *et al.*, (1965) qui ont permis de définir la nomenclature lithostratigraphique de la Saoura. Petter (1959 ; 1960) a présenté des travaux sur les céphalopodes du Sud-ouest algérien, et Legrand de 1962 à 1985 a étudié le Dévonien du Sahara algérien, et a contribué au découpage biostratigraphique et lithostratigraphique du Dévonien de l'Ougarta.

L'étape actuelle qui débute dès les années soixante-dix a été menée par l'ORGM (Office de recherche géologique et minière en Algérie). Ait Kaci (1971) fut parmi les premiers algériens qui ont travaillé dans l'Ougarta avec ses études sur l'évolution lithostratigraphique et sédimentologique du Cambrien de l'Ougarta. L'aspect structural des monts de l'Ougarta a

été abordé par Donzeau (1971a ; 1971b et 1983). Casier (1982 ; 1985 et 1986) a étudié les ostracodes du Dévonien de la Saoura pendant que Goddertz (1987) présenta un travail sur les goniatites. Maache en 1987, dans sa thèse, aborde de la sédimentologie, la lithostratigraphie et la diagenèse, et a tracé une paléogéographie pendant le Dévonien.

Le travail de Bitam *et al.*, (1996) présente les caractères stratigraphiques des formations anté-Carbonifères de Gara Djibilet (bassin de Tindouf). Hervouet & Duée (1996), donnent une explication tectonique sur la chaîne de l'Ougarta.

En 1997, un travail de synthèse a ciblé tout le Dévonien inférieur de la Saoura par Boumenjel *et al.*

Vers les années 2000, le département des sciences de la terre de l'université d'Oran entreprend l'étude des terrains paléozoïques de la Saoura, avec ses jeunes chercheurs d'abord par Mekahli *et al.*, (2000) avec une interprétation tectono-eustatique du Dévonien de l'Ougarta puis la première thèse de magistère présentée par Abbache (2001) travaillant sur les calcaires griottes du Dévonien moyen et supérieur. La première thèse de doctorat concernant ces terrains dévoniens de cette région a été présentée par Ouali Mehadji en 2004, focalisée sur les Brachiopodes du niveau coquillé majeur de l'Emsien supérieur/ Eifelien inférieur. Dans la même année, Bendella présenta une thèse de magistère sur les ichnofaciès du Dévonien supérieur de la Saoura.

Khodjaoui (2008) a étudié le Dévonien inférieur du bassin de Reggane où il aborde l'aspect sédimentologique, biostratigraphique et stratigraphie séquentielle.

Le côté structural de la plateforme saharienne a été abordé par Zazoun (2001) en étudiant la tectogenèse de la plateforme saharienne occidentale, puis par Derder *et al.*, (2008) avec l'étude structurale du Carbonifère supérieur du Sahara central, et récemment par Guemache *et al.*, (2010) qui ont apporté de nouvelles données structurales sur la série paléozoïque de l'Ahnet oriental.

Pour les travaux qui concernent les trilobites, ils sont peu en Algérie par rapport aux pays voisins (le Maroc) où plusieurs holotypes sont définis du Cambrien, de l'Ordovicien et du Dévonien. Cela est dû à la richesse des affleurements en carbonates favorisant ainsi la bonne conservation.

Parmi les « trilobistes » qui ont travaillé au Maroc, nous pouvons citer :

Geyer (1988 ; 1990 ; 1993 ; 1994 ; 1996 et 1998) s'intéressant aux trilobites du Cambrien marocain alors que Destombe (1963 ; 1972) étudia les trilobites de l'Ordovicien.

Alberti de 1964 à 1983 a travaillé sur les trilobites du Dévonien du Maroc définissant ainsi plusieurs holotypes, Morzadec (1997), Cronier (1998) et Feist (2002) ont aussi étudié les trilobites du Dévonien. Mc Kellar & Chatterton (2006, 2009) ont fait une étude sur les trilobites du Dévonien inférieur et moyen du Sud marocain tout en identifiant plusieurs espèces nouvelles.

Pour l'Algérie, les premiers trilobites furent récoltés par Menchikoff qui les a confiés à Le Maitre (1952), où ils ont été étudiés et figurés dans son travail sur la faune du Dévonien inférieur de la Saoura. Elle a défini l'espèce *Phacops menchikoffi*. Alberti (1980 ; 1983) a étudié aussi les trilobites du Dévonien inférieur de l'Ougarta où il a pu proposer un découpage biostratigraphique, puis il définit le sous-genre *Afrops* (1983) dans le Dévonien inférieur de Ben Zireg.

Morzadec (1997) s'intéressa aux trilobites du Dévonien inférieur de l'Ougarta. Il a proposé des attributions stratigraphiques à base de trilobites puis, il s'est focalisé sur les asteropyginae du Dévonien de l'Ougarta et ses travaux sont couronnés par la définition des Genres *Hollardops* (1997) dont l'espèce type est *Asteropyge mesocristata* Le Maitre (1952) et *Destobomdesina*. Plusieurs espèces ont été également définies dans la Saoura par Morzadec, nous citerons: *Treveropyge djemeliensis*, *Treveropyge saourensis*, *Hollardops lemaitreae*, *Destombesina ougartensis*, *Kayserops djazeïrensis* (Morzadec, 1997) et *Erbenochile erbeni* Alberti (1983).

V. Equivalence du niveau à faune benthique variée (FBV) de la Saoura aux autres terrains dévoniens.

Le niveau à faune benthique variée de la Saoura correspond à la base d'un cycle du 2^{ème} ordre **EMS b/ EIF a** (Ouali Mehadji, 2004).

1) Dans les bassins sahariens :

Dans le bassin de Tindouf, le niveau étudié (FBV) correspond à la base de la formation de « Oued Talha » caractérisée par la raréfaction des apports détritiques et la fréquence des

Chrono-stratigraphie	Eifélien	Formation de Onondaga	Grès de Oriskany	Emsien	Inférieur Moyen Supérieur	Formation de Onondaga Membre de Edjcliff	Appalaches (Jonson <i>et al.</i> , 1985)	Zemmour (Songy, 1964)	Tindouf (Gevin, 1960; Bliam <i>et al.</i> , 1997)	Anti-Atlas (Bulynyck & Walliser, 2000)	Saoura (Boumendjel <i>et al.</i> , 1997)	Cantabrique (García-Alcalde, 1995)	Massif Armoricain (Morzadec <i>et al.</i> , 1981)	Eifel (Zigler, 2000)	Ardennes (Bulynyck <i>et al.</i> , 2000)	Bohême	Formation de Trebotov
	Eifélien	Formation de Onondaga Membre de Edjcliff	Grès de Oriskany Groupe de Tristates														Grès de Khang Lejouad

Fig. 5: Position lithostratigraphique du FBV par rapport aux bassins péri-rhéique (Ouali Mehadji, 2004)

calcaires bioclastiques. D'après Gevin (1960), ce sont des niveaux fossilifères qui peuvent être subdivisés en trois ensembles à brachiopodes et autres groupes benthiques. Ces ensembles sont pour Ouali Mehadji (2004) l'équivalent latéral « évènementiel » du FBV de la Saoura (**Fig. 5**).

Dans le Zemmour, l'équivalent du FBV est bien caractérisé dans les grés et siltstones à *Praraspirifer cultrijugatus* (Roemer) et les marno-calcaire à *Werneroceras crispiform* du sommet de l'Emsien et de l'Eifélien. Vers le Sud-ouest, ces unités deviennent des constructions récifales « Biohermes de Bir Aidiate ».

Dans l'Anti-Atlas, l'équivalence du FBV correspond aux argiles noires à *Stylolinites* (restricted sequences de Jaquin et *al.*, 1991) cela indique un diachronisme de la transgression entre la Soura (zone à *patulus*) et l'Anti-Atlas (zone à *partitus*). Ouali Mehadji (2004) indique qu'au moins 12 genres de brachiopodes sont communs entre la Soura et l'Anti-Atlas.

Au niveau du grand Erg occidental, dans la région de l'Oued Namous et de l'Oued Rharbi, Massa et *al.*, (1965) et Legrand (1983) signalent la présence de faciès similaires à ceux du passage Emsien/ Eifélien de la Saoura.

Dans le Touat et l'Azzel Mati, une alternance argilo-gréso-carbonatée riche en faune benthique, similaire au FBV de la Saoura, est présente notamment le brachiopode *Paraspirifer cultrijugatus*. Sur la bordure méridionale du Tassili N'Ajjer occidental, l'Emsien supérieur est absent (Legrand, 1983).

Dans l'Ahnet et le Mouydir, les grés et les lumachelles signalés par Follot (1952) ont fourni des brachiopodes communs avec la Saoura.

2) Dans les bassins péri-rhéiques :

Au niveau de la zone cantabrique (Asturies, Léon), l'équivalent du FBV correspond à la base de la formation de Moniello (Asturies) et la base de la formation de Santa-Lucia (Léon). Ces formations sont matérialisées par des calcaires argileux à intercalations schisteuses avec parfois des épisodes récifaux. La faune benthique est abondantes et diversifiée (Arbizu et *al.*, 1979 ; Garcia-Alcalde 1995) in Ouali Mehadji (2004).

Dans le massif Armoricaïn, le passage Emsien/ Eifélien dans la partie orientale du synclinorium de Menez-bélaïr coïncide avec la limite entre les formations « des Marettes » et « de la Poitinais » correspondant à une sédimentation argileuse. Au niveau de la Rade de

Brest, l'Emsien supérieur correspond à une alternance de dépôts gréseux (Formations de Verveur et de Bolast) avec une sédimentation argilo-carbonatée (Formations de Le Fret et de Kerdreolet) contenant des tempestites et des niveaux à faune benthique (brachiopodes, coraux, trilobites) (Morzadec *et al.*, 1988).

Sur le bord sud du synclinorium de Dinant (Ardennes, Belgique), le passage Emsien/Eifélien (équivalent du FBV) se place au niveau de la formation de « l'Eau noire » avec des faciès récifaux à la partie sommitale de l'Emsien (Bertrand *et al.*, 1993).

Dans l'extrémité orientale des Appalaches (Etats-Unis), le membre de « Edgecliff » (« Formation de Onondaga ») est corrélable au cycle Emsien b/ Eifélien de la Saoura (Ouali Mehadji 2004) où se place le FBV (**Fig. 5**).

Sur la plate-forme européenne russe, le passage Emsien/Eifélien se place dans la formation de Baragash (Yolkin, 1968) matérialisée par une sédimentation continentale à restes de plantes, coiffée par une couche à charbon (« chotec event »).

VI. La taphonomie des trilobites

La taphonomie est l'étude des processus qui influencent la conservation des fossiles. Elle englobe la biostratinomie, terme utilisé par les allemands pour l'étude des processus affectant les restes d'organismes ou de traces avant leur enfouissement définitif ; et la diagenèse des fossiles qui étudie les phénomènes qui affectent les fossiles après l'enfouissement. Actuellement, la taphonomie est développée comme un outil essentiel pour l'analyse paléoenvironnementale (Whiteley *et al.*, 2002).

La préservation caractéristique de spécimens de fossiles peut être utilisée pour décrypter l'histoire taphonomique de ces échantillons et fournir des indices utiles sur l'environnement d'origine.

La complexité de la structure de l'exosquelette du trilobite et le processus de la mue de l'exosquelette pendant la croissance du nombre de pièces fossiles peuvent être générées par un seul individu. Chez les trilobites, la présence des parties du corps n'est pas un simple indicateur de densité de population. La plupart des événements spectaculaires « Largstätten », impliquent la mortalité en masse d'individus et d'espèces causée par des crises environnementales (Brett et Seilacher, 1991).

A) La détérioration des tissus mous

Le procédé le plus destructeur pour affecter le corps des organismes est la décomposition des parties molles. Les parties les plus volatiles sont des tissus, comme les organes internes et les muscles, et par conséquent ces tissus sont très rarement rencontrés sous forme fossile. Lorsque cette partie molle est conservée, il est généralement (mais pas toujours: Butterfield, 1990) le résultat de la minéralisation diagenétique précoce (Allison, 1988).

La plupart des fossiles benthiques bien conservés l'ont été à peu près dans leurs sites de vie. L'eau de fond anoxique peut être écartée comme facteur de préservation. La plupart des corps d'organismes deviennent des micro-environnements anoxiques à l'intérieur de leurs coquilles au cours des phases précoces de la décomposition (Allison, 1990). L'inhibition du fouissage (scavenging) dans ces environnements peut prolonger l'association des éléments du squelette et même dans des conditions d'anaérobiose ou anoxie, la décomposition bactérienne des ligaments est rapide et les courants faibles serviront à disperser les pièces (Allison, 1988a, 1990).

B) Les restes articulés

Les études expérimentales modernes indiquent que la dégradation des tissus mous chez les arthropodes se fait dans un délai de quelques heures après la mort, alors que la destruction des ligaments se produit au cours des semaines à quelques mois. Et donc, le squelette peut être complètement désarticulé dans un délai de quelques mois au moins (Plotnick 1986 ; Allison, 1988).

Speyer et Brett (1986) reconnaissent trois catégories de base des restes de trilobites articulés: **(1) exosquelettes partiellement articulés, (2) reste mue ou exuvie, et (3) des squelettes articulés complètement représentant les carcasses.** Les restes partiellement articulés, tels que les groupes de segments thoraciques, sont d'origine indéterminée et peuvent représenter des restes partiellement décomposés de carcasses ou de parties de mue.

Les exuvies chez les trilobites sont reconnaissables par l'absence de structures spécifiques. Pour la plupart des trilobites, la mue implique l'effusion de joues libres. Par conséquent, l'exosquelette articulé avec cranium sans joues libres sont presque certainement exuvies. Chez les phacopidae, le thoraxo-pygidium articulé (trilobites "sans tête") suggère une pièce de mue.

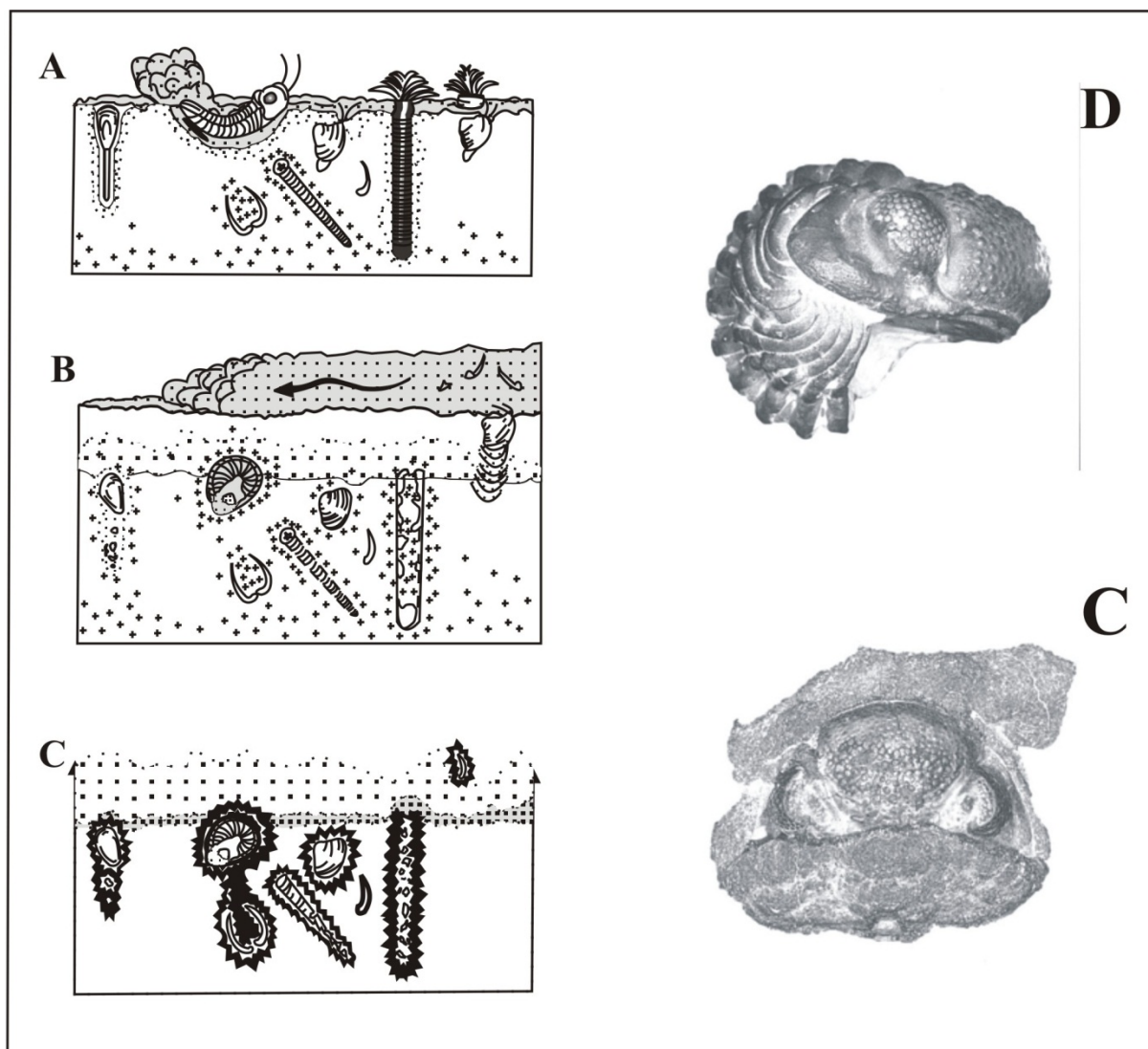


Fig.6.: Conditions de la formation des fossiles bien conservés pyritisés
(Whiteley *et al.*, 2002)

A. Faune sur un fond de mauvaise oxygénation. Il y a une faible diversité, le fond est anoxique sur une courte distance sous la surface. Le signe plus (+) indique des conditions anoxiques.

B. Enfouissement rapide par les sédiments et les niveaux d'oxygène réduits de l'eau augmente le niveau anoxique des organismes nouvellement enterrés. Les bactéries anoxiques dans le métabolisme de la matière organique des trilobites réduisent également le sulfate dans l'eau interstitielle, entraînant des ions de sulfure qui réagissent ensuite avec le fer (Fe^{2+}) réduit dans les sédiments

Dans une sédimentation riches en matières terrigènes, la teneur en fer est suffisamment élevée pour provoquer la précipitation du sulfure de fer ou à proximité de la matière organique en décomposition

C. La pyrite s'accumule à la source de la décomposition des matières organiques, et le fossile est couvert avec de la pyrite à ce site de nucléation. A-C de Speyer et Brett (1991).

D, un trilobite enterré dans un cas d'enfouissement rapide mais dans un sédiment oxygéné de telle sorte que seule une faible quantité de pyrite est formée.

E. Un trilobite enroulé, enterré sous des conditions anoxiques, de faible organiques (sauf sur le site de trilobite décroissance), et riche en fer, qui donne une couverture totale par la pyrite.

Les carcasses sont représentées par des exosquelettes complètement articulés avec les céphalons intacts et articulés (joues libres intacts). Cette catégorie peut être subdivisée en spécimens **étirés** ou **allongés** et chez certaines espèces de trilobites, les individus sont **partiellement enroulés** et **pleinement enroulés**.

La présence de lits de trilobites enroulés suggère également une réponse comportementale à des **conditions de stress** dans lesquels les trilobites peuvent-être enfouis dans les sédiments et enroulés sur eux-mêmes, pour être enterrés sur place et semblaient incapables d'échapper à la couverture de la boue (Whiteley et *al.*, 2002).

C) Transport et orientation

Les squelettes de trilobites peuvent être des indicateurs sensibles des conditions hydrodynamiques dans l'environnement de dépôt. Sous les environnements à faible énergie, typiques des calcaires micritiques, des restes d'organismes peuvent être enterrés sur place. On peut utiliser l'argument que les fossiles bien articulés comme les trilobites ne doivent pas avoir été transportés, et que leur présence indique donc des environnements d'eaux calmes, mais cette déduction doit être faite avec prudence (Whiteley et *al.*, 2002).

Les **trilobites étirés**, majoritairement convexe vers le haut sont rarement connus, ils sont généralement **associés** à des trilobites parfaitement **enroulés** et ils peuvent représenter des exemples **d'enfouissement quasi instantané** avec peu de perturbations (Whiteley et *al.*, 2002).

D) La fragmentation et la préservation de squelettes déformés

Les éléments squelettiques du Trilobite sont variablement affectés par des agents destructeurs, biotiques et abiotiques post-mortems. Les squelettes sont affectés en fonction de la délicatesse de leur construction originale et du temps de séjour sur le fond marin.

E) Abrasion, corrosion et incrustation

Il est souvent difficile de faire la distinction entre les squelettes de trilobites qui ont été physiquement abrasés et ceux qui ont été corrodés par les processus biogéochimiques. La plupart des restes de trilobites sont trop fragiles pour résister à l'abrasion prolongée. Cette fragilité peut expliquer la rareté des squelettes de trilobites dans certaines zones des milieux sableux littoraux, dans lesquels des traces de fossiles indiquent que les trilobites étaient abondants. Il est bien connu que la taille des sédiments argileux est inefficace en tant qu'agent

abrasif. Par conséquent, les fossiles réellement touchés par l'abrasion sont rares dans les calcaires micritiques (mudstones). Les **restes de trilobites corrodés** sont plus fréquents en **offshore**, environnement à faible énergie où la bioérosion tend à prédominer sur l'abrasion (Kidwell et Bosence 1991; Parsons et Brett, 1991).

Durant leurs vies, les exosquelettes de trilobites peuvent se recouvrir d'organismes epibenthiques (ou pseudobenthique), comme les bryozoaires et brachiopodes (Tetreault, 1992; Kloc, 1993; Taylor et Brett, 1996). Les restes Post-mortems de trilobites peuvent être incrustés à la fois extérieurement et intérieurement. Des formes de microforages, telles celles des algues endolithiques, peuvent être des indicateurs particulièrement utiles de l'exposition et, dans certains cas, de la profondeur relative (Golubic et *al*, 1975; Vogel et *al*, 1987). Les algues endolithiques sont confinées à différentes parties de la zone euphotique à dysphotique supérieure.

F) Effet de la diagenèse sur les fossiles: traitement géochimique des fossiles potentiels

Les premiers phénomènes diagénétiques comprennent les processus physico-chimiques qui agissent sur les restes de l'organisme, principalement après l'enfouissement. Les caractéristiques diagénétiques des fossiles peuvent fournir des renseignements sur la géochimie des eaux de fond et la partie supérieure "zone taphonomiquement active" (TAZ) de la couche des sédiments. Les caractéristiques diagénétiques concernent la dissolution, la lithification et la recristallisation des fossiles (Whiteley et *al.*, 2002).

Les exosquelettes de trilobite imprégnés de calcite sont donc relativement résistants à la dissolution et sont conservables, mais ils peuvent encore montrer des preuves de dissolution précoce. Les squelettes de trilobite qui sont dissouts **avant le compactage** peuvent ne laisser **aucune trace**, mais, généralement, ils peuvent être conservés comme des moules à déformation plastique (Seilacher et *al.*, 1985).

Les minéraux diagénétiques précoces telles que la sidérite, la calcite et la pyrite se forment généralement à la suite de l'action des bactéries anaérobiques, et sont en partie composées de leurs sous-produits respiratoires (Allison 1988a). Ils peuvent fournir des informations précieuses sur la géochimie des sédiments et le taux d'enfouissement.

La pyrite, courante dans de nombreux calcaires micritiques marins, est souvent associée à des restes fossiles de trilobites. Le fer nécessaire à la formation de pyrite est

disponible dans les sédiments terrigènes, et le sulfate dissous est abondant dans l'eau de mer (mais pas dans l'eau douce). Dans les conditions d'anaérobies, certains types de bactéries, appelées bactéries sulfato-réductrices, utilisent le sulfate (SO_4) comme source d'oxygène pour métaboliser les matières organiques et produire de l'hydrogène sulfuré (H_2S) et de bicarbonate (HCO_3^-) en tant que sous-produits. La réduction du fer, par l'intermédiaire d'un second groupe de bactéries anaérobies, peuvent générer des ions ferreux, qui à leur tour peuvent réagir avec le H_2S générée par la réduction du sulfate, pour produire des précurseurs de la pyrite (Canfield et Raiswell, 1991 b). La présence de la pyrite montre que le sédiment était anoxique, mais ne prouve pas que la tranche d'eau sus-jacente fût anoxique. La pyrite peut se former très tôt ou relativement tard dans l'histoire de l'enfouissement d'un sédiment (Hudson 1982; Brett et Baird, 1986; Allison, 1988a, 1988b; Canfield et Raiswell 1991a).

Les fossiles bien conservés, pyritisés, y compris les trilobites, ont tendance à se produire dans les calcaires micritiques, gris, bioturbés, et sont donc des indicateurs d'un fond d'eau oxygéné (Brett et Baird, 1986; Allison et Brett, 1995). Les premières phases de la pyrite ont tendance à être des remplissages de grains fins de cavités, comme les intérieurs de trilobites enroulés. Les générations suivantes plus cristalline "overpyrite" peut nucléée sur des noyaux existants pyriteux. De cette façon, le nodule pyriteux peut se former (**Fig.6**).

Les couches à trilobites pyritisés semblent représenter **un enfouissement rapide** des corps dans un contexte de sédiments faiblement organique. La **phosphatation** des trilobites se produit principalement dans des conditions de **sédimentation lente**. Ainsi, par exemple, dans le groupe du Dévonien moyen Hamilton, les moules internes de trilobites enroulés sont phosphatés (Whiteley et al., 2002).

G) Les taphocènes à trilobites

Divers aspects de la préservation des fossiles peuvent être combinés dans l'identification et la description des faciès taphonomiques ou taphofacies (Speyer et Brett 1986 ; 1991). L'ensemble des lithofaciès, biofaciès et ichnofaciès, avec **le taphofaciès** ont tendance à varier avec des environnements sédimentaires (Parsons et Brett, 1991). Les modes de conservation des fossiles peuvent fournir des informations importantes sur un certain nombre de caractéristiques de dépôts carbonatés, notamment :

- L'environnement sédimentaire (profondeur, la température, la salinité, la teneur en oxygène, la cohérence du substrat).

- La dynamique de l'accumulation des sédiments (taux moyen), ainsi que les preuves de l'épisodicité de la sédimentation et de l'érosion.
- Le cadre temporel des unités carbonatées.
- La géochimie des sédiments et du début des environnements diagénétiques.

Les modes distincts de la préservation fournissent des informations sur les environnements sédimentaires. Par exemple, **l'enroulement des trilobites** reflète peut-être une **réponse aux stimulations toxiques** déclenchées par un remuement de la boue riche de sulfures anoxiques. De même, la pyritisation suggère l'inhumation dans une boue anoxique faiblement organique (Whiteley et al., 2002).

Le concept de taphofacies a été appliqué pour la subdivision et l'interprétation des anciens milieux sédimentaires. Par exemple, Speyer & Brett (1986) ont utilisé une combinaison d'observations qualitatives et semi-quantitatives des indices et la préservation de trilobites phacopidae, cela leur a permis d'identifier neuf taphofaciès distinctifs dans le groupe du Dévonien moyen d'Hamilton de l'Etat de New York (**Fig.7**). Les indices de préservation comprenaient la fréquence relative de fragmentation, des orientations concave-convexe des parties du squelette, le ratio des pourcentages céphalon/pygidium de trilobites articulés, des restes de mue, et le pourcentage d'individus enroulés par rapport aux tendus (allongés). Les taphofaciès reconnus affichent une large gamme de degrés de préservation.

Le Taphofacies 1 est caractérisé par des restes presque complètement désarticulés, triés et des trilobites très fragmentés, qui sont indicatifs de faibles taux de dépôt dans des environnements à haute énergie.

Les Taphofacies 3 et 4 affichent des proportions élevées de squelettes complets ou des assemblages mue. Nous allons extrapoler les résultats des trilobites étudiés sur ce modèle proposé par Speyer & Brett (1986) pour essayer de les placer dans un environnement bien déterminé.

Les Taphofacies 1A et 1B : état de fossiles indiquant des accumulations à long terme et un remaniement de dépôt dans un milieu littoral.

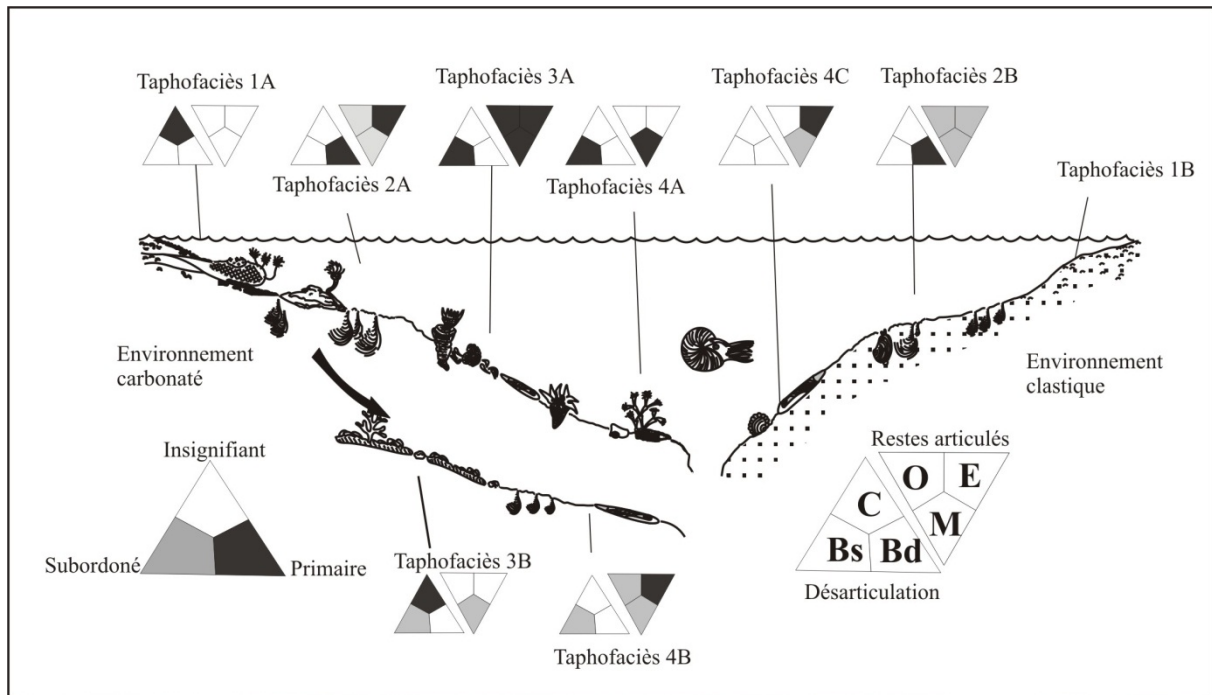


Fig. 7: Panorama de reconstitution du groupe de Hamilton (Dévonien moyen, Etats Unis) et taphofaciés des trilobites (Speyer & Brett, 1986)

Désarticulation a été véhiculée par le des processus liés au courant (C), bioturbation superficiels (Bs), et / ou profonde, bioturbation intrastratale (Bd). Ces agents sont différenciés sur la base de l'orientation des sclérites. Les restes articulés sont classés en fonction de la posture du corps (O = tendue, E = enroulé) et le mode de production (M = mue).

Les Taphofacies 2A et 2B : caractérisés par la présence des Zoophycos et l'abondance relative de exosquelettes enroulés impliquant une vitesse de sédimentation modérément élevée avec un substrat bien oxygénées et facilement suspendu.

Le Taphofacies 3A : affiche une abondance de restes désarticulés, mais non fragmentés, en raison de l'apport faible des sédiments, accumulées pour former des couches minces persistantes latéralement.

Le Taphofacies 3B : caractérisée par des couches importantes de coquilles dans lesquelles la concentration coquilliée était le résultat d'un transit de sédiments (bypass), les sédiments ont été remobilisés et déposés dans une eau plus profonde.

Le Taphofacies 4A : reflète un très faibles taux de sédimentation dans des conditions d'eau profondes et calmes. Les débris de trilobite accumulés peuvent servir de substrat pour les organismes sessiles.

Le Taphofacies 4B : indique des taux plus élevés de sédimentation où les sédiments proviennent probablement des environnements plus proximaux (par exemple Taphofacies 3B) à travers un transit (bypass), la chimie des sédiments favorise la diagenèse précoce de la pyrite, ce qui indique des conditions dysaérobiques- anaérobiques.

Le Taphofacies 4C : représente une sédimentation très élevée dans un milieu en eaux profondes caractérisées par des sédiments anaérobiques à faible diversité des faunes et un substrat instable.

VII. Méthodologie du travail

Le travail s'est déroulé en deux phases : la récolte et le traitement des échantillons.

1) La récolte des échantillons : Après le levée de la coupe du niveau à faune benthique variée (FBV) banc, par banc en prenant compte les différents caractères (nature, couleur et contenu biologique fossile), et le repérage des niveaux à trilobites, nous avons procédé à la récolte des trilobites soit par ramassage des individus au contre bas des bancs carbonatés ou par le dégagement des trilobites directement de la gangue carbonatée (banc) à l'aide des outils traditionnels (marteau et burin).

2) Le traitement des échantillons : Au laboratoire, la préparation du matériel nécessite plusieurs opérations ; d'abord le nettoyage des exosquelettes de la matrice carbonatée ; une fois nettoyé, l'individu est peint à l'aide d'un pinceau par l'encre de chine allégé en ajoutant

de l'alcool, après le séchage intervient le blanchiment où l'individu est maintenu au-dessus du ruban de magnésium brûlé pour être recouvert par la fumée blanche de ce dernier. Cette étape va mettre en évidence tous les reliefs sur l'exosquelette.

Les individus blanchis seront pris en photos sur la loupe binoculaire et des mesures seront prises à travers ces photos à l'aide d'un logiciel de mesures (tpsdig2).

La détermination des trilobites a nécessité la consultation les travaux de Le maître (1952), Morzadec (1997), Chatterton et *al.* (2006), McKellar & Chatterton (2009) et Gibb & Chatterton (2010).

I. Description lithologique des deux coupes étudiées

A partir de la qualité des affleurements et l'état de conservation de la faune (trilobites), nous avons choisi deux coupes appartenant à deux secteurs différents ; la première située à 30 km au Sud de la ville de Beni Abbes (coupe du « km 30 ») alors que la deuxième est localisée à 7 km au Sud du village de l'Ougarta et à environ 70 km de Beni Abbes (coupe de Erg el Djemel). Les deux coupes ont été subdivisées en niveaux selon la nature lithologique et la fréquence des bancs carbonatés.

I.1. Lithologie de la coupe du « km 30 »

Nous avons subdivisé la coupe en niveaux dont le dernier (sommital) constitue un gisement remarquable à trilobites (**Fig. 8**).

Niveau 1 (2,40 m): il est représenté par un banc de calcaire bioclastique à entroques, de 0,4m d'épaisseur, riche en brachiopodes, noduleux par endroits, de couleur grise avec une surface bioturbée sur laquelle, repose une combe argileuse grise, de 2 m de puissance à intercalations fines de grés carbonatés, contenant quelques brachiopodes et des tiges de crinoïdes.

Niveau 2 (0,5m): c'est un banc de calcaire à entroques de 0.2m d'épaisseur, gris avec des brachiopodes, surmonté par des argiles pluridécimétrique, à fines passées gréseuses.

Niveau 3 (3 m): il correspond à une alternance de cinq bancs de calcaires bioclastiques et d'argiles qui atteignent 2,6m d'épaisseur. Les bancs calcaires ne dépassent pas 0,4m d'épaisseur, et sont parfois gréseux, riches en faune (brachiopodes, tiges de crinoïdes) et leur base est irrégulière par endroits.

Niveau 4 (1,5m): c'est une succession stratocroissante, constituée de trois bancs de calcaire bioclastique, la surface du dernier banc épais est pétrie de faune benthique (tiges d'encrines, brachiopodes et quelques polypiers). Ce niveau, qui correspond au (RM6) de Ouali Mehadji (2004), est surmonté par des argiles grise de 0.6m de puissance.

Niveau 5 (0,9m): il est formé par 2 bancs de calcaire bioclastique, séparés par 0,3m d'argile. Le premier banc, de 0,17 m, est de couleur grise et à aspect noduleux par endroits ; le

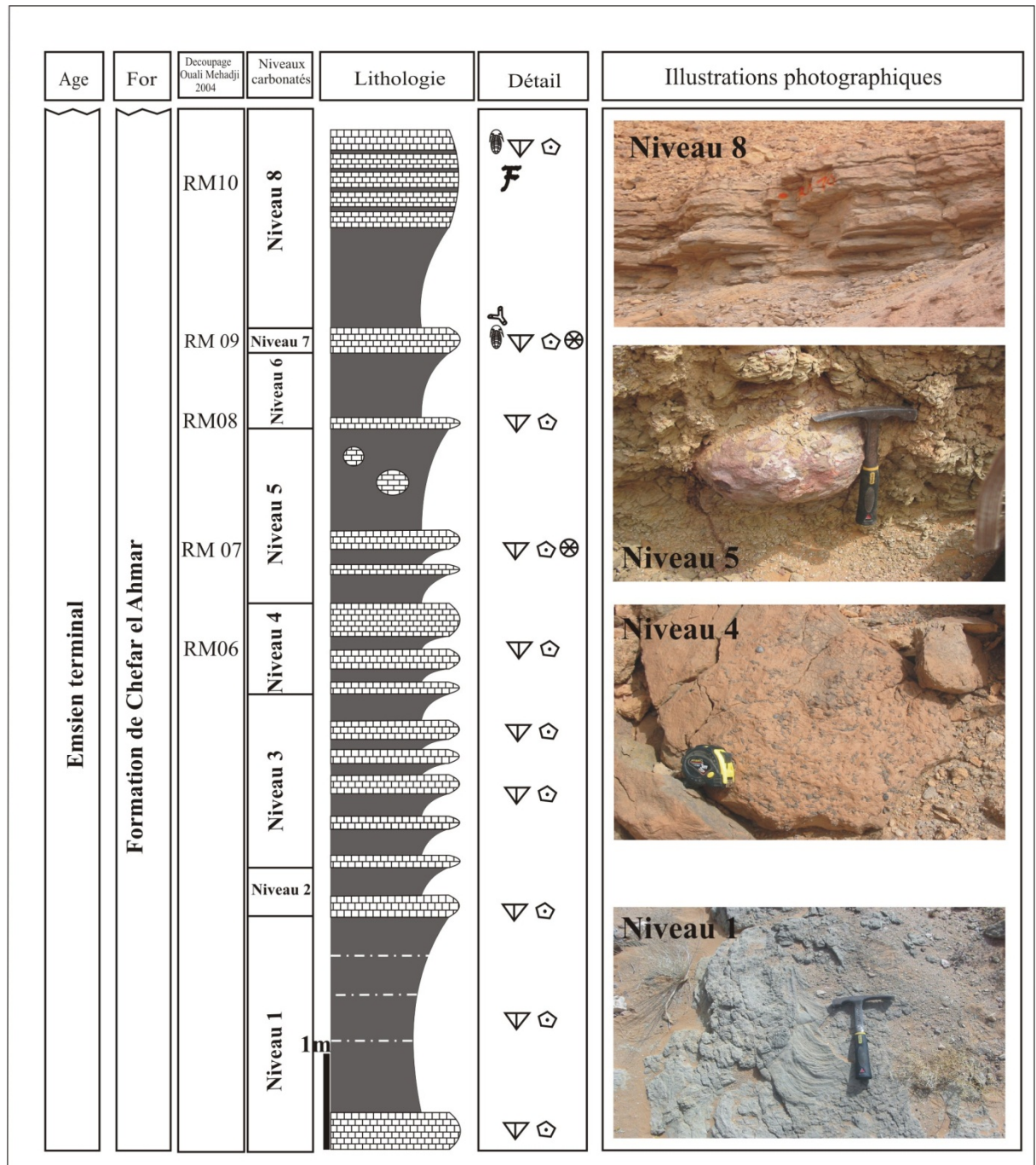
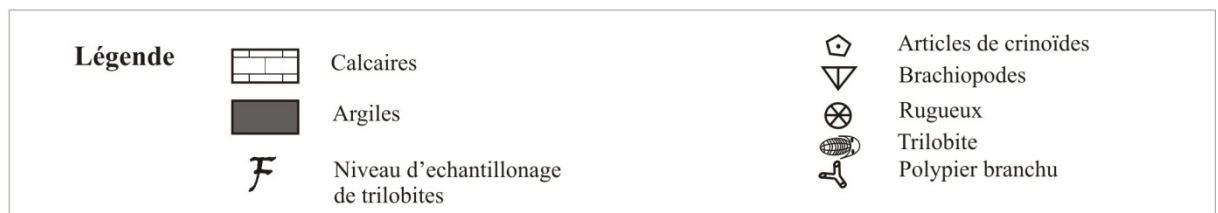


Fig. 8: Succession lithostratigraphique et illustrations photographiques du “FBV” du km 30



deuxième plus épais (0.4m), contient des coraux, des brachiopodes et des articles de crinoïdes. Il est succédé par une couche argileuse de 2 m qui est particulière par la présence de boules de calcaire de diamètre décimétrique, de couleur rougeâtre à la patine, grise à la cassure.

Niveau 6 (3,2m): c'est un banc de calcaire bioclastique, gris, de 0,2 m d'épaisseur, surmonté par 3m d'argiles grise à fines intercalations carbonatées, à brachiopodes et à tiges de crinoïdes.

Niveau 7 (0,1m) : équivalent du (RM 9) de Ouali Mehadji (2004), ce niveau correspond à des calcaires de 0.1m d'épaisseur où nous avons pu récolter quelques trilobites et brachiopodes ; le sommet de ce niveau est marqué par un horizon ferrugineux riche en polypiers (amas de polypiers).

Niveau 8 (4m): le niveau à faune benthique variée (FBV) de Ouali Mehadji (2004), se termine par ce niveau carbonaté. Il est représenté par des argiles de puissance métrique, surmontées par des calcaires gris parfois beiges à la patine de 2 m d'épaisseur. Ces calcaires constituent un gisement à trilobites d'où on a récolté plusieurs spécimens (Echantillon **Km 30**).

I.2. Lithologie de la coupe de l'Erg el Djemel

Le niveau à faune benthique variée «FBV», dans cette région, est marqué par six niveaux carbonatés fossilifères (**Fig. 9**).

Niveau A : c'est un banc de calcaire gris-bleu à la patine et gris à la cassure, riche en articles de crinoïdes (plaques et tiges) et en brachiopodes, dont l'épaisseur est pluridécimétrique, suivi d'une combe marneuse de couleur grise-verdâtre de 2.5 m de puissance. L'ensemble correspond à (EDM1) de la coupe de Ouali Mehadji (2004).

Niveau B : il est constitué d'un banc de calcaire à entroques, de couleur grise, d'épaisseur pluridécimétrique. La base de ce banc est pétrie de brachiopodes tandis que le sommet coïncide avec le début d'une couche marneuse de 4.5 m de puissance, de couleur grise.

Niveau C : il correspond à un banc de calcaire bioclastique d'épaisseur pluridécimétrique, de couleur grise et rougeâtre par endroits à aspect friable où l'on trouve une faune benthique diversifiée (trilobites, rugueux et brachiopodes) dans une gangue sclerolithe.

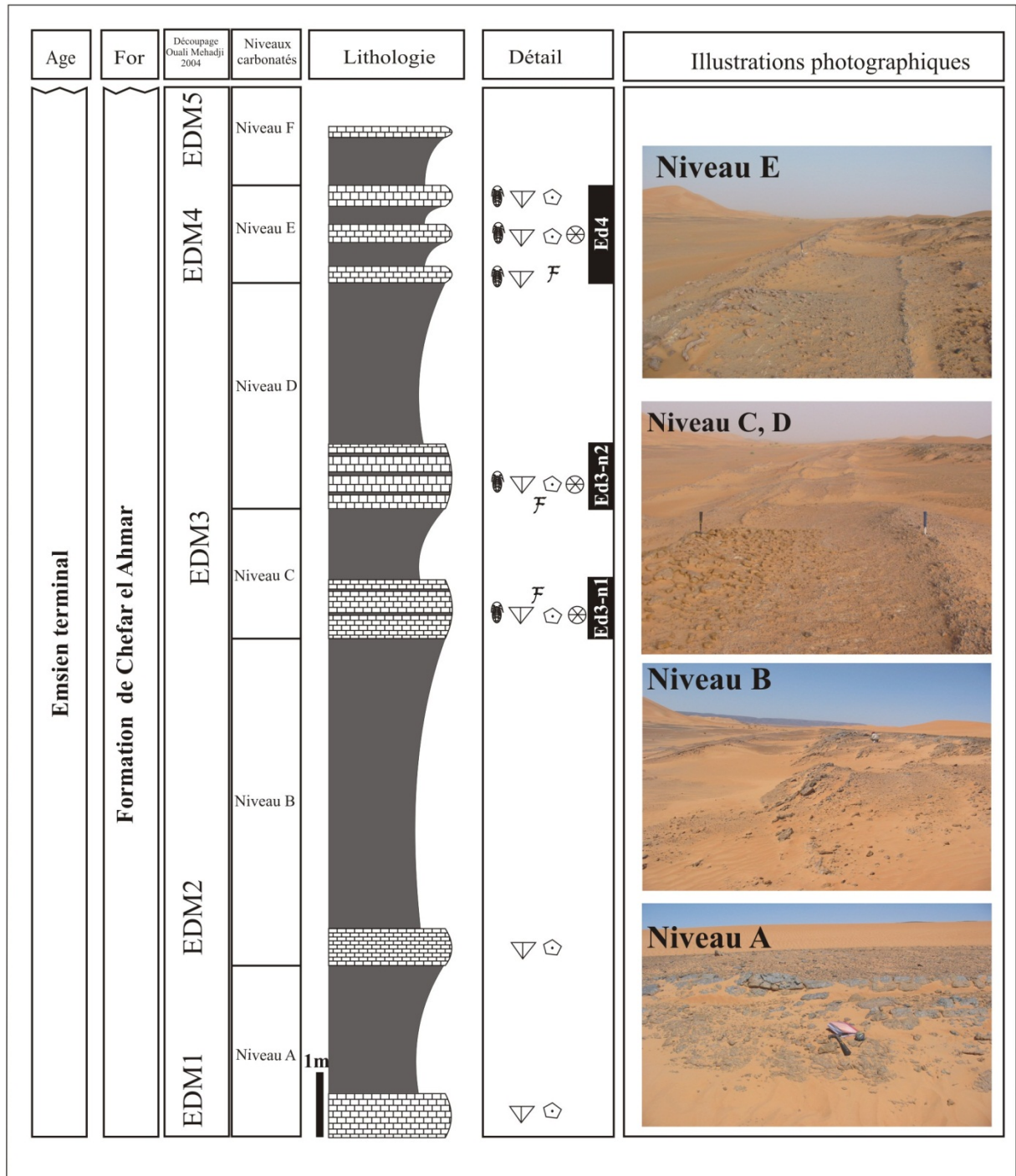


Fig. 9: Succession lithostratigraphique et illustrations photographiques du “FBV” de l’Erg el Djemel

On a récolté dans ce banc plusieurs trilobites en bon état de conservation (**ED3-1**). Ce calcaire est surmonté par 2.5 m de marnes grises.

Niveau D : ce banc carbonaté est de même aspect, avec des joints argileux. Il contient aussi une faune benthique diversifiée (trilobites, tetracoralliaires et brachiopodes). On a pu récolter plusieurs trilobites bien conservés (**ED3-2**). Au-dessus, on a une combe de 2,5 m de marnes grises.

Les deux niveaux carbonatés C et D, correspondent à EDM3 de Ouali Mehadji (2004).

Niveau E : il est représenté par une succession de quatre bancs de calcaire bioclastique, ferrugineux par endroits, intercalés par des passées argileuses, et dont l'épaisseur varie latéralement (1.4 m). Ces bancs sont riches en trilobites, parfois de petites tailles, et des brachiopodes. Ce niveau a livré l'échantillon (**ED4**).

Niveau F : Vers le sommet, on a des argiles de 1.5m coiffées par un banc de calcaire micritique, d'épaisseur centimétrique, équivalant du EDM5 de Ouali Mehadji (2004), dont la surface marque le début de la combe argileuse eifélienne.

Conclusion :

Le niveau étudié correspond dans les deux secteurs à une alternance marno-calcaire.

Au km 30, des intercalations sableuses sont observées plus fréquemment que dans l'Erg el Djemel.

Au km 30, seul le Niveau 8 a fourni plusieurs exemplaires de trilobites.

A Erg el Djemel, les niveaux C, D et E ont livré plusieurs spécimens de trilobites.

A. Généralités sur les trilobites

Introduction

Le nom « Trilobite », issu des 3 lobes longitudinaux constituant leur corps (**Fig. 10**), a été utilisé pour la première fois par Walch (1771).

Les trilobites forment une classe d'arthropodes marins qui ont vécu au Paléozoïque. Ils sont reconnaissables par la forme de leur corps qui est généralement ovulaire. Ce dernier est constitué de trois parties (**Fig. 10**) :

- une partie antérieure (céphalon).
- une partie médiane (thorax).
- une partie extérieure (pygidium).

En général, le bouclier dorsal du trilobite (carapace ou exosquelette) est la seule partie fossilisable car elle est fortement minéralisée. On peut trouver aussi des traces fossiles de trilobites sous forme de moule externe.

La première apparition des trilobites est enregistrée au Cambrien inférieur. Diversifiés en plusieurs familles et genres, les trilobites atteignirent leur maximum de développement au Cambrien supérieur. Après une chute de diversité à la fin du Cambrien, ils continuèrent à être nombreux à l'Ordovicien. La fin de l'Ordovicien marque le début de leur déclin avec la disparition de nombreuses formes « archaïques ». Le déclin se poursuit au Siluro-Dévonien où seul un nombre réduit de familles de trilobites subsiste. La fin du Permien coïncide avec l'extinction des trilobites (Lebrun, 1995).

Concernant le nombre de trilobites, Vogdes (1923) estima environ 450 genres et 3970 espèces étudiées. Vers les années cinquante du siècle dernier, plus de 1500 genres et 10000 espèces étaient répertoriées. Actuellement, plus de 3500 genres sont définis (Lebrun, 1995).

I. Historique des recherches sur les trilobites

La première description, accompagnée de figures sur les trilobites, a été publiée en 1698 par Lhwyd qui attribua le nom de « Trinuclei » à ces arthropodes. En 1745, Linné décrivit plusieurs espèces. Il les rangea dans un groupe qu'il nomma « *Entomolithus paradoxus* » mais en les considérant comme une division des insectes. Walch (1771) fut le premier à introduire le terme « Trilobitae ». Wahlenberg (1821) préféra les nommer « Entomostracites » alors que

Dalman (1826) utilisa « Palaeadae ». Finalement, le terme « Trilobitae », de Walch a été modifié en « Trilobita » pour être accepté et utilisé universellement.

Depuis le début du XIX^e siècle, le nombre des monographies s'attachant à décrire les trilobites commencent à augmenter significativement mais les véritables pionniers de la description de ces fossiles restent par excellence Brongniart (1822), Dalman (1827), Green (1832), Emmerich (1839), Milne-Edwards (1840), Dornmeister (1843), Goldfuss (1846), Hawle & Corda (1847) et McCoy (1849). Vers la moitié du XIX^e siècle, les monographies sur les trilobites deviennent régionales : la Bohême par Barrande [1852-1872], Novak (1883) et Prantl & Pribyl [1847-1849] ; l'Allemagne par Gürich (1907), Pompeckj (1895) et Richter & Richter (1926, 1933) ; la Scandinavie par Angelin [1851-1878], Brogger & Warburg (1925), Stormer (1930, 1939, 1942, 1944, 1949, 1951) et Westergard (1936) ; la Russie (région baltique) par Nieszkowski (1857,1859), Eichwald (1825), Schmidt [1881-1807], Opik (1937) et Lermontova (1940); la Grande Bretagne par Salter (1864), Woodward (1884), Hicks (1871), Reed (1935), Cobbold (1910) et Lake [1906-1946] ; la France par Rouault (1847, 1849, 1851), Oehlert (1877,1896), Bergeron (1889), Barrois (1883, 1886) et Thoral (1946) ; l'Italie par Meneghini (1881) ; l'Amérique du Nord par Hall (1888), Ford (1872), Clarke (1889), Billings (1870), Matthew (1886), Beecher (1894, 1895, 1897), Walcott (1910, 1918, 1921), Resser [1928-1945], Rasetti (1945, 1948, 1952, 1952), Raymond (1920, 1922), Whittington (1941) et Poulsen (1927) (en Greenland) ; l'Amérique du Sud par Kayser (1898), Clarke (1889), Kozłowski (1923), Ulrich (1892), Kobayashi (1937) et Harrington & Leanza (1957) ; l'Asie par Lorenz (1906), Mansuy (1912), Walcott (1905, 1906, 1911), Resser & Endo (1937), Reed (1903), Kobayashi (1933, 1935, 1962) et Sun (1923, 1924, 1935) ; l'Afrique par Salter (1864) et Hupé (1953, 1954, 1955) et enfin l'Australie par Whittington (1980) .

Les appendices ventraux ne seront décrits qu'à partir de 1870 avec une première description réalisée par Billings (1870) d'un spécimen de *Isotelus* DeKay, (1824) provenant de l'Ordovicien d'Amérique du Nord. Grâce à la bonne conservation de la partie ventrale, les appendices de plusieurs espèces du Cambrien terminal et de l'Ordovicien ont été décrits au début du XX^e siècle par Beecher (1895), Walcott (1910, 1918, 1920) et Raymond (1920, 1922), ceux du Dévonien, par Bolli (1930) sur deux espèces du Dévonien inférieur. En 1951, Stormer publia un travail conséquent ciblant les appendices des trilobites.

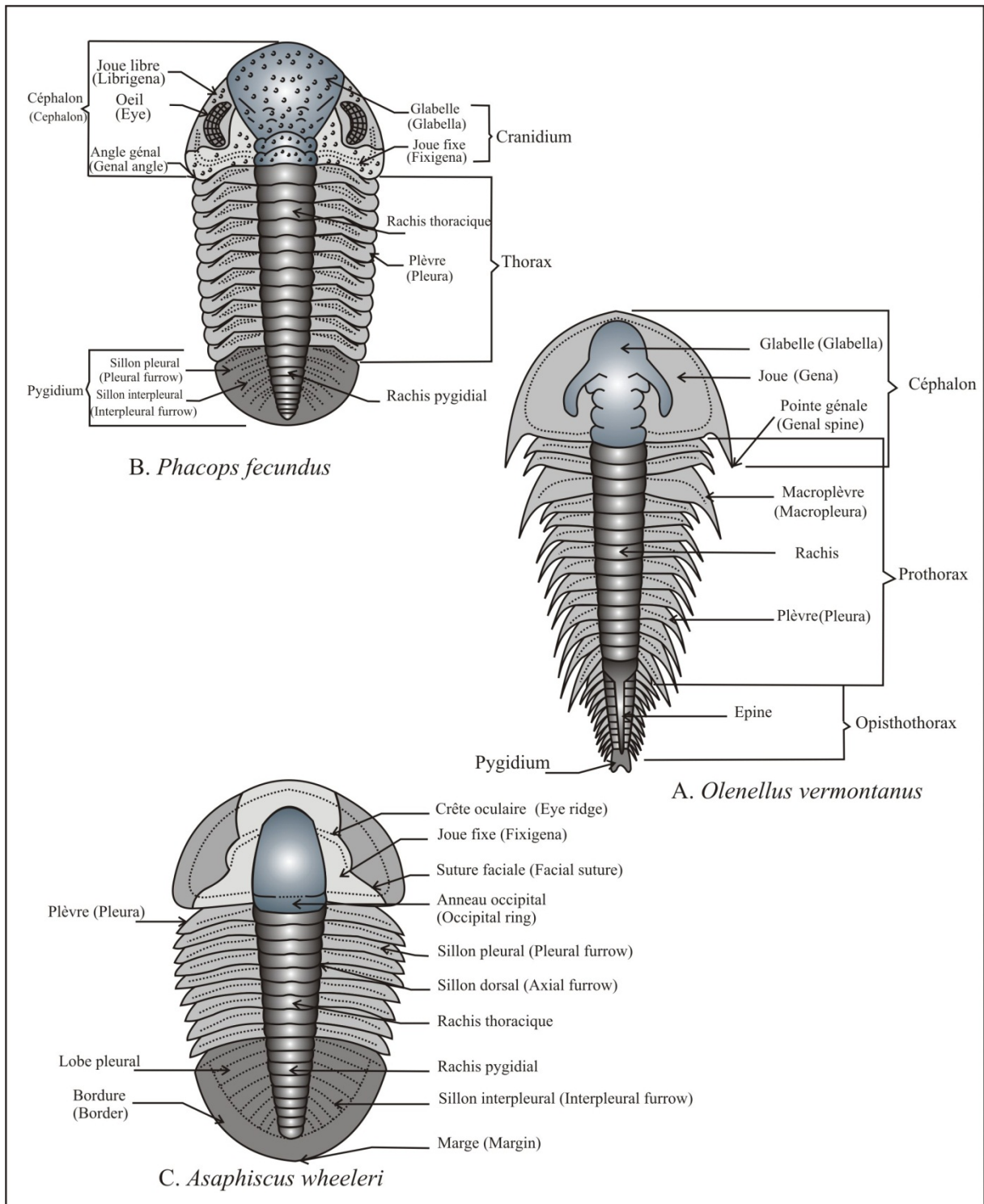


Fig.10: Nomenclature de l'exosquelette des Trilobites. (Modifié d'après Moore, 1959)

Les larves des trilobites furent étudiées pour la première fois par Barrande (1852) et le nom de « Protoparis » a été attribué au stade initial de ces larves par Beecher (1895).

II. Morphologie externe des trilobites

Le corps des trilobites est formé d'une couverture dorsale (tégument) minéralisée et dure nommée carapace ou exosquelette dorsal, et d'une autre ventrale chitineuse et molle.

La carapace ou l'exosquelette dorsal est constituée généralement de pièces fusionnées ou articulées, appelées « sclérites », couvrant les segments du trilobite. L'individualisation de ces sclérites donne des « tergites » pour la partie dorsale de la carapace et des « sternites » pour la partie ventrale du céphalon. On parle de mésotergites pour les tergites qui couvrent les régions axiales (rachis) et pleurotergites pour ceux qui couvrent les plèvres.

La fusion des tergites antérieurs permet la formation du céphalon et celle des tergites postérieurs la formation du pygidium, tandis que les tergites intermédiaires, non fusionnés, et articulés constituent le thorax.

Le céphalon est formé de trois sternites : la plaque rostrale (rostrum) et l'hypostome qui sont des sternites préoraux et le metastome qui est un sternite postoral.

II.A. Le céphalon.

La face dorsale du céphalon est constituée d'un renflement axial appelé « glabelle », d'un champ préglabellaire antérieurement, de joues latéralement sur lesquelles s'insère une paire d'yeux qui sont traversés par la suture faciale (**Figs. 10-12**). Cette dernière séparant les joues fixes (fixigènes) des joues libres (librigènes).

Les différentes parties du céphalon sont des éléments importants dans la systématique des trilobites grâce à leur variabilité.

1) La glabelle

Formant un lobe médian enflé, la glabelle est bordée latéralement par des sillons dorsaux se rejoignant antérieurement pour former un sillon préglabellaire. Ce sillon permet l'individualisation de la glabelle du champ ou aire préglabellaire. Les dimensions et la forme de la glabelle sont relativement variables (**Fig. 13**) selon le tracé des sillons dorsaux (convergen, parallèles ou divergen) et le degré de convexité (gibbosité ou obsolescence).

Des sillons transversaux (sillon occipital *S0* et sillons glabellaires) peuvent être présents sur la glabelle. Le nombre de ces sillons glabellaires varie de un à quatre *S1* à *S4*. Ces sillons peuvent être soit continus (transglabellaires), soit discontinus, parfois réduits et voire même sous forme de ponctuations. Les sillons transversaux scindent la glabelle en un lobe arrière (anneau occipital) et en quatre lobes glabellaires : un lobe avant (lobe frontal), intercalés par des lobes latéraux.

2) La région préglabellaire

La région préglabellaire de contour semi-circulaire, est marquée par un bourrelet marginal précéphalique ou limbe (**Fig. 11**). Ce dernier est bordé antéro-ventralement par un sillon marginal et postérieurement par un sillon postérieur. Il peut être accompagné par une saillie concentrique ou « tropidia ».

La région préglabellaire est constituée de trois parties : le cranium et deux joues libres, séparés par la suture faciale.

2.a) Le cranium

Le cranium est formé par la glabelle et les deux joues fixes ou fixigènes (**Fig. 11**). Ces dernières occupent l'espace médian entre la suture faciale et les deux bords antérieurs et postérieurs du céphalon. Elles sont traversées par la crête oculaire sous forme de saillie transversale ou oblique qui les divisent en deux parties : antérieurement une aire préglabellaire et postérieurement une aire palpébrale. La joue fixe peut avoir une convexité sous forme de croissant à l'arrière de l'œil appelée lobe palpébral qui peut former avec la crête oculaire le lobe oculaire (**Fig. 11**).

2.b) Les joues libres

Les joues libres correspondent à la partie préglabellaire placée à l'extérieur de la suture faciale. Leur forme et leur dimension sont relatives au tracé de la suture faciale. Les yeux portés par les joues libres occupent aussi une position variable (**Figs. 11-12**).

3) La face ventrale (ou doublure céphalique)

La doublure céphalique est présente antérieurement. Elle est constituée de trois sternites : la plaque rostrale, l'hypostome et le métastome.

3.1) La plaque rostrale (ou rostrum)

Sous la forme d'une plaque bordée par des sutures, le rostrum est présent chez de nombreuses familles de trilobites telles que les Scutellidae, les Paradoxidae, les

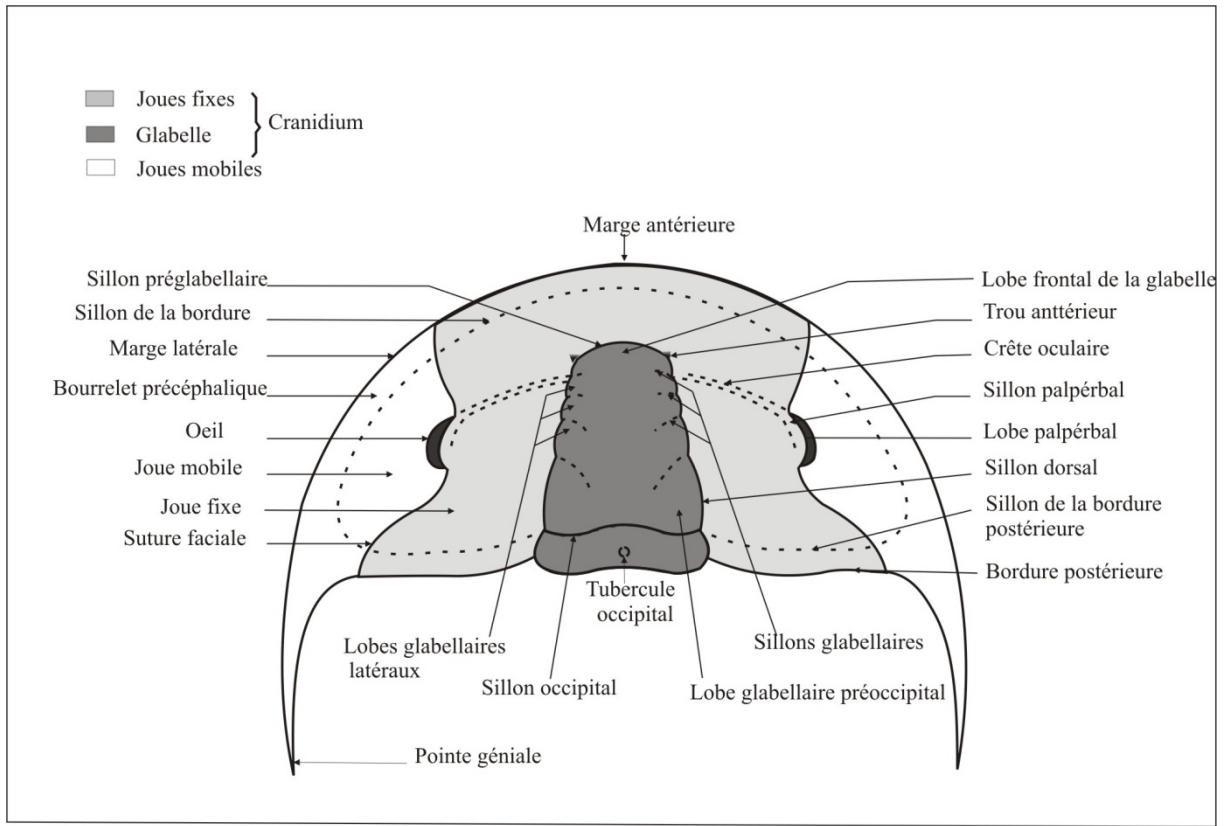


Fig.11: Nomenclature du céphalon d'un trilobite (ptychopariide) Moore, 1959

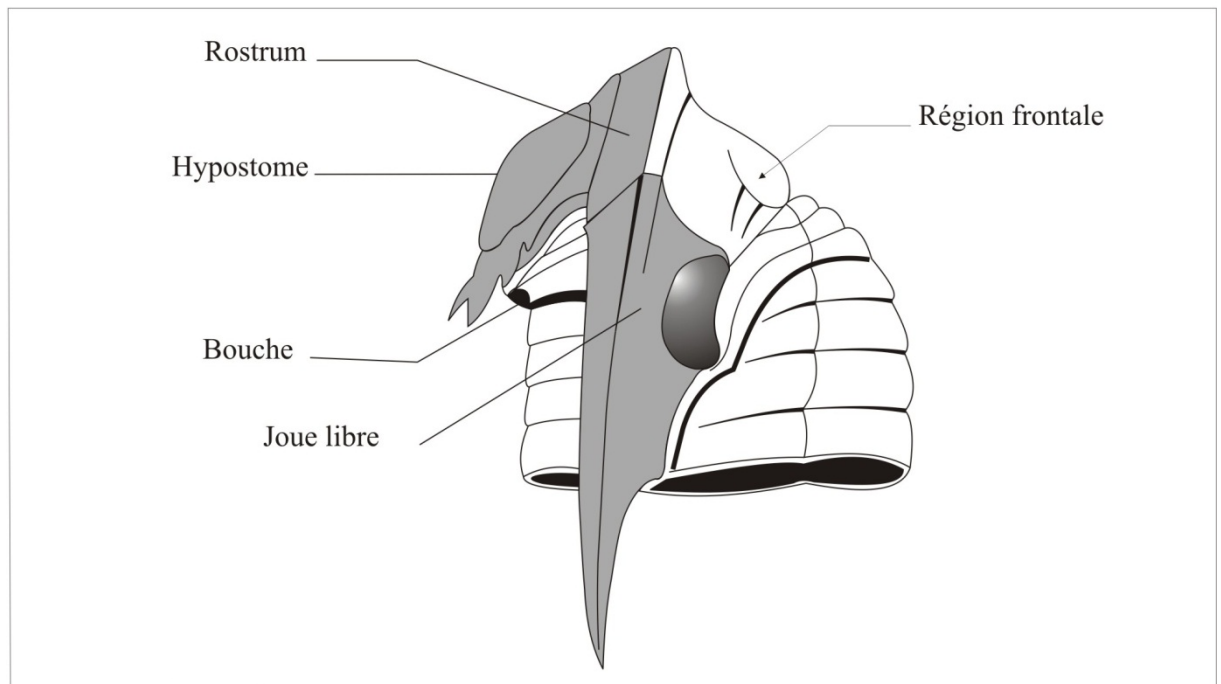


Fig.12: Vue latérale d'un céphalon de trilobite

Ptychpariidae et absent chez d'autres familles telles que les Phacopidae et les Neleidae (**Fig. 12**).

3.2) L'hypostome

L'hypostome occupe une position postérieure par rapport au rostrum, ils sont séparés par une ligne curviligne ou suture hypostomale (**Fig. 12**). La partie postérieure de l'hypostome est marquée par la présence d'un corps central bombé et bordé par une bordure concave ou convexe. L'hypostome peut jouer un rôle important en systématique.

3.3) Le métastome

Positionné à l'arrière de la bouche, le métastome est signalé uniquement chez quelques spécimens des genres *Olenoides* (Stormer, 1951), *Triarthrus* (Beecher, 1894 ; Raymond, 1920) et *Phacops* (Stormer, 1930, 1942). Il est sous la forme d'une plaque impaire et concave avec une taille relativement petite.

4) Les sutures céphaliques

Le céphalon des trilobites est muni de lignes fines et étroites nommées sutures céphaliques. Ces sutures facilitent les mues successives en favorisant l'éclatement de la vieille carapace (exuvies).

Plusieurs types de sutures furent définis par Barrande (1852) : une suture faciale, une suture rostrale, une suture hypostomale et une suture marginale.

4.1) La suture faciale

La suture faciale été décrite pour la première fois par Blumenbach en 1810 et dénommée par Dalman (1826) « *Sutura facialis* » formant une paire de lignes fines symétriques qui scindent la région génale (**Fig. 14**). La suture faciale a fait l'objet de plusieurs travaux tels que ceux de Barrande (1852), Richter (1915) et Richter & Richter (1940). Ces travaux ont abouti à la division de la suture faciale en branches : une branche antérieure préoculaire située entre le bord antérieur de l'œil et le bord céphalique antérieur, un tronçon périoculaire longeant le bord intérieur de la surface visuelle, et une branche postérieure située entre le bord postérieur de l'œil et l'extrémité postérieure, dont la forme permet de distinguer trois types de sutures faciales (**Fig. 14**) :

- une suture opistopariiale (ou opisthopariiale) quand le point (ω) est situé entre l'angle génal et le sillon dorsal ;
- une suture gonatopariiale, lorsque (ω) coïncide avec la pointe génale ;

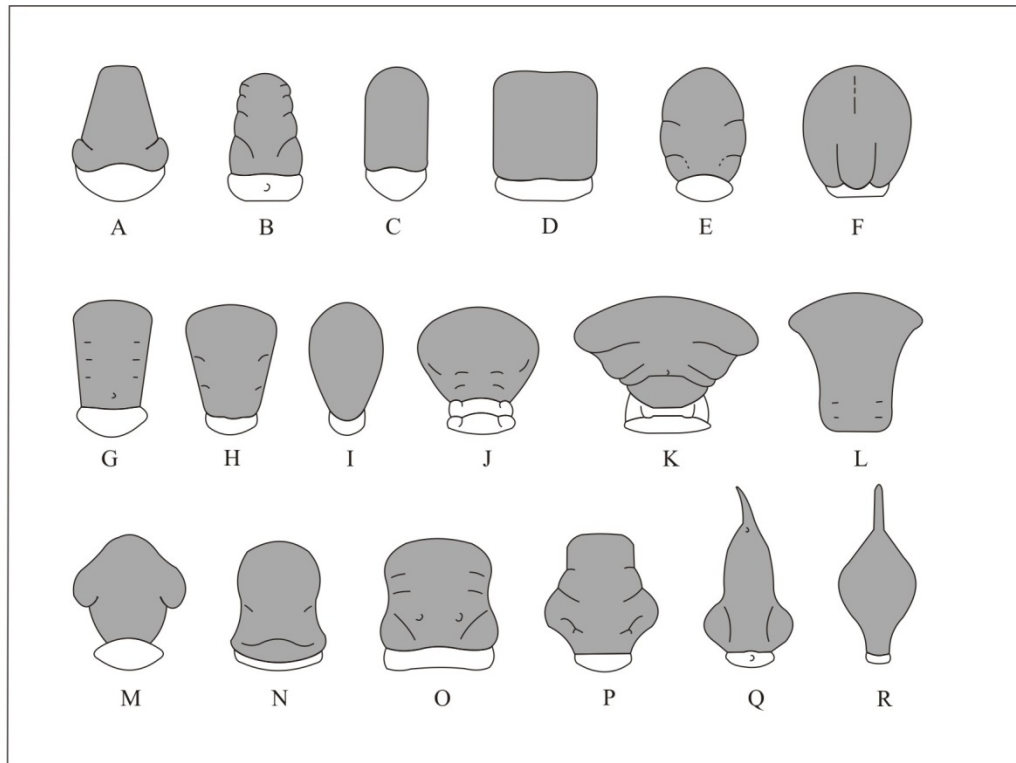


Fig.13. Différentes formes des glabelles, des sillons et des lobes occipitaux

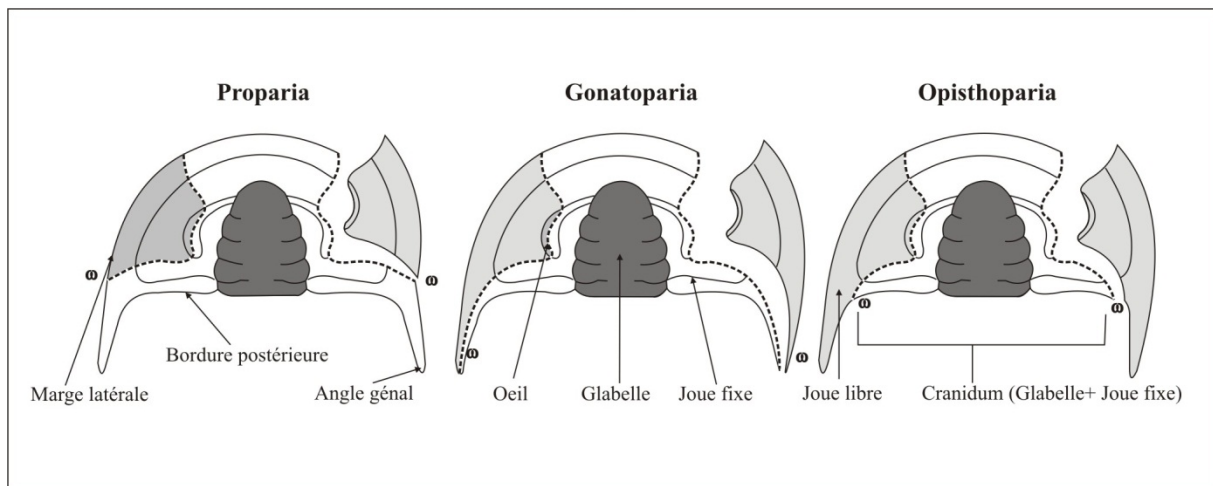


Fig.14. Différents types de la suture faciale

- une suture propariale, quand (ω) se trouve en avant de l'angle géral.

La suture faciale peut subir une réduction chez certains groupes de trilobites tels que les Phacopidae, les Proetidae, les Harpitidae.

4.2) La suture hypostomale

Elle permet à l'hypostome d'être connecter directement à la plaque rostrale ou à la doublure céphalique et peut être importante lors de la mue.

4.3) La suture rostrale

Elle concerne surtout les trilobites munis d'une plaque rostrale formant le prolongement ventro-marginal de la suture faciale. L'ensemble de ces deux sutures fut appelé par Barrande « grande suture ».

II.B. Les régions thoraciques (thorax)

Situé entre le céphalon et le pygidium, le thorax est formé par une série de segments dont le nombre varie de deux (Agnostidae) à quarante-quatre (Olenellidae).

1) L'anneau axial

L'anneau axial est formé par un tergite à tégument épais fossilisable, et par un sternite fin non conservable. Le tergite comprend un anneau axial (proprement dit) et un demi-anneau articulaire qui n'est visible que lors de l'enroulement des individus car il est masqué par l'anneau précédant. Entre l'anneau axial et le demi-anneau articulaire, se trouve une rainure où s'insèrent des muscles appendifères responsables de la mobilité des appendices.

L'anneau axial présente des variabilités causées par la présence ou l'absence de granules, de tubercules et d'épines (**Fig. 15**). On peut trouver au niveau des extrémités latérales un renflement ou nodule, interprété par Barrande (1852) comme empreinte musculaire chez les Olenellidae. Le thorax peut être subdivisé en prothorax et opistothorax grâce à la présence d'une épine aigüe très développée sur l'un des anneaux axiaux chez certains trilobites (**Fig. 10**).

2) Les plèvres (pleurites)

Les plèvres sont l'extension latérale des anneaux axiaux dont elles sont séparées par un sillon dorsal et relativement surbaissées. Elles peuvent être planes (Dionididae),

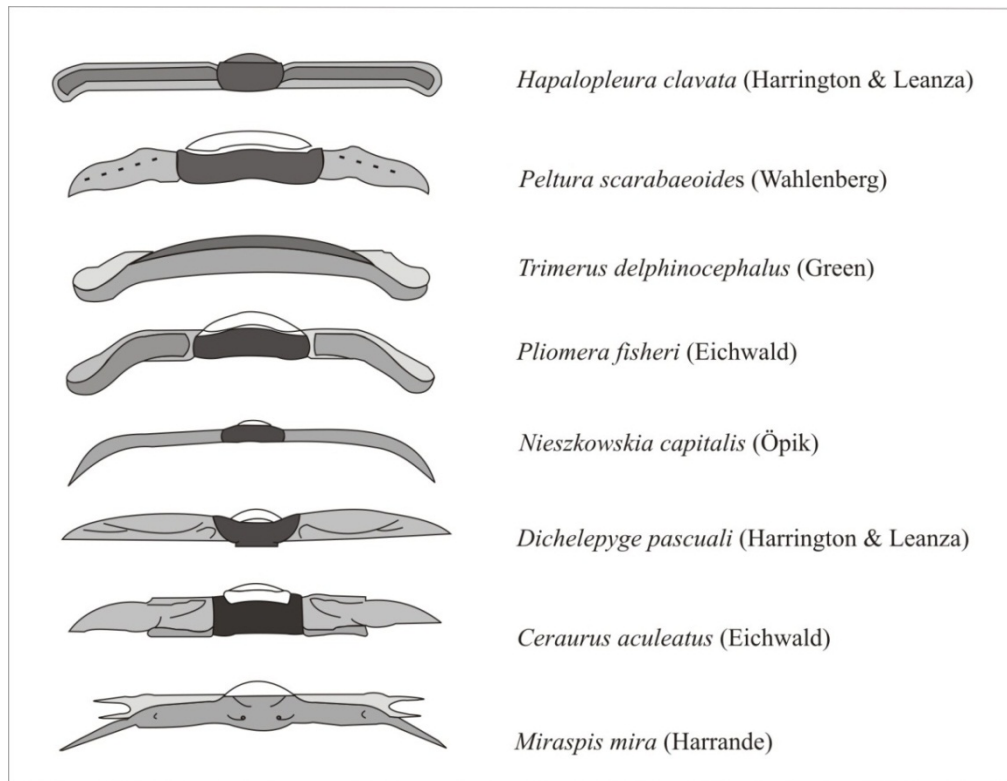
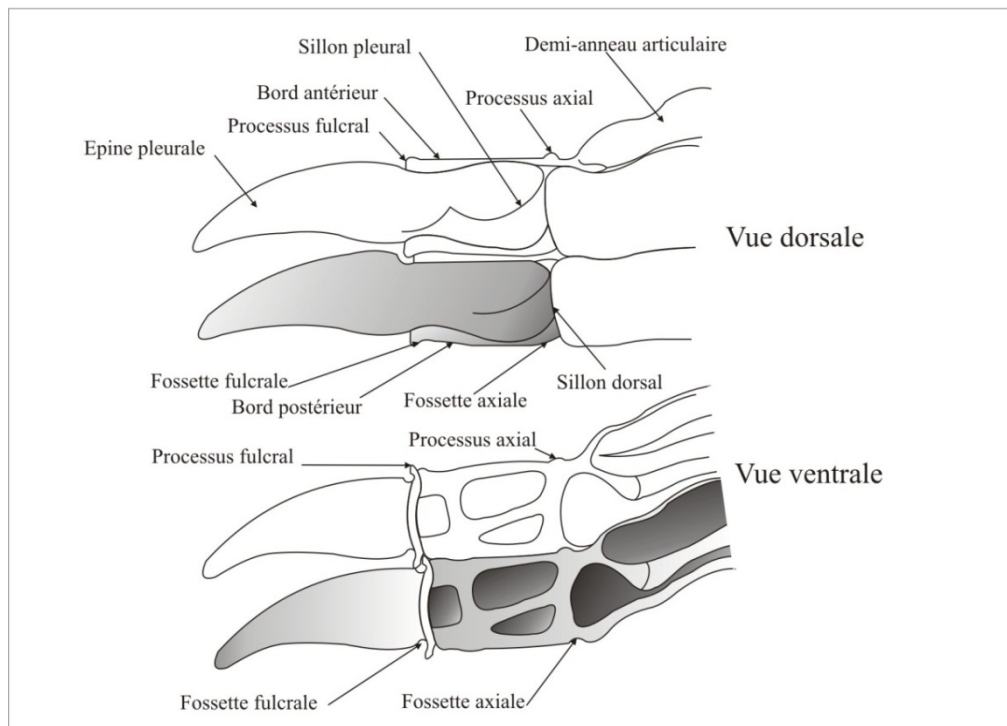


Fig.15: Les différents types des segments thoraciques

Fig.16: Segments thoraciques de *Ceraurinella typa* Cooper, Ord. Moy. Virginie.

uniformément arquées transversalement (Nileidae et quelques Styginidae) ou avec des extrémités distales inclinées vers le bas (Calymenidae et Harpetidae). Elles sont divisées transversalement en deux parties :

- une partie proximale qui se place entre le sillon dorsal et une géniculation ou *fulcrum* (**Fig. 16**). Cette dernière est affectée parfois par un renflement (condyle) qui s'emboîte dans une fossette articulaire de la plèvre précédente ;
- une partie distale qui peut être munie à son extrémité d'une pointe pleurale et parfois de deux pointes pleurales comme chez les Odontopleuridae.

Chaque plèvre est marquée par un sillon pleural qui la divise en bande intérieure et bande extérieure.

II.C. Le pygidium

Comme le thorax, le pygidium est constitué par un nombre variable de segments qui peut atteindre la trentaine chez certains Dionididae. Ces segments sont soudés sous la forme de bouclier rigide (**Fig. 17**).

Selon le rapport relatif de la taille du pygidium par rapport à celle du céphalon, on note plusieurs types de pygidium : le type micropyge, de taille très petite et généralement connu chez les formes archaïques cambriennes ; le type isopyge où le pygidium a une taille équivalente à celle du céphalon et le type macropyge où le bouclier pygidial est plus important que le bouclier céphalique.

Le pygidium peut avoir plusieurs formes (**Fig. 18**) : semi-elliptique (chez les Dionididae), semi-circulaires (chez les Proetidae), triangulaire (chez les Dalamanitidae), pentagonale (chez les Asaphidae) ou subquadrangulaire (chez *Ptycocephalus* Whittington, 1948).

1) Le rachis pygidial

Le rachis pygidial est formé généralement d'anneaux bien distincts et délimité latéralement par des sillons dorsaux qui le séparent des lobes pleuraux (**Fig. 17**).

2) Les lobes pleuraux

Les lobes pleuraux ou plèvres sont délimités par des sillons interpleuraux (sillons suturaux, cf. Barrande, 1852) qui sont moins apparents que les sillons pleuraux (sillons intercostaux, cf. Barrande, 1852). Le bord pygidial est entouré généralement par un limbe continu, lisse convexe ou concave.

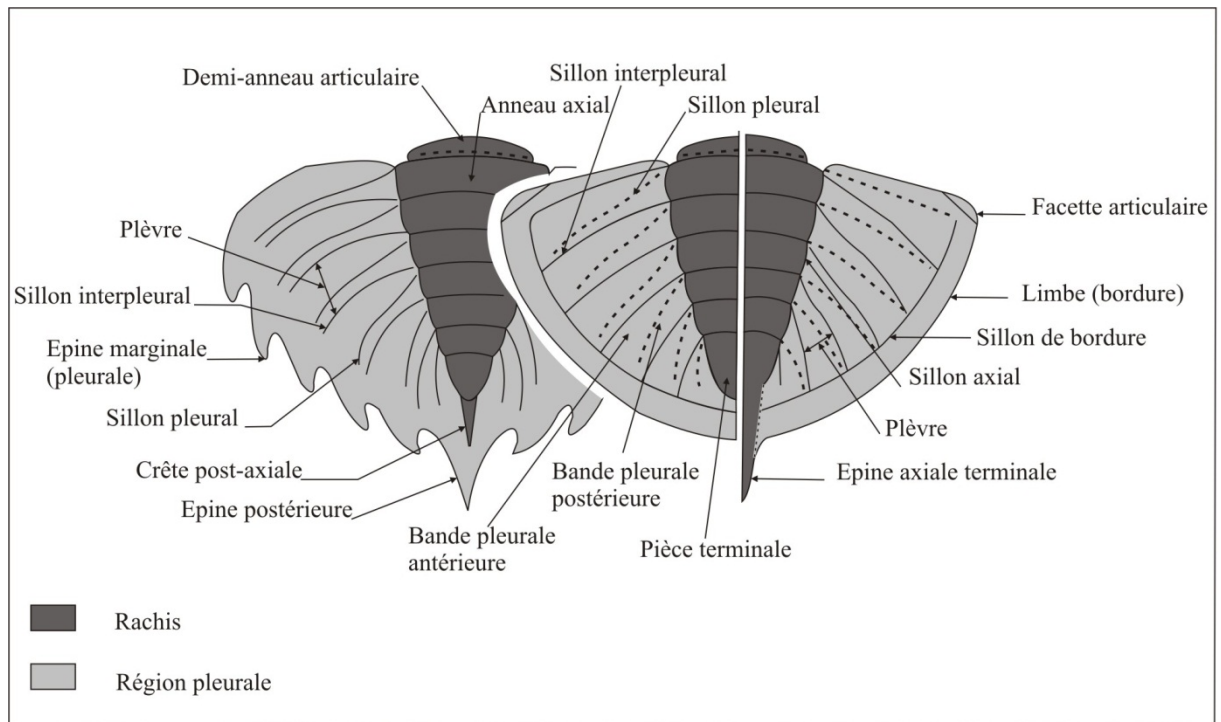


Fig.17: Nomenclature pygidial (d'après Harrington, in Moore, 1959)

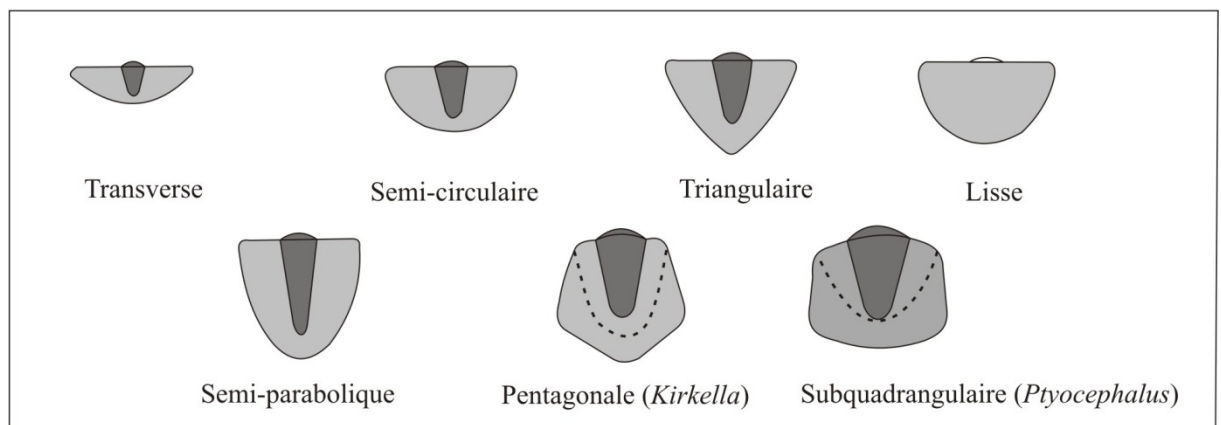


Fig.18: Formes diverses du pygidium

Les plèvres peuvent être totalement fusionnées grâce à la disparition des sillons interpleuraux ; dans ce cas le pygidium est dit à plèvres fusionnées.

Des ornements peuvent être présentes sur le pygidium telles que les épines marginales qui correspondent chacune à l'extrémité d'une plèvre, ou l'épine caudale (ou axiale terminale) qui se développe chez les trilobites à pygidium dit caudé.

II.D. Les appendices ventraux

La première description de ces appendices remonte à 1825 où Eichwald décrit les fragments des premiers appendices ventraux.

Les trilobites sont munis d'une paire d'antennes uniramées très segmentées et d'un nombre d'appendices biramés dont les trois premières paires appartiennent au céphalon. Parfois, les pygidiums sont marqués par des cerques antenniformes notamment chez l'espèce *Olenoides serratus* Rominger (1887).

Les antennes : fixées à la membrane ventrale à proximité du bord marginal de l'hypostome, elles sont caractérisées par une soie et considérées comme organes sensoriels.

- Les appendices biramés : à la fois ambulatoires et respiratoires, ils sont formés de deux rameaux ; un rameau interne ou endopodite et un rameau externe ou exopodite (**Fig. 19**), reliés à la membrane ventrale à l'aide d'une large coxa (**Fig. 19**). Le rôle ambulatoire du rameau interne est confirmé par de nombreuses traces fossiles telles que les ichnogènes *Crusiana* D'Orbigny [1835-1847] in Seilacher (2007) et *Rusophycus* Dawson (1864).

II.E. Les yeux composés

Considérés comme organes sensoriels avec les tubercules occipitaux et les maculae hypostomales, les yeux des trilobites sont composés. Généralement, chaque œil est constitué d'un nombre plus ou moins important d'unités visuelles ou ommatidies dont l'arrangement radial permet d'obtenir un champ visuel étendu. Seules les lentilles cornéennes sont conservées lors de la fossilisation.

Il existe deux types d'yeux chez les trilobites : le type holochroal et le type schizochroal.

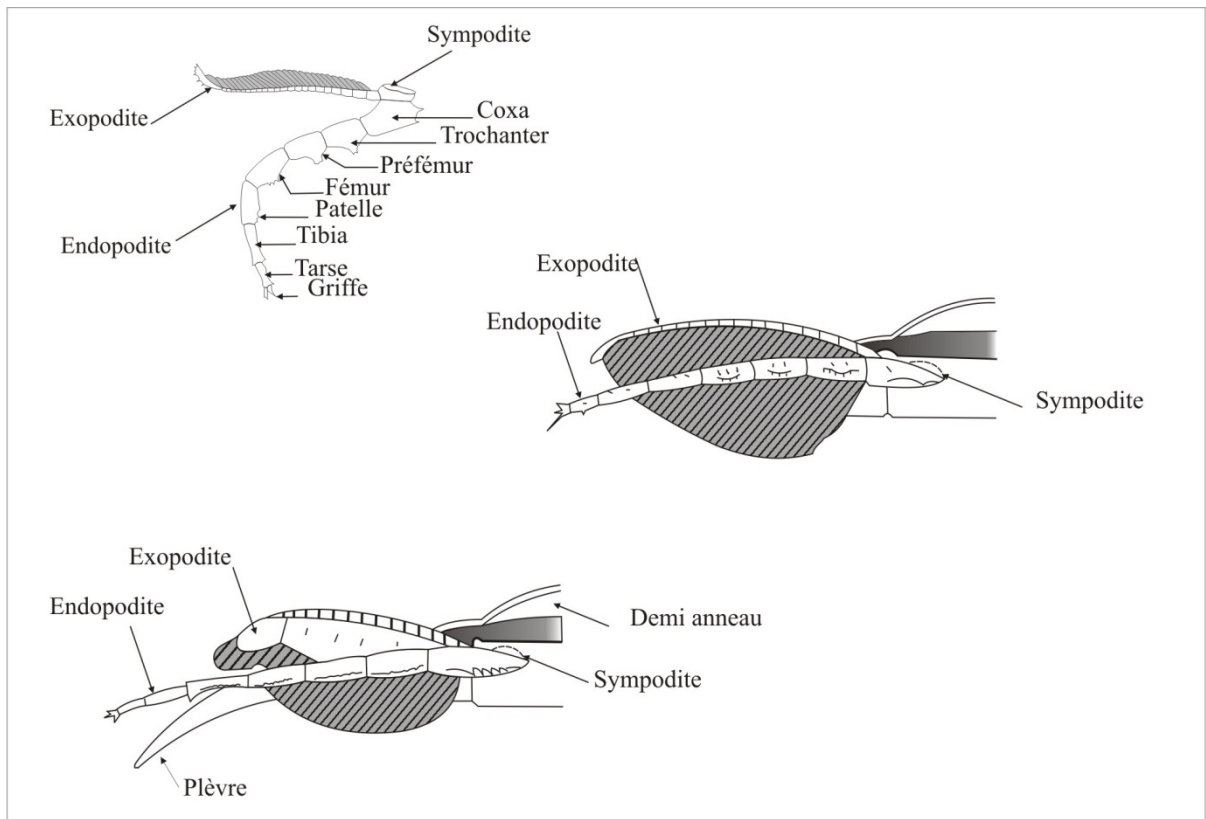


Fig. 19: Composition des appendices chez les trilobites.

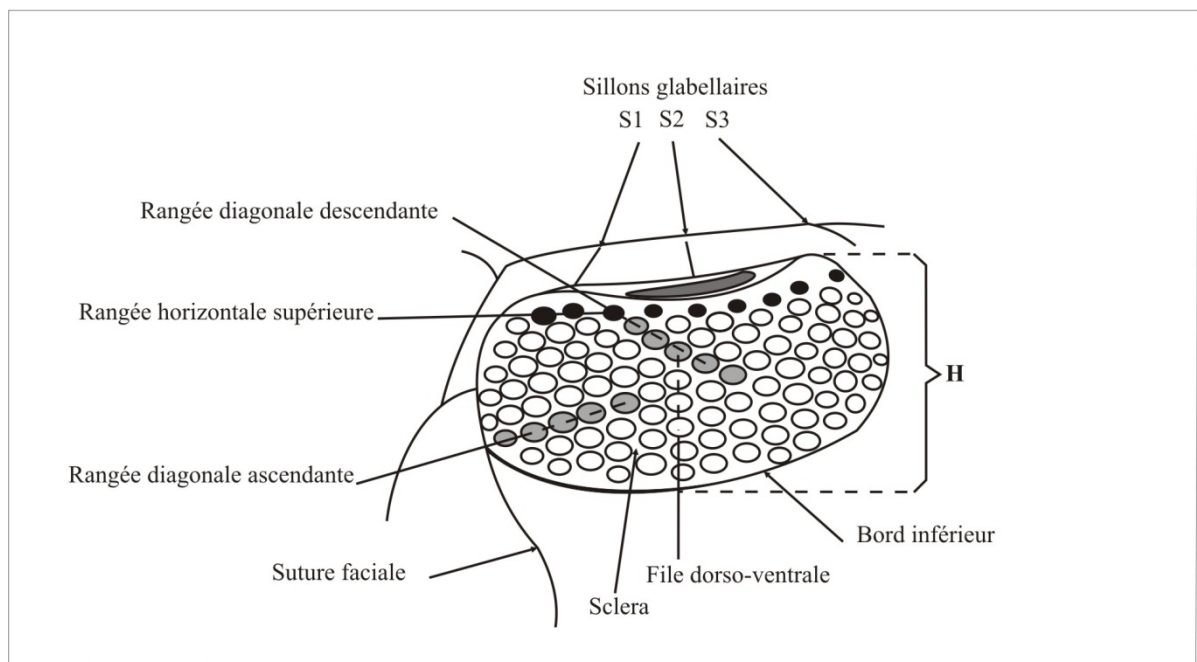


Fig.20: Morphologie externe d'un oeil schizochroal d'un Phacopidae (vue latérale, H : hauteur)

1) L'œil holochroal

L'œil holochroal est le type le plus ancien et le plus fréquent chez les trilobites. Il est formé de petites lentilles juxtaposées, circulaires ou polygonales avec un diamètre allant de 30 µm à 200 µm et recouvertes par une membrane cornée unique Clarkson (1966, 1975).

2) L'œil schizochroal

L'œil schizochroal est signalé dans le sous-ordre des Phacopina, notamment chez les Phacopidae où il représente un bon critère de détermination. Il consiste en des lentilles circulaires, biconvexes, plus larges et moins nombreuses (jusqu'à 400) par rapport aux yeux holochroaux Clarkson (1966, 1969). Le nombre des lentilles est variable d'une espèce à l'autre et même d'un œil à l'autre au sein du même individu (Clarkson, 1966) (**Fig. 20**).

3) La cécité

Plusieurs trilobites sont considérés comme aveugles à cause de l'absence de leurs yeux composés. Au Dévonien, la cécité est signalée chez les Proetidae et les Phacopidae (Clarkson, 1975). Elle est interprétée comme une adoption d'un mode de vie endobionte ou comme une adaptation à un environnement sombre (zone aphotique ; cf. Lebrun, 1995).

II.F. La sculpture ou ornementation

L'ornementation joue un rôle très important dans la détermination chez les trilobites. Il existe plusieurs types d'ornementation.

1) **L'effacement** : caractérisé par le développement d'une carapace lisse. Ce type d'ornementation serait une adaptation au mode de vie endobenthique notamment en posture « Bustmatoïde » (Bergström, 1973a ; Stitt, 1976 ; Westrops, 1983). Ce type d'ornementation est connu chez de nombreux Illaenidae, Styginidae ou Asaphidae.

2) **Les épines horizontales** : ce sont les épines pleurales, céphaliques et pygidiales. Elles ont une relation avec la réduction de l'enfoncement des trilobites dans un substratum mou par la répartition de la masse sur le sédiment (Hamman & Rabano, 1987) pour l'Odontopleuridae *Selenopeltis* Hawle & Corda (1847).

3) **Les épines verticales** : ces épines jouent un rôle important lors de la nutrition. Elles peuvent supporter le céphalon de telle sorte que l'hypostome et par extension la bouche, soit

horizontal et au plus près du substratum (Clarkson, 1969). Ces épines sont connues chez les Odontopleuridae *Acidaspis* Murchison (1839) et *Dudlayaspis* Prantl & Pribyl (1949).

4) Les perforations fines (pits) : ce sont de petits trous ou dépressions de tailles différentes, présentes chez une grande variété de trilobites (Whittington & Evitt, 1953). Parfois, ces petits trous sont très profonds, s'étendant à travers la cuticule, et peuvent être des empreintes de soies sensorielles (poils) présentes chez les trilobites vivants. Les pointes des épines et des tubercules montrent parfois de telles fosses. Certains suggèrent que les fosses auraient pu servir une fonction respiratoire permettant l'échange d'oxygène lors de l'enroulement du trilobite.

5) Les perforations (fossettes) : de nombreuses perforations affectent le limbe des Trinucleidae, des Harpitidae et plusieurs Dionididae. Selon Campbell (1975), les fossettes de *Cryptolitus* Green, (1832) suivent des arcs concentriques et des files radiales constituent avec les crêtes limbaires un système de réception (capteur), indicateur des variations de la direction et de la vitesse du courant. Jell (1978) considère le limbe perforé des Harpetidae et des Trinucleidae comme résultat d'une adaptation fonctionnelle selon laquelle l'exosquelette serait un organe respiratoire accessoire. Chatterton (1978) signale la présence de nombreuses perforations sur les sclérites aux stades juvéniles chez certains Cheiruridae comme *Sphaerocoryphe* Angelin (1854) mais ce type d'ornementation disparaît aux stades ultérieurs.

6) Les petits granules : Chatterton (1980) rapporte que ces petites protubérances joueraient en association avec les tubercules, un rôle important de protection des trilobites contre les prédateurs munis de ventouses (Céphalopodes, Asterozoa) en réduisant le mécanisme de succion mise en œuvre par le prédateur pour désenrouler le trilobite et atteindre sa face ventrale plus fragile.

7) Les pseudo-tubercules : les tubercules sont considérés par Best (1961) comme organes photorécepteurs probablement impliqués dans le camouflage chez *Encrinurus ornatus* Hall & Whitfield (1875) car leur intensité varie selon la nature du sédiment. Cette hypothèse est confortée par Shrank (1972) qui rapporte que les tubercules de *Encrinurus variolaris* Brongniart (1822) étaient associés à des organes sensibles aux variations du courant.

8) Les tubercules épineux : les jeunes méraspides (stade juvénile) de certains trilobites possèdent des tubercules épineux plus larges qu'aux stades ultérieures (Chatterton, 1971 ; Evitt & Tripp, 1977), ceci est interprété comme une réponse défensive et/ou hydrodynamique.

9) Les gros tubercules : la présence de ces gros tubercules sur la doublure et les contours externes de l'exosquelette rentre dans le mécanisme d'enroulement des trilobites (Clarkson & Henry, 1973).

10) Le tubercule glabellaire médian : chez *Nileus* Dalman (1827), il est considéré comme l'empreinte d'un organe photosensible (Fortey & Clarkson, 1976). Chez les Trinucleidae, il pourrait être un complexe glando-sensoriel comme chez certains crustacés actuels (Barriantos & Laverack, 1986).

11) Les Terraces lignes (Terraces cuticulaires) : c'est une ornementation sous forme de lignes dont l'arrangement ressemble à des lignes de terrasse sur une carte topographique. Ces terrasses cuticulaires se trouvent généralement sur les trilobites à ornementation effacée comme les Illaenidae (Ordre Corynexochida) ou les Asaphidae (Ordre Asaphida). Chez les Illaenidae en particulier, il est suggéré que les crêtes contribuent à une résistance unidirectionnelle contre les limons et les sables lorsque le trilobite est fouisseur. En effet, les terrasses cuticulaires sont souvent particulièrement bien développées sur l'exosquelette ventral (sur la doublure et même l'hypostome) et le long des bords inférieurs dorsaux. Les « terrasses lines » sont considérées comme un très bon critère de détermination.

II.G. L'enroulement

La faculté de s'enrouler ou volvation est fréquente chez la plupart des trilobites et comparable avec celle de certains crustacés (Isopodes), quelques insectes Blatoïdes et des Myriapodes actuels. Elle est absente chez les Olenelloidae et les Redlichoidae, et occasionnelle chez les formes micropyges du Cambrien.

Certains auteurs (Richter, 1920 ; Whittington, 1965 ; Bergström, 1973a ; Campbell, 1977a ; Tasch, 1980) considèrent que l'enroulement chez les trilobites est un comportement d'anti-prédation car il permet de protéger la partie ventrale molle alors que d'autres, comme Speyer (1988), interprètent ce comportement comme une réponse aux changements brusques des conditions environnementales (telles que la température, la salinité, l'oxygénation ou la turbidité). Pour les formes endobenthiques tel que *Stenopilus pronus* Raymond (1924), l'enroulement correspondrait à un réflexe de protection lors de l'érosion du terrier (Stitt, 1976). Pour Levi-Setti (1993), la faculté de l'enroulement semble leur être fatale car un trilobite enroulé devait être plus facile à être ingérer lorsqu'il était enroulé.

1) Mécanisme de la flexion

Chez l'organisme étendu, chaque anneau dorsal recouvre le demi-anneau du tergite précédent. Lors de la flexion, le déplacement longitudinal de l'anneau axial fait apparaître le demi-anneau articulaire par glissement des anneaux axiaux permettant aux extrémités distales des plèvres de s'emboîter si la géniculation existe (**Fig. 16**). Ce déplacement est maximum au niveau de l'axe de symétrie bilatérale et, très faible voire nul au niveau des sillons axiaux et de la partie proximale des plèvres.

2) Différents type d'enroulement

Trois types d'enroulements furent définis par Barrande (1852), l'enroulement sphéroïde, l'enroulement double et l'enroulement discoïde. Bergtrom (1973a), en prenant compte les caractères fonctionnels, a pu définir les types d'enroulements suivants :

- l'enroulement incomplet : signalé chez les trilobites cambriens qui ne peuvent pas s'enrouler complètement tel que l'Olenelide *kjerulfia* Kiaer, 1917 ;
- l'enroulement cylindrique connu aussi chez certaines formes cambriennes ;
- l'enroulement sphéroïde (**Fig. 21**) : dans ce cas, le pygidium reste en contact permanent avec la doublure céphalique et les parties distales des plèvres forment une sorte de cloisons latérales et continues. Dans ce mode, on peut avoir un enroulement sphéroïde propre comme par exemple chez *Asaphus lepidurus* Nieszkowski (1859) où tous les segments thoraciques concourent de façon comparable à l'enroulement, et un enroulement spiral inversé où le bord marginal du pygidium recouvre les régions céphaliques (ex : *Placoparia (Placoparia) cambriensis* Hicks (1875) ;
- L'enroulement spiral déroulé où la face dorsale du pygidium est plaquée contre la face ventrale du céphalon comme chez les Calymenidae où le pygidium reste visible (**Fig. 21**).

II.H. La mue (ou exuviation)

Le changement de la carapace (ou exuviation) est connu chez la plupart des trilobites pour permettre d'augmenter la taille et changer de forme. Ce phénomène devait se produire plusieurs fois avant que l'organisme atteigne la taille adulte. De ce fait, on peut considérer que la majorité des restes fossiles des trilobites sont des restes d'exuvies.

Les sutures céphaliques sont importantes lors de la mue chez beaucoup de trilobites au travers desquelles, l'exuvie se déchire permettant la dislocation de différentes pièces

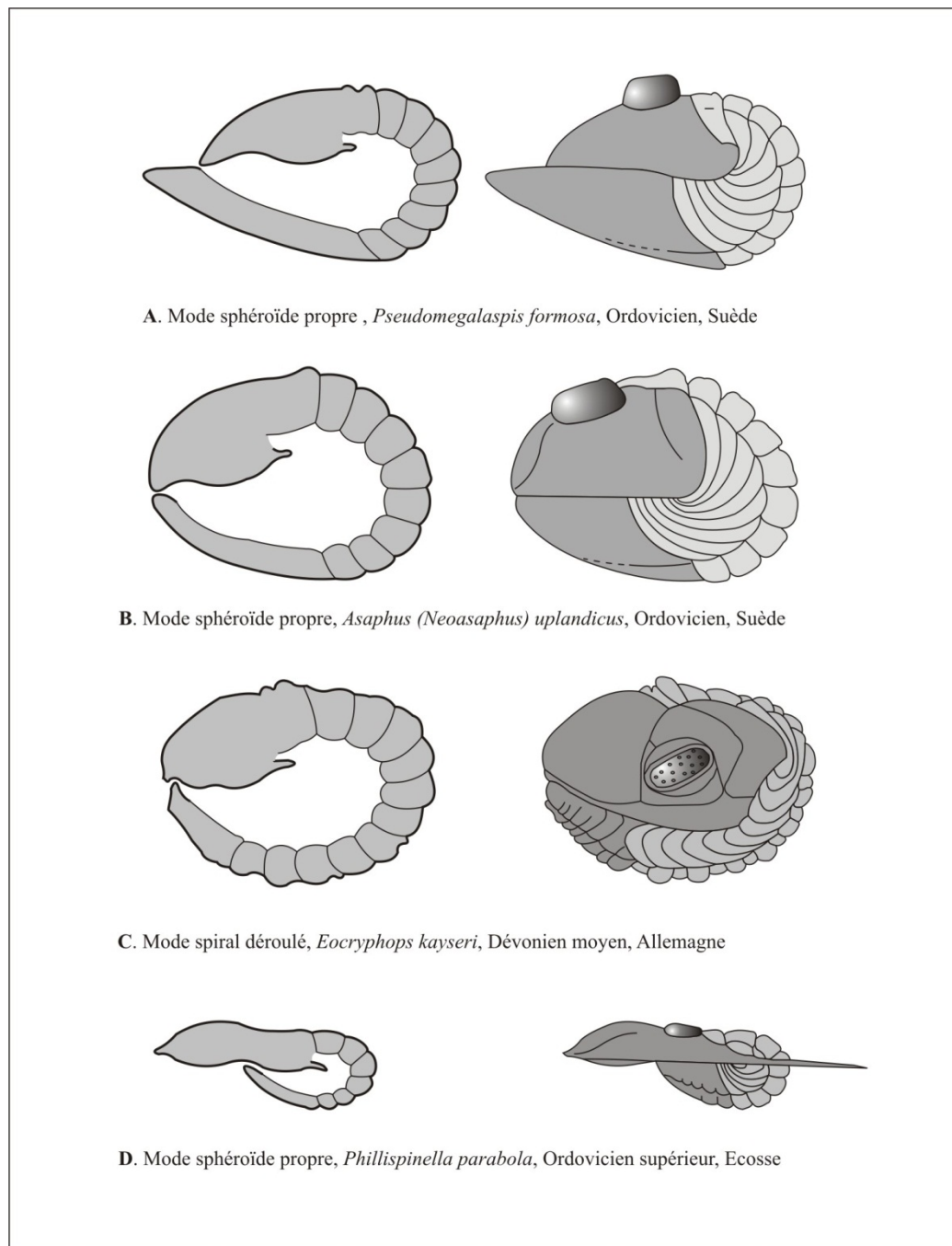


Fig.21: Divers modes d'enroulement chez les trilobites.

céphaliques (cranidium, joues libres, plaque rostrale et hypostome). La jonction céphalo-thoracique peut jouer le même rôle lors de l'exuviation chez les Phacopidae. Différents modes de mue ont été décrits suivant la fonctionnalité des sutures céphaliques.

1) Le mode olenide (Henningsmoen, 1957)

Ce mode concerne les trilobites possédant des sutures céphaliques fonctionnelles. Muni déjà de sa nouvelle cuticule, l'individu se libère de l'ancienne carapace par l'écartement des quatre éléments céphaliques avec une rotation de 180° vers le bas et vers l'arrière des joues et de l'hypostome. Ces derniers se retrouvent inversés par rapport au reste de l'exosquelette à la fin de la mue.

2) Le mode phacopide (Speyer, 1988)

Appelé aussi mode « salterien » (Richter, 1937), ce type de mue concerne les Phacopina (*Phacops* Emmerich 1839, *Nephranops* Richter & Richter 1926, *Phacopidella* Reed 1905b) dont la suture faciale est ankylosée. Ils adoptent une stratégie ecdysiale qui consiste à la dissociation de la carapace en trois éléments : céphalon, hypostome et thoraco-pygidium au niveau de la jonction céphalo-thoracique. Cette exuviation se fait soit par inversion du corps, soit par élévation du corps (**Fig. 22**).

3) Le mode « Ductina »

Dans le mode « Ductina », la suture faciale marginale est fonctionnelle. Elle se détache vers l'avant lors de la mue (**Fig. 22**). Ce mode a été signalé dans les jeunes stades ontogéniques de *Trimerocephalus* McCoy, 1849, (Maksimova, 1955 ; Osmólska, 1963 ; Richter & Richter, 1926 ; in Crônier 1998).

II.H. L'écologie des trilobites

La plupart des trilobites sont considérés comme des organismes benthiques vivant sur ou près du fond marin. Toutefois, il existe des formes pélagiques qui vivent dans la tranche d'eau.

A travers leur mode de mobilité (épibenthiques vagiles), les trilobites devaient être majoritairement des organismes détritivores (mangeurs de détritus). Le mouvement de leurs appendices (endopodites), de l'arrière vers l'avant, devait mettre les particules alimentaires en suspension et créer au même temps un léger courant qui les aspire vers la bouche.

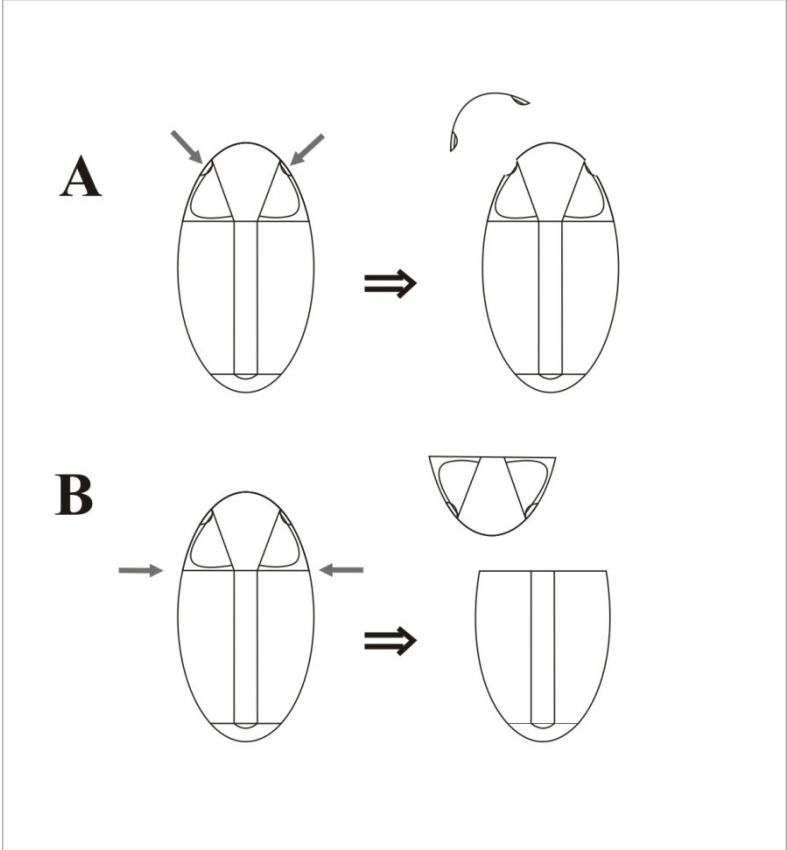


Fig.22: Types d'exuviation rencontrés chez les Phacopinae.
A) Mode d'exuviation "Ductina". B) Mode d'exuviation "saltérien"

1) Les principaux morphotypes

Selon les niches écologiques et la mobilité, les trilobites peuvent être classés dans l'un des huit principaux morphotypes indépendamment de leur position systématique (Fortey & Owen, 1990b).

- Les formes pélagiques : plusieurs formes ordoviciennes sont considérées comme pélagiques (Fortey, 1974a, 1985). Ils sont munis d'yeux composés hypertrophiés, fusionnés parfois frontalement. Ces yeux leur favorisaient une vision vers toutes les directions. Par ailleurs, la forme du céphalon est très bombée avec des épines très développées. Cette morphologie implique un déplacement lent. Par contre, d'autres formes pélagiques, tel que le trilobite cyclopyge *Novakella* Whittard 1961a, ont un squelette aplati, lisse, à contour elliptique favorisant la nage rapide ;

- Les phacomorphes (Fortey & Shergold, 1983) : sont des trilobites à forme convexe, isopyge, ornementés de tubercules, ayant des yeux proéminents, développés et une glabelle bien développée vers l'avant. Ces trilobites sont caractéristiques d'une mer épicontinentale ouverte ;

- Les formes illaenimorphes (Westrops, 1983) : sont des formes lisses dont les yeux sont positionnés dans la partie postérieure du céphalon. Ces trilobites sont fréquents dans les formations récifales et peuvent être fouisseurs ;

- Les formes athélomorphes (Fortey & Owen, 1987) : sont caractérisées par des yeux réduits. Ils sont fréquents dans les eaux profondes et dans les sédiments caractérisant les transgressions majeures ;

- Les formes à épines céphaliques marginales : ont un grand nombre d'épines (par exemple les *Odontopleuridae*) qui les aident lors de l'orientation du céphalon pendant la nutrition, et permettant d'éviter leur enfoncement dans les substrats meubles (Hamman et *al.*, 1986 ; Hamman & Rabano, 1987) ;

- Les formes miniatures : sont des trilobites ne dépassant pas quelques millimètres au stade adulte ;

- Les formes à limbe perforé : sont des trilobites benthiques détritivores, parfois fouisseurs, munis d'un limbe avec des poils sensoriels pour détecter les moindres changements de direction du courant et les variations de vitesse ;

- Les formes olenimorphes : ont un exosquelette mince avec des plèvres étroites et longues. Ces trilobites sont adaptés aux milieux anoxiques à cause du développement d'une

couverture au niveau des joues « Caeca » (cf. Lebrun, 1995) De ce fait, ils sont fréquents dans les marnes noires.

B. Systématique

La terminologie morphologique des Phacopidae (**Fig. 23**) est issue principalement des travaux de Chlupác (1977) et Crônier et al. (2011). Certaines abréviations ont été utilisées : « exsag. » pour exsagittal ; « sag. » pour sagittal et « tr. » pour transversale.

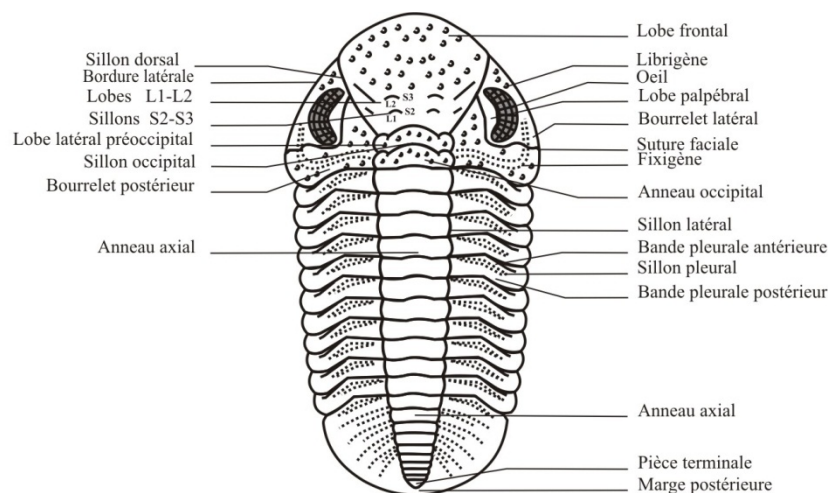


Fig.23 : Illustration et terminologie de l'exosquelette d'un Phacopinae illustré par l'espèce *Phacops fecundus* Emmerich, 1839.

Ordre : Phacopida Salter, 1864

Famille : Phacopidae Hawle & Corda, 1847

Sous-famille : Phacopinae Hawle & Corda, 1847

Genre : *Barrandeops* McKellar & Chatterton, 2009

Espèce type : *Barrandeops forteyi* McKellar & Chatterton, 2009.

Diagnose (d'après McKellar & Chatterton, 2009) : glabelle bulbeuse, légèrement surplombante antérieurement ; anneaux latéraux préoccipitaux L1 larges et globuleux, souvent surbaissés ; lobes glabellaires L2 et L3 séparés par de légers sillons glabellaires S2 et S3 souvent cachés par l'ornementation ; S1 continu mais moins profond médianement ; yeux avec un lobe palpébral plus surbaissé que l'aire palpébrale ; surface visuelle avec 18 à 19 files

dorso-ventrales de lentilles et typiquement 4 à 6 lentilles par file au maximum ; scléra inter-lentilles modérément épaisse ventralement et plus épaisse dorsalement (avec parfois des changements spécifiques) ; longueur (exsag.) de l'aire post-oculaire presque égale à la longueur du bord postérieur conduisant à une inflation ou « pad » post-oculaire relativement prononcé et étendu (souvent avec tubercules) et adjacent à un « pad » sub-oculaire. Thorax devenant plus effilé postérieurement. Pygidium avec 7 à 8 anneaux axiaux distincts et 4 à 5 côtes pleurales. Sculpture céphalique sous forme de tubercules coniques grossiers modérément à très denses sur la glabelle, plus réduits sur les autres parties du céphalon ; « terrace lines » courtes et discontinues sur la doublure céphalique. Tubercules coniques grossiers sur la majeure partie des surfaces dorsale et latérale des segments thoraciques. Pygidium avec une ornementation tuberculée.

Remarques : *Barrandeops* constitue un groupe de Phacopidae marocains tuberculés, au même titre que les *Phacops* s.s. ou les *Paciphacops*. *Barrandeops* se distingue par la possession d'un lobe palpébral plus bas que le champ palpébral, par l'absence de « pits » entre les tubercules du lobe palpébral et du champ palpébral et par la présence d'yeux comprenant 19 files dorso-ventrales (nombre plus réduit chez *B. fortleyi* McKellar & Chatterton, 2009).

Espèces : *Barrandeops granulops* (Chatterton *et al.*, 2006) ; *B. lebesus* (Chatterton *et al.*, 2006) ; *B. ovatus* McKellar & Chatterton, 2009 ; *B. fortleyi* McKellar & Chatterton, 2009.

Occurrence : Emsien supérieur- Eifelien ; Maroc.

Barrandeops granulops (Chatterton *et al.*, 2006)

Planche I, figures 1-3

2006 *Phacops granulops* new species : Chatterton , Fortey, Brett, Gibb et McKellar. p. 12-14, pl. 1.1-1.10, 2.1-2.12, text-fig. 3.4.

2009 *Barrandeops granulops* (Chatterton *et al.*, 2006) : McKellar & Chatterton, p. 44-45.

Provenance du matériel type : Emsien supérieur de la Formation Timrharrhart, partie basale de la section de Jbel Gara el Zguilma, près de Foum Zguid, sud du Maroc.

Matériel étudié : huit exosquelettes enroulés dont deux provenant de l'Emsien supérieur (base de la formation de Cheffar el Ahmar) de la coupe du Km 30 (Km30-Ph111, Ph112 ?) et six autres provenant de la coupe de l'Erg el Djemel (Ed3n1-Ph11, Ed4-Ph55 ; probablement Ed4-Ph57, Ph58, Ph60, Ph73 mais usés). Quatre petits spécimens enroulés et bien conservés peuvent être attribués à *Barrandeops granulops*. Ils proviennent du dernier niveau de l'Emsien supérieur de la coupe de Erg el Djemel (Ed4-Ph52, Ph54, Ph72, Ph104). Chaîne de l'Ougarta, Saoura, Algérie.

Diagnose (d'après McKellar & Chatterton, 2009) : yeux longs et bas comprenant 19 files dorso-ventrales de lentilles et généralement 4 à 5 lentilles par file (rarement 6) au maximum ; profil (sag.) glabellaire court, penché vers l'avant et vers les yeux latéralement ; « pad » post-oculaire présent avec des tubercules concentrés distalement ; une rangée de petits tubercules présente sur la partie basale de la surface visuelle. Ornementation constituée de larges tubercules coniques (hémisphériques si usés) atteignant 0,8 mm de diamètre.

Description :

Céphalon.- Le céphalon est souvent large ; rapport long./larg. = 58% environ. La glabelle qui est large à la base (51% environ de la largeur maximale de la glabelle), de forme pentagonale, à contour parabolique, fait environ 65% (au niveau de sa plus grande largeur) de la largeur (tr.) du céphalon, , surplombe faiblement le bourrelet frontal ; rapport long./larg. = 75. L'anneau occipital est peu large (32-34%) par rapport à la largeur (tr.) du céphalon. Les lobes latéraux occipitaux sont définis par des sillons (adax.) traversant la moitié de l'anneau occipital. L'anneau intercalaire L1 est moyen à large avec un « pad » surélevé et ornementé. Les lobes latéraux préoccipitaux sont différenciés, plutôt larges avec un bord adaxial bien distinct, convexes et ornementés. Le sillon S1 est continu et courbe médianement, oblique latéralement. Les sillons glabellaire S2 et S3 sont distincts. Les sillons dorsaux sont profonds. La divergence glabellaire est plutôt forte (environ 70°). La longueur (exsag.) de l'aire post-oculaire fait moins de la moitié de la longueur du bord postérieur. Le sillon latéral (derrière la branche postérieur de la suture faciale) est relativement étroit, profond avec un « pad » sub-oculaire à l'extrémité plutôt anguleuse. En vue frontale, l'aire palpébrale est plus haute que le lobe palpébral. Le sillon palpébral est légèrement distinct. L'angle génel est arrondi sans nodule distinct. La surface visuelle est réniforme, avec une « sclera » inter-

lentilles plus épaisse dorsalement que ventralement, comprenant 19 files dorso-ventrales de lentilles et généralement 4 à 5 lentilles par file au maximum (rarement 6) ; la base de cette surface visuelle peut avoir de forts granules. Une légère inflation (« pad ») post-oculaire sous l'œil est présente. La marginulation est complète atteignant l'angle géral. Le bourrelet frontal est court, dirigé vers l'avant. Le sillon de fermeture est courbe, large (sag.) et peu profond. La bande postérieure de la doublure céphalique est large et courbe.

Thorax.- Le thorax est fortement effilé (le dernier segment représentant moins de 80% de la largeur totale du premier). Il est composé de 11 segments thoraciques. Les lobes latéraux axiaux sont bien définis par des sillons (adax.) traversant la moitié des anneaux thoraciques. Les sillons pleuraux sont profonds, à bords escarpés et moyennement larges.

Pygidium.- Le pygidium est long ; rapport long./larg. = 52% environ. Le rachis pygidial est relativement large transversalement (30-35% de la largeur (tr.) totale) et long sagittalement (plus de 84% de la longueur totale du pygidium). Les anneaux axiaux sont relativement nombreux (8 + pièce terminale) tandis que les côtes pleurales sont relativement peu nombreuses (5). Des anneaux inter-annulaires sont distincts antérieurement. Les sillons pleuraux sont profonds. Les sillons inter-pleuraux sont indistincts à légers. La fermeture de l'axe pygidial est presque complète laissant une crête post-axiale peu sévère.

Ornementation.- La glabelle présente une forte densité de tubercules distincts à grossiers ; les granules sont absents entre ces tubercules. Le lobe palpébral possède également des tubercules distincts. La doublure céphalique, les anneaux axiaux des segments thoraciques et le pygidium présentent de tubercules plus petits et moins denses.

Discussion : les individus montrent les caractères principaux de *Barrandeops granulops* (granulation dense, nombre de files dorso-ventrales à l'œil, « pad » sub-oculaire). Cependant, un individu rapporté à *Barrandeops granulops* diffère : le spécimen « Km30-Ph112 » de grande taille possède des tubercules plus espacés sur la glabelle et un anneau intercalaire avec moins de tubercules.

Le spécimen « Km30-Ph107 » initialement rapporté à *Barrandeops granulops* de taille moyenne diffère également de *Barrandeops granulops s.s.* de manière plus significative. Possédant des lobes latéraux préoccipitaux peu globuleux, 18 files dorso-ventrales avec 4 lentilles maximum par file, des tubercules plus grossiers sur la glabelle, le lobe palpébral et le champ palpébral, il a été attribué dans un second temps à *Barrandeops sp.* A avant la

découverte de nouveau matériel permettant une attribution spécifique définitive *Barrandeops new species*.

Barrandeops granulops diffère de *Phacops (Phacops) saberensis torkozensis* Schraut, 2000 rencontré dans l'Emsien supérieur du Maroc principalement par l'absence d'un « pad » sub-oculaire individualisé, 17 à 18 files dorso-ventrales de lentilles avec 5 lentilles par file au maximum et la présence d'un espace post-oculaire plus large chez *Phacops (Phacops) saberensis torkozensis*, enflé et en continuité avec l'espace sub-latéral.

Barrandeops granulops diffère également de *Barrandeops lebesus* (Chatterton et al., 2006) rencontré dans l'Eifélien du Maroc par une tuberculation grossière mais moins dense sur la glabelle et un « pad » sub-oculaire moins prononcé et moins tuberculé chez *Barrandeops lebesus*.

Barrandeops granulops a des caractères communs avec *Phacops turco praecedens* Haas, 1968 : ils ont le même nombre de lentilles par file dorso-ventrale mais, chez *Barrandeops granulops*, le nombre de files est plus élevé. La surface visuelle de *Barrandeops granulops* a une extrémité antérieure ventrale plus ronde et plus enflée et une marge ventrale tuberculée. L'œil de *Barrandeops granulops* occupe une position plus ventrale avec une « scléra » proéminente.

Occurrence : Emsien supérieur ; Maroc (Foum Zguid), Algérie (Erg el Djemel, Km 30).

Barrandeops sp. B aff. Barrandeops lebesus (Chatterton et al., 2006)

Planche II, figures 1-3

Matériel étudié : sept exosquelettes enroulés provenant de l'Emsien supérieur (base de la formation de Cheffar el Ahmar) de la coupe de l'Erg el Djemel (Ed3n1-Ph12, Ph31, Ph32 ; Ed3n2-Ph45, Ph50, Ph51 ; Ed4-Ph56) ; Chaîne de l'Ougarta, Saoura, Algérie.

Diagnose : Glabelle faiblement divergente (moins de 60°) ; anneau occipital large faisant 36 à 39% de la largeur (tr.) du céphalon; anneau intercalaire L1 moyen à large avec un « pad » peu surélevé parfois ornementé; sillon latéral large, distinct avec un « pad » post-oculaire à l'extrémité arrondie ; yeux comprenant 19 (à 20) files dorso-ventrales de lentilles avec six lentilles par file au maximum; « pad » sub-oculaire absente. Glabelle avec des

tubercules très grossiers, de densité moyenne; surface visuelle avec une base possédant souvent une rangée de tubercules ; tubercules distincts sur le lobe palpébral et l'aire palpébrale; doublure céphalique marquée par une granulation homogène.

Description :

Céphalon.- Le céphalon est souvent étroit ; rapport long./larg. = 60 à 65%. La glabelle de forme pentagonale, à contour parabolique, avec une base légèrement large (environ 50% de la largeur maximale de la glabelle), fait environ 56 à 60% (au niveau de sa plus grande largeur) de la largeur (tr.) du céphalon et surplombe plus ou moins le bourrelet frontal ; rapport long./larg. = 77%. L'anneau occipital est large faisant 36 à 39% de la largeur (tr.) du céphalon. L'anneau intercalaire L1 est moyen à large avec un « pad » peu surélevé parfois ornementé. Les lobes latéraux préoccipitaux sont larges avec un bord adaxial distinct, convexes et non ornementés. Le sillon S1 est continu et courbe médianement, oblique latéralement. Les sillons glabellaires S2 et S3 sont faiblement représentés. Les sillons dorsaux sont profonds. La divergence glabellaire est faible (moins de 60°). La longueur (exsag.) de l'aire post-oculaire fait moins de la moitié de la longueur du bord postérieur. Le sillon latéral (derrière la branche postérieure de la suture faciale) est large, distinct avec un « pad » sub-oculaire à l'extrémité arrondie, parfois anguleuse. En vue frontale, l'aire palpébrale est de même niveau que le lobe palpébral. Le sillon palpébral est distinct. L'angle génal est arrondi sans nodule distinct. La surface visuelle est réniforme avec une « sclera » inter-lentilles fine, comprenant 19 files dorso-ventrales de lentilles (parfois 20) avec 6 lentilles (rarement 5) par file au maximum ; la base de la surface visuelle possède souvent une rangée de tubercules. Le « pad » post-oculaire sous l'œil est absente. La marginulation est complète atteignant l'angle génal. Le bourrelet frontal est court, dirigé vers l'avant. Le sillon de fermeture est courbe et profond. La bande postérieure de la doublure céphalique est large et courbe.

Thorax.- Fortement effilé (le dernier segment représentant moins de 80% de la largeur totale du premier), le thorax est composé de 11 segments thoraciques. Les lobes latéraux axiaux sont légèrement à distinctement enflés. Les sillons pleuraux sont profonds, à bords escarpés et moyennement larges.

Pygidium.- Mesurable sur deux individus seulement. Le pygidium est long ; rapport long./larg. = plus de 50%. Le rachis pygidial est peu large transversalement (29 à 30% de la largeur (tr.) totale) et relativement long sagittalement par rapport à la longueur totale du

pygidium. Il est composé de 7 anneaux axiaux plus la pièce terminale et de 5 côtes pleurales. Des anneaux interannulaires sont distincts antérieurement. Les sillons interpleuraux sont modérément marqués. La fermeture de l'axe pygidial est presque complète laissant une crête post-axiale peu sévère.

Ornementation.- La glabelle présente des tubercules très grossiers, de densité moyenne ; les granules sont absents entre ces tubercules. Le lobe palpébral et l'aire palpébrale possèdent également des tubercules distincts. La doublure céphalique est marquée par une granulation homogène. Les lobes axiaux des segments thoraciques présentent des granules. Le pygidium est caractérisé par de légers tubercules.

Discussion : McKellar et Chatterton (2009) indiquent une différence stratigraphique entre *Barrandeops granulops* d'âge Emsien supérieur et *B. lebesus* d'âge Eifélien inférieur. Les individus algériens que nous rapportons pour l'instant sans certitude à *Barrandeops lebesus*, sont rencontrés avec *B. granulops* et sont datés au même titre de l'Emsien terminal. Comparés à *Barrandeops lebesus*, les spécimens algériens montrent des tubercules de la glabelle plus gros et moins denses et des sillons glabellaires (S2 et S3) plus marqués, une divergence des sillons dorsaux moins importante (moins de 60°), des anneaux axiaux et des côtes pleurales du pygidium moins nombreux (7+ pièce terminale) et 5 côtes pleurales.

Barrandeops lebesus et *Phacops turco praecedens* (Hass, 1968) de l'Eifélien diffèrent par la divergence glabellaire (plus étroite chez *B. lebesus*), le manque de fortes inflations sub-oculaire et post-oculaire avec sculptures (sans pad) et les tubercules plus gros et moins denses sur la glabelle chez *B. lebesus*.

Barrandeops lebesus diffère aussi de *Eldredgeops rana africanus* (Burton et Eldredge, 1974) de l'Eifélien supérieur / Givétien et de *Geesops sparsinodosus sparsinodosus* (Struve, 1970) du Dévonien moyen. Ces derniers présentent une glabelle plus large, une sculpture pustuleuse et une « scléra » inter-lentilles plus épaisse.

Occurrence : Emsien supérieur d'Algérie (Erg el Djemel).

Barrandeops sp. C aff. *Barrandeops fortayi* McKellar et Chatterton, 2009

Planche III, figures 1, 2

Matériel étudié : quatre exosquelettes enroulés provenant de l'Emsien supérieur (base de la formation de Cheffar l'Ahmar) de la coupe de l'Erg el Djemel (Ed3n1-Ph02, Ph03, Ph06 ; Ed3n2-Ph38) ; Chaîne de l'Ougarta, Saoura, Algérie.

Diagnose : Scléra inter-lentilles extrêmement prononcée, surface visuelle avec une base parfois à forts tubercules ; œil portant 15 files dorso-ventrales et 3 lentilles par file au maximum ; sillon palpébral léger à distinct ; glabelle à forte densité de tubercules distincts à grossiers ; anneau intercalaire L1 moyen avec un « pad » légèrement surélevé avec de gros granules grossiers ; doublure céphalique possédant souvent des granules de même dimension, parfois courts, brisant les terrasses lines. Axe pygidial relativement long et large, à fermeture terminale assez complète, composé de 5 à 6 anneaux plus la pièce terminale ; champ pleural pygidial comprenant 4 à 5 côtes pleurales ; anneaux inter-annulaires parfois distinguables.

Description :

Céphalon.- Le céphalon est large ; rapport long. /larg. = 54 à 59%. La glabelle est très large à la base (plus de 60%), de forme pentagonale, pointue antérieurement, faisant 50 à 60% de la largeur (tr.) du céphalon et surplombant le bourrelet frontal. L'anneau occipital est moyennement large (34 à 36%) par rapport la largeur (tr.) du céphalon. L'anneau intercalaire L1 est moyen avec un « pad » légèrement surélevé avec de gros granules grossiers. Les lobes latéraux L1 sont de taille moyenne, distincts, globuleux et non ornementés. Le sillon S1 est continu et courbé. La divergence glabellaire est forte (plus de 70°). Les sillons dorsaux sont profonds. Les sillons glabellaires S2 et S3 sont distincts. La longueur de l'aire post-oculaire fait moins de la moitié de la longueur du bord postérieur. Le sillon latéral est large, distinct avec un « pad » sub-oculaire à extrémité arrondie. L'aire palpébrale est au même niveau que le lobe palpébral. Le sillon palpébral est léger à distinct. L'angle géral est arrondi sans nodule distinct. La surface visuelle est réniforme avec une « scléra » inter-lentilles épaisse portant 15 files dorso-ventrales et 3 lentilles par file au maximum. La base de la surface visuelle peut présenter de forts tubercules. La marginulation est soulignée par une « rim » pouvant atteindre l'angle géral. Le bourrelet frontal est court, dirigé vers l'avant. La doublure céphalique possède souvent des granules de même dimension, parfois courts, brisant les terrasses lines. Le sillon de fermeture est courbe, profond et distinct ; la bande postérieur de la doublure céphalique est large et courbe.

Thorax.- Le thorax, fortement effilé, est constitué de 11 segments thoraciques. Les lobes latéraux axiaux sont pauvrement définis. Les sillons pleuraux sont profonds, avec des côtés escarpés à moyennement larges. Les sillons dorsaux sont étroits et légèrement profonds.

Pygidium.- Le pygidium est peu long ; rapport long./larg. = 40 à 50%. Le rachis pygidial est large (36 à 39% de la largeur (tr.) du pygidium) et long (plus de 84% de la longueur (exsag.) du pygidium). Le nombre d'anneaux axiaux du pygidium varie de 5 à 6 plus la pièce terminale; celui des plèvres varie de 4 à 5. Les anneaux inter-annulaires sont parfois distinguables. Les sillons inter-pleuraux sont légers à complètement absents. La fermeture du pygidium est presque complète.

Ornementation.- La glabelle possède une forte densité de tubercules distincts à grossiers. Le lobe palpébral est affecté également par des tubercules distincts. Les lobes axiaux des segments thoraciques sont ornés de granules. Le pygidium possède de légers tubercules.

Discussion : Les spécimens de *Barrandeops forteyi* McKellar et Chatterton, 2009, présentent quelques différences dans la taille et l'arrangement des lentilles oculaires d'une région à l'autre du Maroc. Les spécimens de petites tailles ont une lentille en moins par file et sont moins ornementés au niveau du thorax et du pygidium ; cela est interprété par McKellar et Chatterton (2009) soit comme conséquence de conditions écologiques soit due à l'intervalle du temps (spécimens provenant de niveaux légèrement hétérochrones).

Les spécimens algériens étudiés montrent aussi des différences au niveau de l'arrangement des lentilles avec moins de files dorso-ventrales (15), ce qui laisse des doutes quant à leur affiliation à *Barrandeops forteyi*. Pour le moment, nous nous sommes contentés de les affilier à cette espèce.

Fortey et Morris (1977) ont trouvé des spécimens proches de *Phacops (Phacops) turco praecedens* Haas, (1968 ; pl. 30, fig. 7) de l'Eifelien du Nord-ouest de la Turquie, ayant une ornementation identique (gros tubercules). La différence entre les deux espèces consiste dans la forme de l'œil, chez *Barrandeops forteyi*, l'œil est court et plus bas à contour plus arrondi permettant la projection de l'aire palpébrale sur le lobe palpébral ; cela donne une apparence au lobe palpébral d'être penché. *Phacops (Phacops) turco praecedens* possède un « pad » sub-oculaire plus proéminent et plus fin, des tubercules moins denses sur l'angle géral devenant plus légers antérieurement avant d'atteindre le sillon axial, des tubercules plus fins et épars sur toute la surface du céphalon. Les yeux des deux espèces ont le même nombre de

files dorso-ventrales. Les spécimens de *Barrandeops forteyi* qui font 1,5 fois la taille de *Phacops (Phacops) turco praecedens* comportent 2-3 lentilles par files.

Barrandeops forteyi diffère de *B. granulops* ; ce dernier a plus de lentilles par file dorso-ventrales et une file dorso-ventrale de plus.

Barrandeops forteyi a un « pad » sub-oculaire plus prononcé, des tubercules céphaliques plus grossiers, un anneau intercalaire plus élevé avec un S1 moins incisé, un sillon palpébral plus distinct et un lobe palpébral tourné vers le bas. L'axe pygidial présente une fermeture complète, des anneaux inter-annulaires non prononcés et des tubercules plus nombreux et plus grossiers sur les anneaux axiaux.

Barrandeops forteyi partage plusieurs caractères avec *B. ovatus* Chatterton *et al.*, 2006 : des lobes latéraux axiaux du thorax et de l'anneau occipital modérément définis, des anneaux inter-annulaires représentés par un espace étroit et la présence d'un fort « pad » sub-oculaire. *Barrandeops forteyi* est différent de *B. ovatus* par le nombre moins élevé de files dorso-ventrales et de lentilles par file chez *B. forteyi*. « Le pad » est moins prononcé et les tubercules sont moins grossiers et légèrement plus épars chez *Barrandeops ovatus*.

Occurrence : Emsien supérieur ; Algérie (Erg el Djemel).

Genre : *Phacops* Emmrich, 1839

Espèce type : *Calymene latifrons* Bronn, 1825.

Provenance du matériel type : Eifel ; Dévonien Moyen.

Diagnose (d'après Chlupáč, 1977) : Glabellule enflée, s'élargissant rapidement à l'avant, surplombant le sillon frontal ou en aplomb au-dessus. Sillons glabellaires S2 et S3 légers, sillon préoccipital S1 continu médianement ou interrompu sur une courte distance. Anneau préoccipital avec une partie médiane et des lobes latéraux préoccipitaux bien différenciés. Yeux larges ou moyens, surface visuelle en forme de rein, plongeantes lat. Bord postérolat. dans l'angle géral arrondi ou anguleux, principalement sans pointe génale dans les stades adultes (sauf chez *Paciphacops*). Sillon frontal parallèle au sillon de fermeture, non interrompu médianement (délimité par des crêtes), avec des fossettes lat. Glabellule turberculée ou granuleuse. Pygidium plutôt large, rachis graduellement fuselé post. avec un grand nombre d'anneaux, PF surtout net (sauf chez *Chotecops*), dans quelques sous-genres s'effaçant post., IPF léger ou indistinct.

Remarques : Les premiers auteurs ont souvent noté l'hétérogénéité du genre *Phacops* et défini de nombreux sous-genres (Chlupáč, 1977). Depuis de nombreux sous-genres ont été élevés au niveau générique tel que *Omegops* (Struve, 1976) ou *Chotecops* (Chlupáč, 1971).

Occurrence : Dévonien Inférieur au Dévonien Supérieur ; cosmopolite : Europe, Asie, Afrique du Nord, Amérique du Nord et du Sud et Australie.

Phacops sensu lato sp. D

Planche III, figures 3,4

Matériel étudié : trois céphalothorax et un individu enroulé provenant de l'Emsien supérieur (base de la formation de Cheffar el Ahmar) de la coupe de l'Erg el Djemel (Ed3n1-Ph33, Ph34, Ph35, Ph36) ; Chaîne de l'Ougarta, Saoura, Algérie.

Diagnose : glabelle très large à la base, gros tubercules denses devenant pustuleux vers la face frontale de la glabelle ; présence de « pits » sur le bourrelet frontal et l'angle géral et de « terraces lines » sur la bande postérieure de la doublure céphalique ; anneau pré-occipital L1 très réduit (sag.), très déprimé ; inflations sub- et post-oculaires absentes, sillons dorsaux larges et profonds ; aire palpébrale et lobe palpébral au même niveau ; œil avec 19 files dorso-ventrales et 6 lentilles par files. Lobes latéraux axiaux des segments thoraciques distincts et enflés. Pygidium avec 6 anneaux axiaux plus la pièce terminale ; 5 côtes pleurales ; rachis étroit.

Description :

Céphalon.- Le céphalon est large ; rapport long./larg. = 56%. La glabelle est très large à la base (plus de 60%), à contour largement parabolique, faisant 56% de la largeur (tr.) du céphalon en aplomb ou surplombant légèrement le bourrelet frontal. L'anneau occipital est moyennement large (34 à 36%) par rapport à la largeur (tr.) du céphalon. L'anneau pré-occipital L1 est très réduit (sag.) et très déprimé et sans « pad ». Les lobes latéraux pré-occipitaux sont plutôt petits, distincts, globuleux et non ornementés. Le sillon S1 est continu et courbe. La divergence glabellaire est modérée (60 à 70°). Les sillons dorsaux sont larges et profonds. Les sillons glabellaire S2 et S3 sont faiblement marqués (« interruption » de la

tuberculation). La longueur de l'aire post-oculaire fait moins de la moitié de la longueur du bord postérieur. Le sillon latéral est très distinct et large laissant un espace sub-oculaire sans ornementation, lisse. Le « pad » sub-oculaire est absent. L'aire palpébrale est au même niveau que le lobe palpébral. Le sillon palpébral est distinct. L'angle génal est arrondi sans nodule distinct. La surface visuelle est réniforme avec une « scléra » inter-lentilles légèrement épaisse dorsalement seulement, comprenant 19 files dorso-ventrales de lentilles et 6 lentilles par file au maximum ; la base de la surface visuelle présente vraisemblablement une rangée de forts tubercules. La marginulation est matérialisée par une « rim » complète qui atteint l'angle génale. Le bourrelet frontal est court dirigé vers l'avant. Le sillon de fermeture est courbe, profond et distinct. La bande postérieure de la doublure céphalique est large et courbe.

Thorax.- Le thorax est complet chez un seul individu ; il est composé de 11 segments thoraciques. Les lobes latéraux axiaux sont distinctement enflés, modérément définis. Les sillons pleuraux sont profonds avec des bords escarpés à moyennement larges. Les sillons dorsaux sont légèrement profonds.

Pygidium.- Un seul pygidium a pu être examiné. Il est peu long ; rapport long./larg. = 49%. Le rachis pygidial est légèrement étroit transversalement (30 à 34% de la largeur (tr.) du pygidium) et long (plus de 84% de la longueur (sag.) du pygidium). Le nombre d'anneaux axiaux est de 6 plus la pièce terminale tandis que les côtes pleurales sont au nombre de 5. Les sillons inter-pleuraux sont larges et profonds. La fermeture du pygidium est presque complète et laisse une crête post-axiale peu sévère.

Ornementation.- La glabelle est marquée par une forte densité de gros tubercules qui deviennent pustuleux et denses vers la face frontale. Le lobe palpébral possède également des tubercules distincts. Des tubercules sont également présents sur la doublure céphalique. Les lobes axiaux des segments thoraciques sont parfois granulés. La bande postérieure de la doublure céphalique est marquée par des « terraces lines » légèrement sinueuses devenant discontinues sur la partie postérieure de la bande. Des « pits » sont présents sur le bourrelet frontal et parfois sur les angles génaux.

Discussion.- Phacops s.l. sp. D diffère de *P. araw* McKellar et Chatterton, 2009 rencontré dans l'Eifelien sud-marocain, par le nombre de files dorso-ventrales : 19 chez l'espèce étudiée et 18 à 20 chez *P. araw* ; par le nombre de lentilles par files : 6 chez notre espèce et 4 chez *P. araw*.

Phacops araw est marqué par des « pits » au niveau du thorax et à la base de la surface visuelle, et par une « scléra » inter-lentilles remarquablement épaisse. Le pygidium de *Phacops araw* est composé de 8 anneaux axiaux plus la pièce terminale et de 6 côtes pleurales alors que celui de *Phacops s.l. sp. D* est formé de 6 anneaux axiaux plus la pièce terminale et de 5 côtes pleurales.

Phacops s.l. sp. D ressemble à *Eldredgeops tindoufensis* (Burton et Eldredge, 1974), provenant du flanc sud du bassin de Tindouf. Ils diffèrent par leur position stratigraphique : Eifelien supérieur pour *E. tindoufensis* et Emsien supérieur pour l'espèce étudiée. *Eldredgeops tindoufensis* a un lobe pré-occipital bien développé et ornementé, 18 files dorso-ventrales à l'œil et 9 lentilles au maximum, un nombre plus élevé d'anneaux axiaux pygidiaux (9 à 10 plus la pièce terminale) et 7 côtes pleurales.

Phacops s.l. sp. D se distingue de *Eldredgeops africanus* (Burton et Eldredge, 1974), provenant de l'Eifelien supérieur / Givétien inférieur du bassin de Tindouf et du Tafilalet au Maroc, par la position stratigraphique, le lobe pré-occipital prononcé et le nombre de files dorso-ventrales (18) et le nombre de lentilles par file (6). *Eldredgeops africanus* a plus d'anneaux axiaux au pygidium (9 à 11) et plus de côtes pleurales (6 à 7).

Phacops s.l. sp. est différent de *Geesops schlotheimi* Bronn, 1825 qui provient de l'Eifelien de la province de l'Eifel en Allemagne. Chez *Geesops schlotheimi*, les « pads » sub et post-oculaires sont présents, la « scléra » inter-lentilles est plus épaisse et 18 files dorso-ventrales sont présentes. Les lobes latéraux axiaux du thorax sont légers à absents chez *Geesops schlotheimi* et distincts et enflés chez l'espèce étudiée.

Genre : *Austerops* McKellar & Chatterton, 2009

Espèce type : *Austerops kermiti* McKellar & Chatterton, 2009 ; bassin de Maider ; Eifelien.

Diagnose (d'après McKellar & Chatterton, 2009) : Sculpture céphalique à faibles tubercules isolés devenant denses vers la partie antéro-ventrale (intercalés avec des « terraces lines » chez quelques espèces) et absents latéralement. Doublure céphalique contenant de proéminentes « terraces lines » et continues à travers toute la surface ; yeux larges à extrêmement larges, typiquement avec 18 files dorso-ventrales de lentilles, portant

généralement 6 à 10 lentilles par file avec une scléra inter-lentilles fine, devenant légèrement épaisse dorsalement ; « pads » sub- et post-oculaires faiblement démarqués, formant une étroite bande à cause de la dimension de l'œil. Sillon du bord latéral effacé ; glabelle de forme bulbeuse, légèrement penchée, lobe frontal divergent de 55-65° ; sillons S2 et S3 très légers, S1 faible médianement et profond latéralement ; lobes L2 et L3 relativement aplaties ; sillon palpébral léger à absent ; marginulation absente en bordure ventrale. Thorax et pygidium portant de légères sculptures isolées à la partie dorsale ; lobes latéraux axiaux et plèvres légèrement définis. Anneaux inter-annulaires du pygidium proéminents.

Remarques : *Austerops* est un groupe constitué largement de nouveaux Phacopidae marocains à sculpture fine. Ce genre est unique localement par sa possession de faibles tubercules épars, d'un sillon du bord latéral effacé, d'un sillon palpébral et la possession de « terraces lines » proéminentes et continues entre les tubercules. Malgré un nombre de caractères diagnostiques communs avec d'autres genres (*Boeckops* et *Chotecops*), les espèces de *Austerops* diffèrent clairement au niveau de la glabelle, de la sculpture de la doublure, de la position de l'œil. Ce genre doit être pris en compte dans une classification phylogénétique (McKellar et Chatterton, 2009).

Espèces : *Austerops menchikoffi* (Le Maître, 1952) ; *A. kermiti* McKellar & Chatterton, 2009 ; *Austerops salamandar* McKellar & Chatterton, 2009 ; *A. speculator* Alberti (1970).

Occurrence : Emsien supérieur- Eifelien ; Maroc, Algérie.

Austerops menchikoffi (Le Maître, 1952)

Planche IV, figures 1-3

v*1952 *Phacops menchikoffi* sp. nov. : Le Maître, p. 155-156, pl. XX, figs. 16-20 ; non pl. XX, fig. 15, fig. 21, pl. XXI, fig. 10.

. 2006 *Phacops smoothops* new species : Chatterton , Fortey, Brett, Gibb et McKellar p. 15, pl. 4-7.

. 2009 *Austerops smoothops* (Chatterton *et al.* 2006) : McKellar & Chatterton, p. 34.

[d'après les règles de nomenclature de Mathews, 1973 : « v » = matériel vu, « * » = espèce valide, « . » = responsabilité prise pour attribuer cette référence à l'espèce type]

Provenance du matériel type : Emsien supérieur (et non Eifélien inférieur) de la coupe de l'Erg el Djmel, Chaîne de l'Ougarta, Saoura, Algérie.

Matériel étudié : vingt exosquelettes enroulés dont un provenant de l'Emsien supérieur (base de la formation de Cheffar el Ahmar) de la coupe du Km 30 (Km30-Ph108) et dix-neuf autres provenant de la coupe de l'Erg el Djmel (Ed3n1-Ph04, Ph08, Ph09, Ph14, Ph16 ; Ed3n2-Ph37, Ph41, Ph44, Ph47, Ph48, Ph49 ; Ed4-Ph53, Ph59, Ph62, Ph66, Ph81, Ph82, Ph90, Ph101), Chaîne de l'Ougarta, Saoura, Algérie.

Diagnose (d'après McKellar & Chatterton, 2009) : sculpture glabellaire distinctive avec faibles tubercules, densité des tubercules grandissante vers le front glabellaire, tubercules faibles et isolés sur la surface dorsale et absents partout sauf au niveau des marges latérales postérieures des joues, angle génal arrondi, prolongé à faible distance (1-2 mm) derrière l'anneau occipital. Œil avec un nombre modéré de lentilles (80), 18 files dorso-ventrales à 6 lentilles par file au maximum. Tubercules fins, épars sur la glabelle dont la densité augmente vers la partie frontale de la glabelle. Tubercules épars et isolés sur la surface dorsale et souvent absents sauf au niveau des marges latérales postérieures des joues. Thorax et pygidium avec de petits et épars tubercules concentrés sur les bandes pleurales postérieures, et des tubercules plus importants sur l'axe.

Description :

Céphalon.- Le céphalon est étroit ; rapport long./larg. entre 60 à 65%. La glabelle qui fait environ 61 à 66% (au niveau de sa plus grande largeur) de la largeur (tr.) du céphalon a une base plutôt large (51%), une forme sub-pentagonale à contour parabolique, et surplombe le bourrelet frontal ; rapport long./larg. = 67%. L'anneau occipital est peu large (32-34%) par rapport à la largeur (tr.) du céphalon. Les lobes latéraux occipitaux sont non définis. L'anneau intercalaire L1 est moyen à large, sans véritable « pad » et ornementé. Les lobes latéraux préoccipitaux sont différenciés, plutôt larges avec un bord adaxial peu distinct, convexes et souvent peu ornementés. Le sillon S1 est courbe, discontinu ou effacé médianement, légèrement oblique latéralement. Les sillons glabellaire S2 et S3 sont souvent légers ou effacés. Les sillons dorsaux sont légers, peu profonds. La divergence glabellaire est plutôt

modérée (60-70°). La longueur (exsag.) de l'aire post-oculaire fait moins de la moitié de la longueur du bord postérieur. Le sillon du bord latéral (derrière la branche postérieure de la suture faciale) est à peine distinct. En vue frontale, l'aire palpébrale est au même niveau que le lobe palpébral. Le sillon palpébral est léger à distinct. L'angle géral est arrondi sans nodule distinct. La surface visuelle est large et réniforme, avec une « sclera » inter-lentilles légèrement épaisse dorsalement, comprenant 18 (parfois 17) files dorso-ventrales de lentilles et 6 (parfois 5) lentilles par file au maximum, sans tubercule à la base. Il n'existe pas d'inflation (ou « pad ») sub-oculaire sous la surface visuelle. La marginulation est quasiment complète. Le bourrelet frontal est court, dirigé vers l'avant. Le sillon de fermeture est courbe, large (sag.) et peu profond. La bande postérieure de la doublure céphalique est large et courbe.

Thorax.- Fortement effilé (le dernier segment représentant moins de 80% de la largeur totale du premier), le thorax est formé de 11 segments thoraciques. Les lobes latéraux axiaux sont absents ou effacés, pauvrement définis. Les sillons pleuraux sont légers et fins.

Pygidium.- Le pygidium est généralement long ; rapport long./larg. = (40 à 50%). Le rachis pygidial est court sagittalement souvent moins de 84% de la longueur totale du pygidium) et relativement peu large transversalement (25-30% de la largeur (tr.) totale du pygidium). Les anneaux axiaux sont relativement nombreux (7 à 8 + pièce terminale) tandis que les côtes pleurales sont relativement peu nombreuses (2 à 4). Des anneaux interannulaires sont distincts antérieurement. Les sillons pleuraux sont fins et distincts. Les sillons interpleuraux sont légers à complètement absents. La fermeture de l'axe pygidial est presque complète, laissant une crête pos-axiale peu sévère.

Ornementation.- La glabelle possède de petits tubercules épars. Le lobe palpébral est rarement ornementé, avec des « pits ». La doublure céphalique est caractérisée par des granules qui sont de taille identique. L'ornementation du pygidium est souvent absente mais parfois représentée chez quelques individus par de petits tubercules épars.

Discussion : McKellar et Chatterton (2009) n'ont pas mentionné l'espèce *menchikoffi* provenant de l'Erg el Djemel (Saoura, Algérie) décrite et figurée pour la première fois par Le Maître en 1952. Or l'holotype de cette espèce présente toutes les caractéristiques de l'espèce type du genre *Austerops*, à savoir *Austerops smoothops*. L'espèce *menchikoffi* serait donc un synonyme de *smoothops* et son antériorité en fait l'espèce type du genre *Austerops*. Il est a

noté que dans son travail, Le Maître avait rapporté cette espèce algérienne à l'Eifélien inférieur. Des travaux récents (Göddertz, 1987 ; Boumendjel *et al.*, 1997 ; Paris *et al.*, 1997 ; Ouali Mehadji, 2004 ; Ouali Mehadji *et al.*, 2004) ont reconsidéré l'âge de cette coupe qui est désormais attribuée à l'Emsien supérieur.

Occurrence : Emsien supérieur ; Maroc (Jbel Gara el Zguilma), Algérie (Erg el Djemel, Km 30).

Austerops sp. E aff. A. speculator punctatus (Mc Kellar et Catterton, 2009)

Planche IX, figures 1,2

Provenance du matériel type : couche à *Treveropyge*, Jbel Oufatene, près de Lahfira, sud du Maroc ; Eifelien.

Matériel étudié : huit exosquelettes enroulés provenant de l'Emsien supérieur (base de la formation de Cheffar l'Ahmar) de la coupe de l'Erg el Djemel (Ed3n1-Ph08, Ph09, Ph14, Ph16 ; Ed3n2-Ph37, Ph 41, Ph 44 ; Ed4- Ph 101), Chaîne de l'Ougarta, Saoura, Algérie.

Diagnose : grands yeux avec typiquement 18 rangées verticales de lentilles et 8 lentilles par rangée au maximum ; nombre total de lentilles par œil allant de 103 à 117. Yeux avec des marges arrondies. Surfaces visuelles bulbeuses et coin postérieur exceptionnellement rond. Glabelle fortement bulbeuse et le relèvement des fosses distinctes ayant des marges soulevées entre la tuberculisation autrement réduit, Ainsi que la transition complète de lignes terrasse à l'avant de. Glabelle [revoir, ce n'est pas clair]. Axe pygidial avec 8 anneaux discernables plus une pièce terminale ; champs pleuraux possédant 4 côtes distinctes suivies par deux côtes postérieures plus faibles. Sculpture du thorax et du pygidium en forme de croissant largement concentrée le long de l'extrémité dorsale postérieure des anneaux axiaux et accompagnée par de fins « pits ».

Description :

Céphalon.- Le céphalon est étroit ; rapport long. /larg. = 60 à 66%. La glabelle est étroite à la base (moins de 50%) de forme pentagonale, à contour parabolique, faisant 61 à 65.9% de

la largeur (tr.) du céphalon et surplombant le bourrelet frontal. L'anneau occipital est large (36 à 38%) par rapport largeur (tr.) du céphalon. L'anneau intercalaire L1 est moyen sans « pad » avec des sculptures. Les lobes latéraux L1 sont de taille moyenne, distincts, plats et non ornementés. Le sillon S1 est discontinu, parfois effacé. La divergence glabellaire est faible (moins de 60°). Les sillons dorsaux sont légèrement profonds. Les sillons glabellaire S2 et S3 sont parfois distincts. La longueur de l'aire post-oculaire fait moins de la moitié de la longueur du bord postérieur. Le sillon latéral est distinct. L'aire palpébrale est plus haute que le lobe palpébral. Le sillon palpébral est léger à distinct. L'angle génal est arrondi sans nodule distinct. La surface visuelle est réniforme avec une « scléra » inter-lentilles légèrement épaisse portant 18 à 19 files dorso-ventrales et 7 à 8 lentilles par file au maximum. La base de la surface visuelle ne présente pas de tubercules. La marginulation est généralement complète. Le bourrelet frontal est court, dirigé vers l'avant. La doublure céphalique possède souvent des granules de même dimension, rarement courts, interrompant les « terraces lines ». Le sillon de fermeture est courbe, profond et distinct ; la bande postérieur de la doublure céphalique est large et courbe.

Thorax.- Le thorax, légèrement effilé, est constitué de 11 segments thoraciques. Les lobes latéraux axiaux sont absents ou effacés, pauvrement définis. Les sillons pleuraux sont profonds, aux côtés escarpés à moyennement larges ; les sillons dorsaux sont étroits et légèrement profonds.

Pygidium.- Le pygidium est peu long ; rapport long./larg. = 40 à 50%. Le rachis pygidial est peu large (30 à 34,9% de la largeur (tr.) du pygidium) et court (moins de 84% de la longueur (exsag.) du pygidium). Le nombre d'anneaux axiaux du pygidium varie de 4 à 6 plus la pièce terminale ; celui des plèvres varie de 2 à 5. Les anneaux inter-annulaires sont parfois distinguables et élargies. Les sillons inter-pleuraux sont légers à complètement absents. La fermeture du pygidium est presque complète.

Ornementation.- La glabelle possède une forte densité de granules distincts à grossiers avec parfois des « pits ». Les tubercules sont absents sur le lobe palpébral. Les lobes axiaux des segments thoraciques présentent un légère tuberculation. Le pygidium possède de légers tubercules sur les côtes pleurales.

Discussion : Les individus étudiés montrent des affinités avec *Austerops speculator punctatus* McKellar et Chatterton, 2009, mais cette dernière provient des couches de l'Eifélien du bassin de Ma' der au Maroc.

Austerops speculator punctatus est proche de l'espèce *A. smoothops* (Chatterton et al., 2006) ; *Austerops speculator punctatus* diffère par la présence de « pits » sur la glabelle et l'agencement des lentilles oculaires (18-19 files verticales avec 7 à 8 lentilles par file) contre 18 files verticales avec 6 lentilles par file chez *A. smoothops*.

Austerops speculator punctatus est similaire à *Austerops speculator speculator* (Alberti, 1970), mais diffère fondamentalement dans sa sculpture, sa surface visuelle et le nombre et l'agencement des lentilles oculaires : *A. speculator speculator* porte 1 à 2 lentilles de plus sur le tiers antérieur de la surface visuelle. *Austerops speculator punctatus* a des « pits » avec une bordure et relevés sur toute la surface de la glabelle, et des « pits » généralisés dans son champ général et dans sa région axiale.

Ce sont vraisemblablement des différences régionales, car ces deux sous-espèces se retrouvent dans les deux bassins, des deux côtés opposés de l'Atlas.

Occurrence : Eifélien, Maroc (bassin de Ma' der) ; Emsien supérieur, Algérie (Erg el Djemel).

Austerops lemaitri new species

Planche V, figures 1-3

non v1952 *Phacops salteri* Kozłowski : Le Maître, p. 157, pl. 21, fig. 9.

non v1952 *Phacops menchikoffi* sp. nov. : Le Maître, p.155-156, pl. XX, fig. 15, fig. 21, pl. XXI, fig. 10.

Etymologie : espèce nommée en référence à Dorothée Le Maître.

Matériel étudié : 28 spécimens enroulés provenant de l'Emsien supérieur de la coupe de l'Erg el Djemel dont sept du banc Ed3n1 (Ed3n1-Ph 01, Ph05, Ph10, Ph15, Ph17, Ph23, Ph20,) et 21 du banc Ed4 (Ed4-Ph61, Ph64, Ph67, Ph68, Ph69, Ph70, Ph74, Ph75, Ph76,

Ph77, Ph78, Ph79, Ph80, Ph84, Ph86, Ph87, Ph92, Ph95, Ph97, Ph100, Ph102), Chaîne de l'Ougarta, Saoura, Algérie.

Diagnose : Céphalon très étroit, glabelle très large à la base avec un contour parabolique ; anneau intercalaire L1 léger à absent ; grands lobes latéraux pré-occipitaux aplatis et non ornementés ; sillons dorsaux étroits et peu profonds à faible divergence (moins de 60°) ; sillon palpébral souvent léger à absent ; œil comprenant 17 à 18 files dorso-ventrales avec 6 à 7 lentilles par file et une « scléra » fine ; granulation fine sans tubercules sur la glabelle. Thorax légèrement effilé avec des lobes latéraux axiaux non définis et des sillons pleuraux fins. Pygidium long (sag.) ; rachis pygidial long et large (tr.) avec des anneaux axiaux peu nombreux (4 à 6) et bien définis ; côtes pleurales peu nombreuses (5) avec des sillons pleuraux distincts.

Description :

Céphalon.- Le céphalon est très étroit avec un rapport long./larg. supérieur à 66%. La glabelle qui est très large à la base (plus de 60% de la largeur maximale de la glabelle), à contour parabolique, fait environ 68% (au niveau de sa plus grande largeur) de la largeur (tr.) du céphalon et surplombe le bourrelet frontal ; rapport long./larg. = 82%. L'anneau occipital est relativement large par rapport à la largeur (tr.) du céphalon (38%). Le sillon S0 est transverse médianement. L'anneau intercalaire L1 est léger à absent. Les lobes latéraux pré-occipitaux sont plutôt grands, aplatis et non ornementés. Le sillon S1 est légèrement courbé et peu distinct médianement (parfois discontinu), oblique, étroit et bien distinct latéralement. Les sillons S2 et S3 sont souvent indistincts. Les sillons dorsaux sont étroits et peu profonds. La divergence glabellaire est plutôt faible (moins de 60%). La longueur (exsag.) de l'aire post-oculaire fait moins de la moitié de la longueur du bord postérieur. Le sillon du bord latéral (derrière la branche postérieure de la suture faciale) est distinct, étroit, peu profond et sans « pad ». L'aire palpébrale est au même niveau que le lobe palpébral. Le sillon palpébral est souvent léger à absent rarement distinct. L'angle génal est arrondi sans nodule distinct. La surface visuelle est réniforme, avec une « sclera » inter-lentilles fine, comprenant 17-18 files dorso-ventrales de lentilles et généralement 6 à 7 lentilles par file au maximum. La marginulation est complète atteignant l'angle génal. Le bourrelet frontal est court, dirigé vers

l'avant. Le sillon de fermeture est courbe, large, peu profond. La bande postérieure de la doublure céphalique est large et courbe.

Thorax.- Le thorax est légèrement effilé (le dernier segment représentant plus de 80% de la largeur totale du premier). Il est composé de 11 segments thoraciques. Les lobes axiaux latéraux sont non définis. Les sillons pleuraux sont légers et fins.

Pygidium.- Le pygidium est long (rapport long./larg. faisant plus de 50 %). Le rachis pygidial est long sagittalement (plus de 84% de la longueur totale du pygidium), relativement large transversalement (plus de 35% de la largeur (tr.) totale). Les anneaux axiaux du rachis pygidial sont bien définis et relativement peu nombreux (4 à 6). Les anneaux intercalaires sont cachés par des sillons larges. Les côtes pleurales sont relativement peu nombreuses, au nombre de 5. Les sillons pleuraux sont distincts. Les sillons inter-pleuraux sont légers à complètement absents. La fermeture de l'axe pygidial est presque complète laissant une crête poste-axiale peu sévère.

Ornementation.- La glabelle possède une granulation fine sans tubercule. L'anneau intercalaire et le lobe palpébral ne montrent pas de granulation. La granulation est absente sur le thorax. La granulation pygidiale est souvent absente mais légère chez quelques individus.

Discussion :

Les paratypes (pl. 20, fig. 15, fig. 21 ; pl. 21, fig. 10) attribué à une nouvelle espèce *Phacops menchikoffi* par Le Maître (1952) et le spécimen figuré (pl. 21, fig. 9) attribué à *Phacops salteri* par Le Maître (1952) correspondent en fait à une nouvelle espèce. Les paratypes diffèrent de l'holotype *Phacops menchikoffi* décrit par le même auteur d'après les caractéristiques suivants : par la forme du céphalon plus étroite, la glabelle moins large à contour moins arrondi et à sillons latéraux moins divergents antérieurement, les lobes latéraux L1 plus larges, carrés et aplatis, l'œil plus grand et plus long (exsag.), la marge antérieure de la surface visuelle plus large et collée à la glabelle *via* un sillon latéral fin. Le lobe palpébral se fond avec l'aire palpébrale par l'absence du sillon palpébral. Selon le degré d'usure des spécimens, le sillon préoccipital est peu à non défini antérieurement.

Les différences entre la nouvelle espèce et l'holotype de *Phacops salteri* de Bolivie sont : les lobes latéraux préoccipitaux étirés transversalement, la granulation prononcée et la présence de tubercule médian sur l'anneau occipital chez *P. salteri* de Bolivie ; le nombre de

files dorso-ventrales ne dépasse pas 17 files et le nombre maximum de lentilles est 7 chez *P. salteri* de Bolivie .

La nouvelle espèce diffère de *Austerops kermiti* McKellar et Chatterton, 2009 par sa position stratigraphique (Emsien supérieur), le nombre de files dorso-ventrales (17 à 18), le nombre de lentilles par file moins élevé (6-7), la divergence des sillons dorsaux avoisinant les 60° et les côtes pleurales pygidiales plus nombreuses (5) chez la nouvelle espèce.

Occurrence : Emsien supérieur, Algérie (Erg el Djemel).

Superfamille : Acastacea Delo, 1935

Famille : Acastidae Delo, 1935

Sous-famille : Asteropyginae Delo, 1935

La terminologie morphologique des Asteropyginae (**Fig. 24**) est issue principalement des travaux de Struve, (1959) *in* Moore (1959).

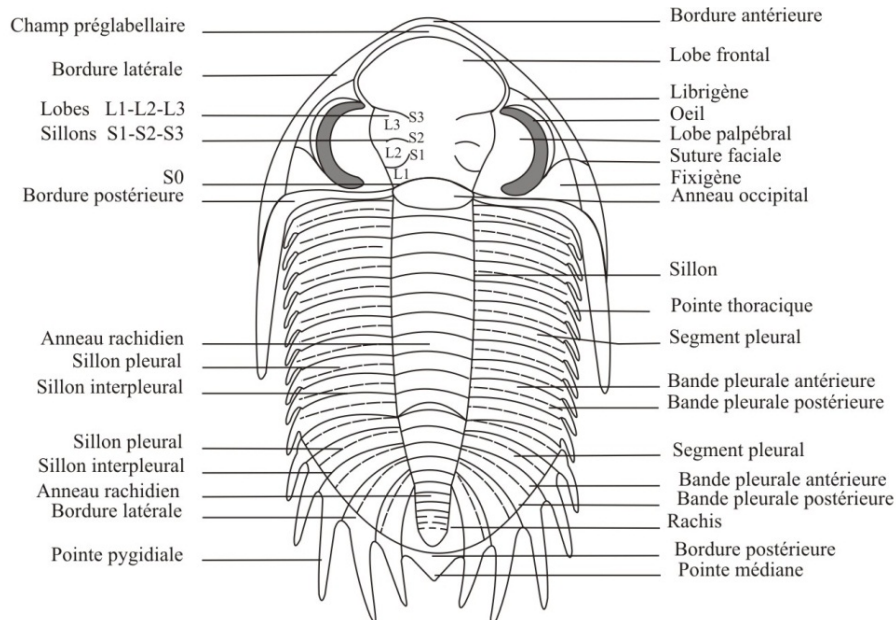


Fig.24: Illustration et terminologie de l'exosquelette d'un Asteropyginae illustré par le genre *Supradevonicus* Haas & Mensink, 1970.

Genre : *Hollardops* Morzadec, 1997

Espèce type : *Asteropyge mesocristata* Le Maître, 1952 (d'après la désignation originale).

Diagnose (modifiée d'après Morzadec, 1997) : lobe frontal arrondi ; glabelle dilatée vers l'avant ; sillon axial courbé entre S2 et S3 ; L2 et L3 plus élevés que L1 ; pointes génales aussi longues que la longueur (sag.) de la glabelle ; surface visuelle avec 6-11 lentilles par file dorso-ventrale ; pointe antérieure du lobe palpébral postérieure à l'intersection des sillons axiaux et S3 . Thorax avec 10 segments thoraciques. Pygidium avec un rachis étroit, 10-16 anneaux axiaux, 5 segments pleuraux, une segmentation pleurale de type *Boothi*, des sillons pleuraux larges, 5 paires d'épines pygidiales latérales plus courtes que la largeur (tr.) et une épine médiane terminale plus courte que les épines pygidiales adjacentes et plus larges que le rachis.

Espèces attribuées : *Hollardops aithassainorum* Chatterton *et al.*, 2006 ; *H. boudibensis* Morzadec, 2001 ; *H. burtandmimiae* (Lieberman et Kloc, 1997) ; *H. lemaitreae* Morzadec, 1997 ; *H. mesocristata* (Le Maître, 1952) ; *H. struvei* (Morzadec, 1969).

Remarques : les deux genres *Hollardops* Morzadec, 1997 et *Philipsmithiana* Lieberman et Kloc, 1997 ont été définis la même année à partir de l'espèce type *Asteropyge mesocristata*. La publication de Morzadec fut la première à apparaître. Par conséquent, *Hollardops* a la séniorité car les deux genres partagent la même espèce type ; *Philipsmithiana* devient un synonyme junior et ne doit pas être utilisé. Lieberman et Kloc (1997) ont placés *Hollardops struvei* dans leur nouveau genre monotypique *Modellops*. Cependant, Morzadec (2001) a examiné ce genre et déduit qu'il peut être un synonyme junior de *Hollardops*. Les caractéristiques distinctives qui sont l'inclinaison de la librigène sous les yeux et la forme du bord antérieur des anneaux pygidiaux, montrent trop de variabilité intraspécifique pour justifier la différenciation de *H. struvei* dans un autre genre que *Hollardops*. Bignon & Croniers (2013).

Occurrence : Emsien supérieur-Eifélien ; Algérie, Maroc, France (Massif Armoricaïn).

Hollardops mesocristata (Le Maître, 1952)

Planche VII, figure 1-3

1952 *Asteropyge mesocristata* Le Maître : Le Maître, p. 153, pl. XX, figs 24-26.

1952 *Asteropyge gr. Mechelini* Rouault : Le Maître, pl. XXI, fig. 12.

1952 *Asteropyge pectinata* Roemer : Le Maître. pl. XXI, fig. 13.

1967 *Asteropyge mesocristata* Le Maître : Le Maître in Legrand, p. 274.

1997 *Hollardops mesocristata* (Le Maître, 1952) : Morzadec, p. 149, pl. 2, fig. 8 ; pl. 5, fig. 9 ; pl. 6, figs 1, 3-6 ; pl. 7, figs 1-7 ; pl. 8, figs 5-8.

2000 *Hollardops mesocristata* (Le Maître, 1952) : Schraut, p. 390, pl. 13, figs. 1-8, pl. 14, figs, 1-2, 9-11.

2001 *Hollardops mesocristata* (Le Maître, 1952) : Morzadec p. 71, pl. 8, figs. 3, 6, 9 ; pl. 9, figs. 1-4

2004 *Hollardops mesocristata* (Le Maître, 1952) : Jansen *et al.* pl. 2, figs., 1, 4.

2006 *Hollardops mesocristata* (Le Maître, 1952) : Chatterton, Fortey, Brett, Gibb & McKellar, p. 26-27, pl. 14.1-6, pl. 15.1-7, pl. 16.1-6, pl. 20.8, 20.12, 20.15.

Provenance du matériel type : Emsien supérieur, partie inférieure de la formation de Cheffar el Ahmar, Erg el Djemel, Saoura, Algérie.

Matériel étudié : cinq exosquelettes enroulés et des fragments de pygidiums provenant de l'Emsien supérieur (base de formation de Cheffar el Ahmar) de la coupe de Erg el Djemel (Ed3n1-Acast1, Acast2, Acast3 et Ed4-Acast4, Acast5).

Diagnose : (d'après Chatterton *et al.*, 2006) : céphalon avec front sub-angulaire ; bord frontal court non dirigé vers l'avant ; sculpture sous forme de fins tubercules, plus fins sur le lobe frontal de la glabelle ; yeux avec 27 à 29 files dorso-ventrales et 8 à 9 lentilles par file ; épines génales relativement longues et pointues ; tubercule occipital distinct mais léger ; large et courte épine pygidiale postéro-médiane.

Description :

Céphalon.- Le céphalon a un contour parabolique, légèrement anguleux antérieurement avec une glabelle sub-pentagonale, ornée de granules très fins, large, avec une dépression marquée antérieurement chez les formes juvéniles. Le sillon S3 est oblique, long, légèrement profond et plus large antérieurement ; S2 et S1 sont courts, parallèles au sillon occipital et un peu courbés ; le sillon occipital est bien distinct. Le lobe glabellaire L3 est plus grand sous forme de triangle, enflé par rapport aux deux autres lobes glabellaires L2 et L1 qui sont petits et rectangulaires ; l'anneau occipital est visible, légèrement enflé, portant parfois un tubercule chez les formes juvéniles. Les sillons dorsaux sont étroits, divergents d'environ 45°. Les yeux sont très développés, plus hauts que la glabelle avec une surface visuelle possédant 25 files dorso-ventrales (avec 6 lentilles au maximum) de lentilles chez la forme juvénile étudiée. Le sillon palpébral est distinct. Le sillon de la bordure céphalique est apparent et le bourrelet céphalique est légèrement anguleux en avant, devenant large latéralement et mince postérieurement. La pointe génale n'est pas conservée chez les spécimens algériens étudiés.

Thorax.- Le thorax est formé de 10 segments thoraciques. Les sillons dorsaux sont visibles et étroits. Les sillons pleuraux sont étroits par rapport aux sillons inter-pleuraux qui sont larges et profonds. L'ornementation du thorax est marquée par des granules très fins.

Pygidium.- Le rachis est constitué de 13-14 anneaux. Cinq paires de côtes pleurales sont bien marquées et séparées par un sillon inter-pleural large et profond. La bordure pygidiale est légèrement apparente d'où démarrent, dans le prolongement des côtes pleurales, 5 paires d'épines pygidiales latérales, sous forme de courtes languettes pointues, plus longues que l'épine médiane et légèrement recourbées postérieurement, avec une face supérieure bombée et une face inférieure plane ; l'épine médiane est plane avec une extrémité biseautée. Le pygidium est très finement granuleux.

Discussion : *Hollardops mesocristata* est proche de *H. struvei* (Morzadec, 1969) de l'Emsien supérieur du Massif armoricain (France) toutefois, *H. struvei* diffère par l'inclinaison de la librigena sous les yeux et la forme du bord antérieur des anneaux pygidiales.

Hollardops mesocristata diffère de *H. lemaitreae* Morzadec, 1997 (Emsien supérieur, Zerhamra, Algérie) par son contour céphalique ogival, le nombre d'anneaux du rachis pygidial plus élevé (13 à 14) et les épines pygidiales latérales plus longues que l'épine axiale.

Hollardops mesocristata se distingue de *H. burtandmimiae* (Lieberman et & Kloc, 1997) (Dévonien moyen, Issomour, Maroc) par la partie antérieure du céphalon plus arrondie, la surface visuelle moins grande et moins développée, le nombre d'anneaux du rachis pygidial moins élevé (15 à 16 chez *H. burtandmimiae*), les épines pygidiales courtes et moins aiguës et l'épine médiane relativement longue.

Hollardops mesocristata est différent de *H. boudibensis* Morzadec, 2001 (Emsien supérieur, Ma'der, Maroc) par son limbe moins large en avant de la glabelle, sa surface visuelle plus grande et l'épine médiane du pygidium moins longue que les épines latérales.

Occurrence : Emsien supérieur ; Algérie (Erg el Djemel) Maroc (Foum Zguid).

Sous-famille : Odontochilinae Sjnadr, 1985

Genre: *Erbenochile* Alberti, 1981

Espèce type : *Odontochile (Erbenochile) erbeni* Alberti, 1981 (d'après la désignation originale).

Diagnose (modifiée d'après Morzadec, 1995 et Chatterton & Gibb, 2010) : yeux larges et élevés comprenant 33 à 36 files dorso-ventrales et 13 à 17 lentilles par file ; bord inférieur de la surface visuelle dépassant légèrement la partie supérieure adjacente du champ général ; anneau occipital, anneaux axiaux thoraciques, anneaux axiaux pygidiaux portant des épines médianes ; grand pygidium triangulaire bordé d'un limbe plat élargi vers l'arrière ; 10 paires de côtes pleurales avec des demi-côtes antérieures plus développées que les postérieures ; pygidium avec 11 paires de longues épines pygidiales latérales en forme de languette auxquelles s'ajoute une épine médiane.

Espèces attribuées : *Erbenochile erbeni* (Alberti, 1981) ; *E. issoumourensis* Chatterton & Gibb, 2010.

Remarques : Morzadec (1995, 1997) attribue le genre *Erbenochile*, en l'absence du céphalon, aux Asteropyginae grâce à la segmentation pygidiale où la demi côte-pleurale

antérieure est plus développée avec des tubercules comme chez *Psychopyge* (Morzadec, 1988), un *Asteropyginae* typique.

La récente découverte de spécimens complets a permis à Chatterton et *al.* (2006) de montrer que *Erbenochile* a des yeux remarquablement très élevés, une surface visuelle prolongée vers le haut. Ce dernier caractère et les nombreuses épines marginales du pygidium ont suggéré à Chatterton et *al.* (2006) que *Erbenochile* est plus distinct des *Asteropyginae s.s.*

Chatterton et Gibb (2010) attribuent le genre *Erbenochile* à la sous famille des *Odontochilinae* car ce genre présente plus de caractères communs avec les *Odontochilinae* qu'avec les *Asteropyginae* (nombre de segments thoraciques (11), épine génale courte et large et nombre des segments et des plèvres au pygidium).

Bignon & Cronier (2013) paraissent d'accord de la réaffectation du genre *Erbenochile* à la sous famille des *Odontochilinae* en se basant sur le nombre de paires d'épines pygidiales limité à six chez les *Asteropyginae* et l'épine terminale n'est pas très développée. En outre la connexion entre la bande pleurale et les épines est lisse chez les *Odontochilinae* alors qu'elle est en reliefs chez les *Asteropyginae* toutefois, *Erbenochile* a des excavations profondes à l'extrémités proximale de S1 et S2 qui pourrait le rendre proche de la sous famille des *Dalamanitinae*.

Occurrence : Emsien supérieur ; Algérie (Erg el Djemel), Maroc (Foum Zguid, Alnif).

Erbenochile erbeni (Alberti, 1981)

Planche VIII, figure 3

1950 *Coronura aspectans* (Hall, 1888) : Le Maître, p. 254.

1952 *Coronura aspectans* (Conrad, 1841) Hall, 1888 : Le Maître, p. 152, pl. 20, fig. 30.

1967 *Coronura aspectans* (Conrad, 1841) : Le Maître in Legrand p. 274.

1981 *Odontochile (Erbenochile) erbeni* Alberti : Alberti, p. 368.

1995 *Erbenochile erbeni* (Alberti) : Morzadec, p. 615-619, fig. 2.

1997 *Erbenochile erbeni* (Alberti) : Morzadec, p. 153.

2003 *Erbenochile erbeni* (Alberti) : Fortey & Chatterton, p. 1689, fig. 1.

2006 *Erbenochile erbeni* (Alberti) : Chatterton, Fortey, Brett, Gibb & McKellar, p. 24-26, pl. 13.1-9.

2010 *Erbenochile erbeni* (Alberti) : Chatterton & Gibb, p. 1194-1197, fig. 5.

Provenance du matériel type : Emsien supérieur, partie inférieure de la formation de Cheffar el Ahmar, Erg el Djemel, Saoura, Algérie.

Matériel étudié : un thoraco-pygidium (plus la partie inférieure du céphalon) provenant de l'Emsien supérieur (base de formation de Cheffar el Ahmar) de la coupe de Km30 (Km30-Acast6).

Description :

Céphalon.- Seule l'extrémité postérieure du céphalon est présente. L'anneau occipital est distinct large dans sa partie axiale. Le sillon occipital est distinct et légèrement profond latéralement. Les lobes latéraux occipitaux sont légèrement globuleux. Le lobe préoccipital est bien marqué ; les lobes latéraux préoccipitaux sont développés. Le sillon du bord postérieur est profond, s'élargissant latéralement. L'épine génale est cassée mais son empreinte montre qu'elle est courte. De petits tubercules sont présents sur la partie latérale de la doublure céphalique postérieure.

Thorax.- Faisant plus de 16 mm de longueur, le thorax est constitué de 11 segments thoraciques. Les sillons dorsaux sont fins et profonds. Les sillons pleuraux sont distincts et profonds. Les plèvres sont marquées par deux bandes : une bande antérieure étroite et une autre postérieure plus développée (large et enflée) et ornée de tubercules. La continuité latérale des plèvres est soulignée par des épines relativement longues et pointues dirigées vers l'arrière. Les anneaux postérieurs du rachis présentent des traces d'épines cassées.

Pygidium.- De forme triangulaire, le pygidium est relativement étroit (*ratio* Long./Larg. = 66%) et plat. Le limbe est plus développé vers l'arrière. Le rachis pygidial est long (92%) par rapport à la longueur (tr.) du pygidium et peu convexe ; il est constitué de 14 anneaux plus la pièce terminale ; le premier anneau porte la trace d'une épine cassée, les anneaux postérieurs de légers tubercules. La divergence des sillons dorsaux vers l'avant avoisine les 20°. Le pygidium possède 10 plèvres, dont les demi-côtes pleurales antérieures sont plus développées, plus larges et plus enflées que les postérieures, avec des tubercules ; les côtes antérieures sont disposées subhorizontalement et les postérieures sont verticales, dirigées vers l'arrière. Les sillons pleuraux sont distincts, profonds et larges distalement, disparaissant

presque postérieurement. Les sillons interpleuraux bien marqués s'élargissent distalement. Du limbe, démarrent dans le prolongement des côtes pleurales, dix épines latérales courtes, pointues, dirigées vers l'arrière, dont la longueur diminue postérieurement. L'épine médiane est cassée mais sa base plus large reflète une dimension plus grande que celles des deux dernières épines latérales.

Ornementation.- Sur le pygidium, elle est présente sur le limbe sous forme de fins granules et sur les côtes pleurales.

Discussion : Le Maître avait rapporté cette espèce à *Coronura aspectans* (Conrad, 1841). Cependant, Morzadec, 1995 indique qu'il existe une différence entre *Erbenochile erbeni* et *Coronura aspectans* au niveau de la segmentation pygidiale, de la morphologie, de la disposition et du nombre d'épines pygidiales ainsi qu'au niveau de la présence de l'épine médiane chez *Erbenochile erbeni*.

Toujours d'après Morzadec (1995), *Erbenochile erbeni* est différent des *Odontochilinae* par les demi-côtes antérieures plus développées et plus hautes que les postérieures chez *Erbenochile erbeni*. Chez les *Odontochilinae*, les côtes sont égales mais le plus souvent les demi-côtes postérieures sont plus hautes (Snajdr, 1987). Chez le genre *Odontochile*, les plèvres thoraciques sont prolongées par des épines très courtes et les épines latérales pygidiales sont absentes.

L'œil chez *Erbenochile erbeni* est remarquablement bien développé. La grande majorité des *Asteropyginae* ont des yeux avec 7-9 lentilles par file dorso-ventrale. Chez *Erbenochile erbeni* les yeux s'étendent vers le haut comme des «tours» à une hauteur parallèle à celle de la pointe de l'épine occipitale. En même temps, le profil de la surface de la lentille reste plat. De très grands yeux sont également connus dans *Coltraneia* (*C. oufatensis* Morzadec, 2001), mais chez *Coltraneia* elles sont longues et en forme de bande, comme chez d'autres *Phacopida*, avec moins de 14 lentilles par file dorso-ventrale. En vue latéral céphalique, les yeux sont plus longs (exsag.) que hauts, tandis que les yeux de *Erbenochile erbeni* sont plus élevés. L'œil de *Erbenochile erbeni* reste donc inhabituel vis à vis du nombre de lentille par file (Chatterton et al., 2006).

Occurrence : Emsien supérieur ; Algérie (Erg el Djemel, Km 30), Maroc (Foum Zguid).

Ordre : PROETIDA Fortey et Owen, 1975

La terminologie morphologique des Proetida (**Fig. 25**) est issue principalement des travaux de Owens (1973).

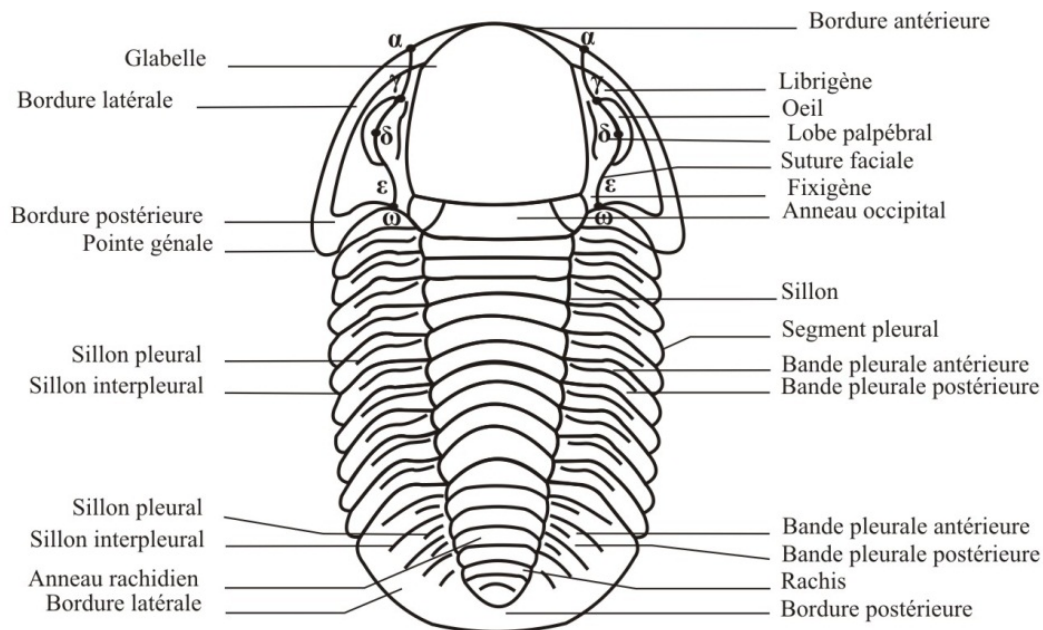


Fig.25: Illustration et terminologie de l'exosquelette d'un Protinae illustré par le genre *Gerastos* Goldfuss, 1843.

Famille : Aulacopleuridae Angelin, 1854

Sous-famille : Otariioninae Richter et Richter, 1926

Genre : *Cyphaspis* Burmeister, 1843

Espèce type : *Phacops ceratophthalmus* Goldfuss, 1843 (d'après la désignation originale) ; Eifelien, Gees, Allemagne.

Diagnose (d'après Adrain et Chatterton, 1996 et Chatterton et al. 2006) : glabelle enflée, surplombant le champ préglabellaire lorsque l'anneau occipital est dans le plan vertical ; champ préglabellaire relativement large et court (sag.) ; fixigènes interoculaires étroites ; L1 petit ; librigènes relativement larges et courtes (exsag.) ; bourrelet frontal relativement large et court (sag.) ; épine génale longue et robuste. Onze anneaux thoraciques avec une longue épine sur le sixième anneau. Pygidium étroit, formé de 3 à 4 anneaux axiaux, avec des rangées

transverses de tubercules sur les anneaux axiaux et les bandes pleurales postérieures ; doublure pygidiale large.

Remarques : d'après Adrain et Chatterton (1996), *Cyphaspis* se distingue du genre *Otarion* Zenker, 1833, par la glabelle plus courte et plus enflée, le lobe pré-occipital L1 petit, le champ pré-glabellaire court, les librigènes courtes (exsag), avec souvent des pointes génales longues. *Cyphaspis* possède également 11 segments thoraciques avec une épine médiane sur le sixième segment (12 ou plus chez *Otarion*), un pygidium relativement petit et étroit avec des rangées de tubercules plus prononcées et une doublure large. La plupart des espèces du genre *Cyphaspis* présentent une branche librigénale enflée interrompant le contact entre les deux bords céphaliques latéral et postérieur. Ces caractères sont absents chez *Otarion*.

Espèces attribuées : 20 espèces (cf. Adrain et Chatterton, 1996) dont *Cyphaspis gruanum* Alberti, 1969 du Praguien du sud-est marocain et *C. sidiarounium* Alberti, 1969 du Praguien du Maroc central : *Cyphaspis agayuara* Chatterton et al., 2006 de l'Emsien supérieur du sud marocain ; *C. eberhardiei* Chatterton et al., 2006 de l'Emsien supérieur du sud marocain ; *C. hamidi* Chatterton et al., 2006 de l'Emsien supérieur du sud marocain ; *C. sp. A* Chatterton et al., 2006 de l'Eifélien du sud marocain.

Occurrence : Wenlock-Givétien ; Maroc, Europe (Angleterre, France, Pologne, République Tchèque, Allemagne), Canada, Australie.

Cyphaspis hamidi Chatterton et al., 2006

Planche VI, figure 4

2006 *Cyphaspis hamidi* new species : Chatterton , Fortey, Brett, Gibb et McKellar, p. 51-53, pl. 46, figs 1-14, pl. 54, figs 4,9.

Provenance du matériel type : base de l'Emsien supérieur, Formation Timrhanrhart, partie basale de la section de Jbel Gara el Zguilma, près de Foum Zguid, sud du Maroc.

Matériel étudié : quatre fragments provenant du banc Ed3n1 (Ed3n1-C1, C2, C3, C4), un spécimen enroulé et deux céphalons provenant du banc Ed3n2 (Ed3n2-C5, C6, C7) et un céphalon du banc Ed4 (Ed4-C8) de l'Emsien supérieur (base de la formation de Chefar el Ahmar) de la coupe de Erg el Djemel.

Diagnose (d'après Chatterton et al. 2006) : épines génales courtes (environ la longueur du champ géral), droites et dirigées posterolateralement ; épine thoracique axiale du sixième segment réduite à un tubercule ou à une petite épine ; lobes L1 relativement larges. Sillon de bordure peu profond à imperceptible. Céphalon avec des tubercules petits à modérément grossiers distribués plutôt régulièrement sur la surface dorsale ; pygidium avec des granules ou de fins tubercules.

Description :

Céphalon.- Le céphalon a un contour semi-circulaire. La glabelle est de forme globuleuse, large antérieurement (larg. min/larg. max. (tr) = 42%), faisant 38% de la largeur (tr.) du céphalon ; elle est légèrement enflée au niveau du sillon S0. Le bourrelet frontal est distinct, convexe et saillant, aussi long (sag.) que l'anneau occipital et sa longueur (exsag.) reste constante latéralement. Le sillon du bord frontal est distinct, large et légèrement profond. Le champ pré-glabellaire est relativement plus long (sag.) que le bourrelet frontal. Les sillons dorsaux sont larges et profonds antérieurement, relativement moins profonds postérieurement, et étroits. Le sillon occipital S0 est étroit, profond et incurvé latéralement, large et moins profond médianement. Le lobe occipital est relativement long et ornementé. Le lobe pré-occipital est étroit, presque absent, les lobes latéraux pré-occipitaux sont distincts, globuleux, étirés antérieurement atteignant le niveau du lobe palpébral. Les sillons latéraux pré-occipitaux L1 sont distincts et profonds antérieurement, inclinés et divergents en faisant un angle de 70°. La joue fixe est relativement large antérieurement et étroite dans sa partie postérieure au niveau de l'œil, moins haute que la glabelle et de même hauteur que le lobe palpébral. La branche antérieure de la suture faciale converge légèrement vers (β) puis diverge légèrement vers (α) sur le bord frontal, la branche postérieure (ε - ω) diverge légèrement depuis l'arrière de l'œil vers le bord postérieur. Le sillon postérieur est distinct, relativement profond, interrompu par le passage de la suture faciale et se prolonge latéralement pour devenir plus profond vers l'angle géral. Le sillon latéral est relativement

profond, interrompu par le champ géral qui est continu avec le bord latéral, n'atteignant pas l'angle géral. Les pointes gérales sur nos spécimens algériens sont cassées. Les yeux sont relativement petits, globuleux projetés latéralement pour surplomber la partie intérieure du bord latéral ; ils sont posés directement sur la joue sans socle oculaire. Le bord postérieur est distinct et saillant postérieurement. Les « terraces lines » sont présentes sur la doublure céphalique surtout sur la marge ventrale où elles sont associées à des rangées de fins tubercules.

Thorax.- Il est formé de 11 segments thoraciques. L'épine axiale du sixième segment est cassée sur nos spécimens algériens. La largeur (tr.) de l'axe fait 0,35 de la largeur (tr.) du thorax. Les sillons dorsaux sont modérément distincts et légèrement profonds. Les sillons pleuraux sont profonds et légèrement larges.

Pygidium.- Le pygidium est petit constitué de trois anneaux axiaux plus la pièce terminale et de trois plèvres dont les sillons pleuraux sont légèrement distincts.

Ornementation.- La glabelle possède de gros tubercules dans sa partie frontale, intercalés par d'autres plus fins. Dans les parties postérieures et latérales, les tubercules sont moins gros et parfois pustuleux et pointus. Le bord frontal est souligné par des tubercules qui deviennent plus fins et alignés sur la marge ventrale. L'anneau occipital possède des tubercules pointus de taille moyenne. Les lobes latéraux préoccipitaux possèdent des tubercules moyens à fins. Des tubercules de différentes tailles sont dispersés sur les joues fixes, le champ pré-glabellaire et les joues libres ; ils sont moins grossiers, moins denses mais pustuleux et pointus vers la partie postérieure des joues. Le bord postérieur possède également des tubercules de même taille que ceux de l'anneau occipital. Le thorax possède des tubercules épars devenant fins postérieurement. Le pygidium possède des tubercules sur l'axe, parfois grossiers sur les plèvres.

Discussion : *Cyphaspis hamidi* est proche de *C. eberhardiei* Chatterton *et al.*, 2006. Ils proviennent du même niveau stratigraphique (Chatterton *et al.*, 2006). *Cyphaspis hamidi* diffère de *C. eberhardiei* par des pointes gérales et une épine thoracique axiale plus courte, des tubercules plus grossiers et plus denses sur le champ pré-glabellaire, les bords céphaliques et les joues libres et des tubercules plus fins et plus épars sur la joue fixe.

D'après Chatterton *et al.* (2006), *Cyphaspis hamidi* pourrait cependant être rapporté au genre *Otarion* car il partage plusieurs caractères avec les espèces assignées à ce genre par

Adrain et Chatterton en 1994. L'espèce type *Cyphaspis ceratophthalma* Kowalski, 1982, provenant de l'Eifélien d'Allemagne, diffère de *C. hamidi* d'après plusieurs caractères : pointes génales et épine thoracique axiale plus longues ; pointe génale dirigée vers l'extérieur dans sa partie proximale et incurvée vers l'intérieure dans sa partie distale ; yeux plus petits, plus élevés et plus avancés ; tubercules plus grossiers et lobe frontal plus haut et plus arqué au profil antérieur.

Kowalski (1982, 1992) a illustré d'autres Aulacopleuridae de l'Eifelien d'Allemagne, parmi lesquelles, *Otarion ranunculum* Erben, 1953 (Kowalski, 1992) qui est petit et très similaire à *Cyphaspis hamidi*. Toutefois, *Cyphaspis hamidi* diffère par ses yeux plus élevés, sa glabelle plus enflée et plus large et la bande entre le champ génal et le bord latéral du céphalon plus développé. *Otarion unguoides* Erben, 1953 est différent de *Cyphaspis hamidi* par les pointes génales et l'épine thoracique axiale plus longues.

Parmi les Aulacopleuridae du Dévonien inférieur marocain décrits par Alberti (1969), *Otarion (Otarion) akkae* Alberti, 1969, est très similaire avec *Cyphaspis hamidi*. *Otarion (Otarion) akkae* diffère de ce dernier par sa joue fixe plus large près de l'œil, les tubercules plus denses, le lobe préoccipital L1 plus large, la marge antérieure moins arquée et une rangée de tubercules plus distincte proche de la branche antérieure de la suture faciale. *Otarion ? boutscharafinense* Alberti, 1981a, de l'Emsien diffère de *Cyphaspis hamidi* par le lobe frontal étroit, le lobe préoccipital L1 plus rond et plus court (exsag.), les lobes palpébraux plus petits et sans « pit » médian et les tubercules épars sur le champ pré-glabellaire. Un cranidium attribué à *Otarion aff. boutscharafinense* Alberti, 1981a de l'Eifelien de Hamar Laghdad V, est davantage similaire à *Cyphaspis hamidi* d'après la taille du lobe frontal glabellaire, l'ornementation similaire sur le champ pré-glabellaire et sur le bord antérieur.

Cyphaspis barbarossa, *C. hoepfneri hoepfneri*, *C. hoepfneri punilio*, *C. miles* et *C. chamaeleo*, définis par Basse (1997) et provenant du Dévonien inférieur et moyen de l'Allemagne, n'ont pas de pointes génales courtes et d'épine thoracique axiale.

Famille : Proetidae Salter, 1864

Genre : *Diademaproetus* Alberti, 1964

Espèce type : *Proetus holzapfeli* Novak, 1890 (d'après la désignation originale) ; Eifelien, Wildungen, Allemagne.

Diagnose (d'après Chatterton et al. 2006) : bordure céphalique large et plate ; sillon épibordure distinct sur les joues et parfois sur le champ préglabellaire ; champ préglabellaire souvent avec projection céphalique antéro-médiane ; épines génales longues prolongées vers l'arrière jusqu'au pygidium. Contour pygidial large (tr.) et court (sag.). Sculpture dominée par des « terrasse lines » asymétriques courtes, des tubercules surtout sur les régions axiales et à l'arrière des segments thoraciques.

Espèces attribuées : *Diademaproetus holzapfeli holzapfeli* Novak, 1890 ; *D. praecursor* Alberti, 1969 ; *D. antatlasus* Alberti, 1969 ; *D. menzeni*, Kowalski, 1975 ; *D. mohamedi* Chatterton et al., 2006.

Occurrence : Emsien supérieur- Eifelien supérieur ; Maroc, Allemagne.

Diademaproetus sp. aff. *mohamedi* Chatterton et al., 2006

Planche VI. Figures 1-3

Matériel étudié : cinq exosquelettes dont un provenant de l'Emsien supérieur (base de la formation de Cheffar el Ahmar) de la coupe du Km 30 (Km30-Diad1) et quatre autres provenant de la coupe de l'Erg el Djemel (Ed3n1-Diad2 enroulé, Ed4-Diad3, Diad4, Diad5 enroulé), Chaîne de l'Ougarta, Saoura, Algérie.

Diagnose (d'après Chatterton et al. 2006) : bordures céphaliques latérale et antérieure larges et plates, sans projection céphalique antéro-médiane distincte, avec un sillon « épibordure » distinct ; lobes « lenticulaires » développés sur le champ génal, adjacent à un socle étroit, bien développé de l'avant vers l'arrière ; champ préglabellaire court (sag.), distinct médianement. Fines sculptures anastomosées sous forme d'écailles, généralement des « terrasse lines » courbes vers l'avant et des tubercules pointus dispersés vers l'arrière sur la moitié et les 2/3 postérieurs de la glabelle, et vers la moitié et l'arrière des anneaux axiaux du pygidium et du thorax ; tubercules épars sur le champ génal, et dense sur la crête proche du

sillon de bordure le long de la moitié antérieure de la joue libre et de la partie latérale du cranium.

Description :

Céphalon.- Le céphalon a un contour parabolique à semi-circulaire ; le bourrelet céphalique est bien développé, aplati et large antérieurement, il devient moins large vers sa partie postéro-latérale ; la marge postérieure est relativement large surtout vers la partie générale où elle plonge derrière l'épine générale ; le sillon du bord antéro-latéral est distinct et profond et légèrement moins profond antérieurement où il s'approche du front glabellaire ; le sillon du bord postérieur est aussi distinct et profond, plus large et courbé médianement vers l'avant, il forme avec le sillon antérolatéral un angle de 49° . La glabelle est large postérieurement, sa plus grande largeur est enregistrée au niveau des lobes latéraux L1 ; les sillons latéraux glabellaire sont distincts, légèrement profonds et étroits ; les sillons latéraux pré-occipitaux S1 sont distincts, courbés et sub-verticaux ; les sillons S2 et S3 sont plus courts légèrement courbés et parallèles à l'anneau occipital. L'anneau occipital est relativement long faisant =34% de la longueur (sag.) de la glabelle. La branche antérieure de la suture faciale a un tracé légèrement sinueux (γ , β , α) qui démarre du point (γ) par une légère incurvation vers l'intérieur, diverge vers (β) puis converge vers (α) sans marquer le point d'inflexion, en croisant la marge antérieure latérale de l'extension antérieure médiane ronde du bord du cranium. La branche postérieure démarre par une incurvation vers l'intérieur puis diverge vers (ω) sur la marge postérieure en formant une légère courbe. L'anneau occipital est plus long que les anneaux axiaux thoraciques faisant =19% de la longueur (exsag.) du thorax. Le sillon occipital (S0) est profond et distinct, le sillon occipital latéral est légèrement distinct.

L'œil est moins élevé et proche de la glabelle à cause d'une joue fixe réduite, le lobe palpébral est distinct et relativement petit, il fait =32% de la longueur (sag.) du céphalon ; la surface visuelle est courbe sur les deux plans horizontal et vertical ; deux petits lobes non ornements sont présents à l'avant et à l'arrière de l'œil sous la base de la surface visuelle ; les joues libres sont plus larges postérieurement avec de fins tubercules ; les épines générales sont pointues, légèrement courbées, dirigées vers l'arrière et longues atteignant la moitié du thorax.

Thorax.- Le thorax est formé de dix segments ; les sillons dorsaux sont modérément profonds ; le rachis est convexe, élevé et fait =49% de la largeur (tr.) du thorax ; les anneaux

inter-annulaires sont légèrement apparents ; les anneaux axiaux sont ornés de tubercules pointues et relativement denses. Le thorax contient dix plèvres ornementées de fins tubercules moins denses que le rachis, formées de deux bandes égales ; le sillon pleural est fin et profond ; la continuité latérale des plèvres est soulignée par des épines pointues, relativement courtes.

Pygidium.- Le pygidium est relativement petit, large dont la longueur (exsag.) fait =35% de sa largeur (tr.) ; la marge postérieure est relativement large avec une légère crête médiane ; la largeur du rachis pygidial fait =28% de la largeur (tr.) du pygidium, cette dernière fait =79% de la largeur (tr.) de l'exosquelette. Le pygidium est formé de 4 anneaux axiaux plus la pièce terminale et 3 plèvres. Les sillons latéraux sont distincts et légèrement profonds ; les sillons pleuraux sont bien marqués et modérément profonds antérieurement ; les sillons interpleuraux sont légèrement distincts antérieurement. Les anneaux inter-annulaires sont absents ; les sillons inter-annulaires du pygidium sont distincts, relativement profonds et courbés médianement vers l'arrière. La sculpture du pygidium est fine et légèrement dense sur l'axe avec des tubercules au centre des anneaux axiaux, elle est plus fine et moins dense sur les plèvres. Un léger renflement est présent à l'arrière de la pièce terminale.

Ornementation.- Le céphalon est marqué par de fins tubercules relativement denses sur le front glabellaire, ils deviennent plus grossiers et moins denses vers l'arrière de la glabelle. Sur l'anneau occipital, l'ornementation est matérialisée par des tubercules grossiers, relativement denses sur les joues libres et la partie frontale du cranium ; et plus fine sous forme de petit tubercules et légèrement dense sur le thorax.

Discussion :

Les spécimens de l'Ougarta partagent plusieurs caractères avec *Diademaproetus mohamedi* Chatterton *et al.*, 2006 notamment la projection antérieure du bord céphalique ronde et moins saillante que celle de *D. praecursor* Alberti (1969), qui a une projection antérieure du bord céphalique plus saillante et relativement angulaire antérieurement et légèrement droite latéralement. Cependant, ils diffèrent de *Diademaproetus mohamedi* par l'absence des « terraces lines » qui sont un caractère diagnostique chez *D. mohamedi* et par la longueur des épines génales, courtes dont les extrémités sont parallèles au sixième anneau thoracique chez les spécimens de l'Ougarta alors que chez *D. mohamedi* et *D. praecursor*, elles sont plus longues atteignant le pygidium.

Occurrence : Emsien supérieur ; Ougarta, Algérie.

Genre : *Gerastos* Goldfuss, 1843

Espèce type : *Proetus cuvieri* Steininger, 1831 ; Eifelien de la formation Ahrdorf ; Gees, Allemagne.

Diagnose (d'après Gibb & Chatterton 2010) : glabelle enflée et tuberculée, au mois postérieurement ; épine génale courte, réduite ou absente ; socle oculaire présent ; champ préglabellaire absent ou très court ; plaque rostrale triangulaire. Hypostome avec un corps médian strié et un « rhynchos » distinct. Thorax constitué de 10 segments. Pygidium micropyge à segments ronds ; axe pygidial formé de 7 à 8 anneaux plus la pièce terminale. Sillon de bordure pygidial moins profond à absent ; sillons pleuraux plus profonds que les sillons inter-pleuraux.

Remarque : Owens (1973, p. 9) a illustré l'espèce type du *Gerastos*, *Longiproetus* et *Coniproetus*. Il a fourni une liste de caractéristiques qui peuvent être utilisées pour distinguer *Proetus cuvieri*, l'espèce type du *Gerastos* et de *Proetus concinnus*, l'espèce type du *Proetus*. Les caractéristiques de *Gerastos* sont : ε et ζ largement séparées, ε à grand angle (c. 160°), marge latérale de la face inférieure de la glabelle convexe; glabelle plus longue que large; base de œil distincte ; absence d'épines génales; lobes occipitaux latéraux indistincts ; absence de « terrasse lines » incurvées sur la marge du pygidium, et de « terrasse lines » parallèles autour de la marge pygidiale. Les caractéristiques de *Gerastos* sont valables pour les espèces marocaines, y compris *G. tuberculatus marocensis*. Lütke (1990) a également fourni des caractères diagnostiques pour *Gerastos*, et a proposé un sous-genre *Devonoproetus* pour un groupe d'espèces nouvelles qui sont clairement distinctes des espèces de *Gerastos* de la région de Zguilma (Chatterton et al., 2006).

Espèces incluses du Maroc : *Gerastos ainrasifus*; *G. aintawilus*, Gibb et Chatterton, 2010 ; *G. akrechanus*, Alberti, 1969 ; *G. cuvieri malisus*; *G. discombobulatus*; *G. emmetus*; *G. hammii*; *G. izius*; *G. lisanrasus*; *G. malisjildus* Gibb et Chatterton, 2010; *G. prox umberbianus* Alberti, 1969, *G. raribus* Gibb et Chatterton, 2010; *G. rehamnanus* Alberti,

1969 ; *G. taqus* Gibb et Chatterton, 2010; *G. tuberculatus maroccensis* Chatterton *et al.*, 2006.

Gerastos tuberculatus (Barrande, 1846)

Gerastos tuberculatus maroccensis Chatterton *et al.*, 2006

Planche VIII, figures 1, 2

- 1846a *Proetus tuberculatus* Barrande : Barrande, p. 74.
 1846b *Proetus discretus* Barrande : Barrande, p. 16.
 1847 *Proetus tuberculatus* Barrande : Hawle et Corda, p. 72.
 1852 *Proetus tuberculatus* Barrande : Barrande, p. 456, pl. 16, figs. 18-20.
 1946 *Proetus (proetus) tuberculatus* (Barrande) : Pribyl, p. 6.
 1953 *Proetus (proetus) tuberculatus* (Barrande) : Pribyl, p. 59.
 1969 *Proetus (proetus) tuberculatus* (Barrande) : Alberti, p.74, pl. 1, fig. 7.
 1970 *Proetus (proetus) tuberculatus* (Barrande) : Pribyl *in* Horny et Bastl, p. 314.
 ? 1970 *Proetus (proetus) sp. A aff. granulosus* (Goldfuss, 1843) : Alberti, p. 34, pl. 3, fig 5.
 1973 *Proetus (Gerastos) tuberculatus* (Barrande) : Owens, p. 9-10.
 1980 *Gerastos (Gerastos) tuberculatus* (Barrande) : Snajdr, p. 48-49, pl. II, figs. 12, 13.
 2006 *Gerastos tuberculatus maroccensis* Chatterton *et al.* : Chatterton *et al.*, p. 43-45, pls. 37.1-37.8, 38.3-38.6, 39.1-39.12, 54.5-54.7, 54.11-54.13.

Provenance du matériel type : Emsien supérieur, base de la Formation Timrhanrhart, flanc nord de Jbel Gara el Zguilma, près de Foug Zguid, sud du Maroc.

Matériel étudié : dix individus provenant de l'Emsien supérieur (base de la formation de Cheffar el Ahmar) de la coupe de l'Erg el Djemel (Ed3n1 : deux exosquelettes enroulés et un céphalo-thorax ; Ed4 : cinq exosquelettes enroulés et deux céphalons).

*Diagnose (d'après Chatterton *et al.*, 2006)* : *Gerastos* avec sculpture sur la glabelle sous forme de tubercules pointus, plus gros que dans les autres parties de l'exosquelette ; crête tuberculée distincte (plateforme oculaire) au champ géral ; épines gérales courtes, distinctes,

pointues ; « rhynchos » hypostomal modérément enflé ; bande hypostomale et région génale sub-angulaires ; sillon de bordure pygidiale moins profond.

Description :

Céphalon.- Le céphalon est large (rapport Long. /larg. = 58%), avec un limbe saillant, et long (sag.), avec un contour semi-circulaire et légèrement dirigé vers l'arrière. Le sillon marginal (latéral) est distinct et légèrement profond. La glabelle a une longueur presque égale à sa largeur ; elle est de forme globuleuse, enflée et plus élevée que les yeux faisant 45.8% de la largeur (tr.) du céphalon. Les sillons latéraux sont distincts, profonds et incurvés vers le lobe palpébral ; le sillon préglabellaire est profond. Le sillon occipital est profond, étroit médianement et relativement large latéralement, atteignant les sillons dorsaux et dirigés vers l'arrière ; le lobe occipital est relativement large faisant 42% de la largeur (tr.) du céphalon et légèrement enflé latéralement. Les sillons S1 et S2 sont légèrement distincts, courbés vers l'avant ; le lobe palpébral est relativement petit ; le sillon palpébral est léger à absent ; le cranium est moins large dans sa partie antérieure que dans sa partie médiane (tr.) : rapport $\alpha/\delta-\delta = 0.6$; la partie médiane (tr.) du cranium ($\delta-\delta$) fait 1,2 de la largeur (tr.) du céphalon. La branche antérieure de la suture faciale démarre de l'extrémité du tronçon périoculaire (γ), diverge légèrement puis converge vers le point (α) laissant un parcours (γ, β, α) courbe légèrement sinueux ; la branche postérieure de la suture faciale démarre de l'extrémité postérieure du tronçon périoculaire (ε) par une incurvation vers l'intérieur puis devient légèrement courbée vers l'extérieur jusqu'au point (ω). La surface visuelle est relativement grande, réniforme, incurvée et lisse dont la base est marquée par un sillon distinct et large entourant l'œil mais n'atteignant pas les sillons latéraux. Les joues fixes sont larges au niveau de l'aire palpébrale, avec une surface lisse, non ornementée. Les joues libres sont larges postérieurement, anguleuses dans la partie génale (70°) et ornementées. Les épines génales sont courtes, pointues dirigées légèrement vers l'arrière.

Thorax.- Le thorax est constitué de 10 segments. Les sillons dorsaux sont distincts, étroits et légèrement profonds ; les anneaux axiaux sont bien enflés ; les sillons pleuraux sont fins et profonds. L'ornementation thoracique est matérialisée par des tubercules gros à moyens sur l'axe et moins gros sur les plèvres.

Pygidium.- Formé généralement de 7 anneaux axiaux plus la pièce terminale et de 4 à 6 plèvres, le pygidium est relativement de petite taille ; l'axe pygidial fait 39% de la largeur (tr.) du pygidium, l'arrière de l'axe pygidial fait 37% de sa largeur frontale. Le rachis pygidial est

enflé ; les sillons axiaux sont légèrement profonds ; les sillons pleuraux sont distincts alors que les sillons inter-pleuraux sont légers. L'ornementation pygidiale est représentée par des tubercules assez gros sur l'axe et moins gros sur les plèvres.

Ornementation.- Elle est représentée par de gros tubercules, pointus, denses et homogènes sur toute la glabelle. L'anneau occipital est orné de tubercules moyens, pointus ; le lobe palpébral est affecté de tubercules fins ; la joue libre est ornée de tubercules fins à la partie postéro-latérale et grossiers vers la partie antérieure. Des « terraces lines » sont présentes sur la doublure céphalique des joues libres sous formes de lignes parallèles.

Discussion : d'après Chatterton *et al.*, 2006, *Gerastos tuberculatus marocensis* est très similaire et partage plusieurs caractères avec *G. tuberculatus tuberculatus* (Barrande, 1846) (Snajdr 1980, pl. 2, figs. 9-5) qui provient d'une couche de même âge dans le Dalejan (Emsien supérieur) des calcaires de Suchomasty en Bohême. Toutefois, Chatterton *et al.* soulignent que des différences existent chez *Gerastos tuberculatus marocensis* : les épines génales sont légèrement plus longues, le sillon du bord postérieur pygidial est légèrement moins profond, la crête au champ génal est parfois peu proéminente, la géométrie de l'hypostome est différente. Le spécimen rapporté à *Gerastos tuberculatus* par Alberti (1969, pl.1, figs. 7a, 7b) montre plus de granules sur le bord latéral de la joue libre et des branches antérieures de la suture faciale plus divergentes. *Gerastos tuberculatus marocensis* diffère de *G. akrechanus* (Alberti, 1969, pl. 1, figs. 1-3) du nord-ouest du Maroc par la sculpture de la glabelle moins grossière, l'anneau occipital plus large (tr.), le bord antérieur légèrement court et la surface dorsale de la glabelle convexe dorsalement en vue de profile. *Gerastos proxumerbianus* (Alberti, 1969, pl. 1, figs. 4-6, pl. 46, fig. 6) provenant de la région de Marrakech (Maroc) est différent de *G. tuberculatus marocensis* par la sculpture de sa glabelle plus grossière, sa marge antérieure plus convexe, la branche antérieure de sa suture faciale plus divergente, l'absence des sillons S2 et S3 et les sillons pleuraux et inter-pleuraux bien définis sur le pygidium.

Gerastos tuberculatus marocensis diffère de *G. hammii* (Gibb et Chatterton, 2010, p. 17, pl. 7, figs. 1-9) de l'Emsien supérieur de Ma'der (Maroc) par la sculpture de la glabelle moins dense et moins grossière et la présence de « pits » sur les joues libres chez *G. hammii* alors que chez *G. tuberculatus marocensis*, les joues libres sont tuberculées. Les tubercules sur le

bord du lobe palpébral et l'ornementation sur le thorax et le pygidium sont absents chez *G. hammi*.

Occurrence : Emsien supérieur ; Maroc (Foum Zguid), Algérie (Erg el Djemel), Bohême (Allemagne).

C. Biométrie

Une étude biométrique à l'échelle générique et spécifique a été réalisée sur la sous-famille des Phacopinae afin de visualiser leur variabilité.

L'étude effectuée porte sur les caractères morphologiques suivants :

- Comptage des lentilles oculaires (nombre maximum de lentilles par rangée, nombre de rangées).
- Mesure de la longueur du céphalon (en mm).
- Mesure de la largeur du céphalon (en mm).

A. Diagrammes de dispersion de la largeur *versus* la longueur du céphalon des Phacopinae

1. Diagramme de dispersion de la largeur (en mm) *versus* la longueur (en mm) du céphalon des Phacopinae étudiés (**Fig. 27A**).

La dispersion des différents points montre qu'ils sont significativement organisés selon une droite de régression ($y=ax+b$; avec $r=0.8934$; p^{***}), ce qui permet de déduire que la corrélation est positive avec une largeur qui varie proportionnellement avec la longueur. Globalement, les Phacopidae étudiés présentent une même évolution de taille.

2. Diagramme de dispersion de la largeur (en mm) *versus* la longueur (en mm) du céphalon des genres *Barrandeops* et *Phacops* (**Fig. 27B**).

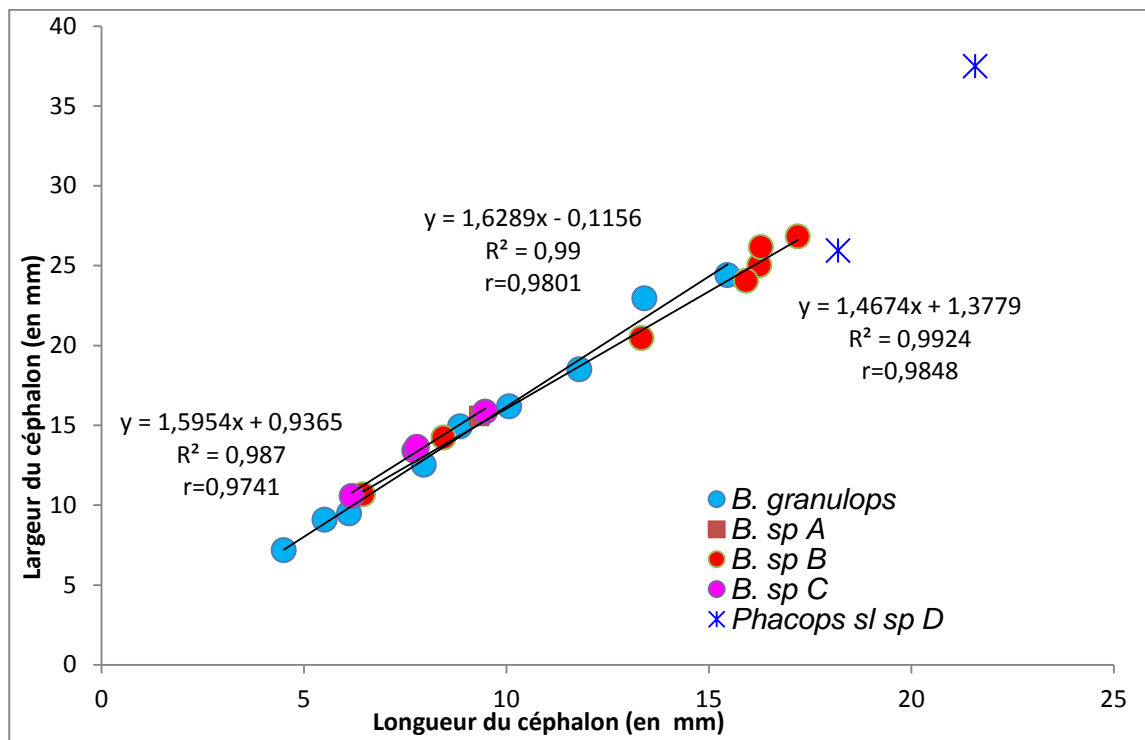


Fig. 26 : Diagramme des *Barrandeops* de la largeur versus la longueur.

Dans le détail, les différentes espèces du genre *Barrandeops* montrent des individus organisés selon une droite de régression ($y=ax+b$; $r=0.9848$, p^{***} chez *Barrandeops sp. B* ; $r=0.9801$, p^{***} chez *Barrandeops granulops*), cela signifie que la corrélation spécifique est aussi positive avec des largeurs variant proportionnellement avec les longueurs (**Fig.26**).

Barrandeops sp. C. n'est représenté que par trois petits individus montrant une même tendance que *Barrandeops granulops*. (**Fig.26**).

Phacops s.l. sp. D est représenté par deux grands individus ; le céphalon étant plus large (26 mm) que long (17 mm) pour la plus petite forme. Pour la plus grande forme, la longueur commence à prendre de l'ampleur par rapport à la largeur.

3. Diagramme de dispersion de la largeur (en mm) *versus* la longueur (en mm) du céphalon du genre *Austerops* (**Fig. 27C**).

Les individus rapportés à l'espèce *Austerops menchikoffi* sont organisés selon une droite de régression ($y=ax+b$; $r=0.8864$, p^{***}). Cette même droite passe par le point représentant l'holotype de *Phacops menchikoffi* de Le Maître, 1952.

Les individus rapportés à la nouvelle espèce *Austerops lemaitri n. sp.* sont organisés aussi selon une droite de régression ($y=ax+b$; $r=0.7798$, p^{***}). Cette dernière passe par le point représentant *Phacops salteri* décrit par le Maître en 1952 et est proche de celui du paratype de *P. menchikoffi* de Le Maître, 1952. Cette nouvelle espèce est caractérisée par des proportions qui diffèrent de celles de *Austerops menchikoffi* : pour une longueur donnée, les individus de la nouvelle espèce sont moins larges.

Pour l'espèce *Austerops sp. E*, les individus semblent plus hétérogènes.

B. Diagrammes basés sur le nombre de files oculaires *versus* la longueur (en mm) du céphalon des Phacopinae

Le diagramme global montre bien que les espèces du genre *Barrandeops* sont différentes à celles du genre *Austerops* par le nombre des files oculaires différent (**Fig. 28**).

Phacops s.l. sp. D caractérisé par trois grands individus possède 19 files oculaires tout comme *Barrandeops granulops*.

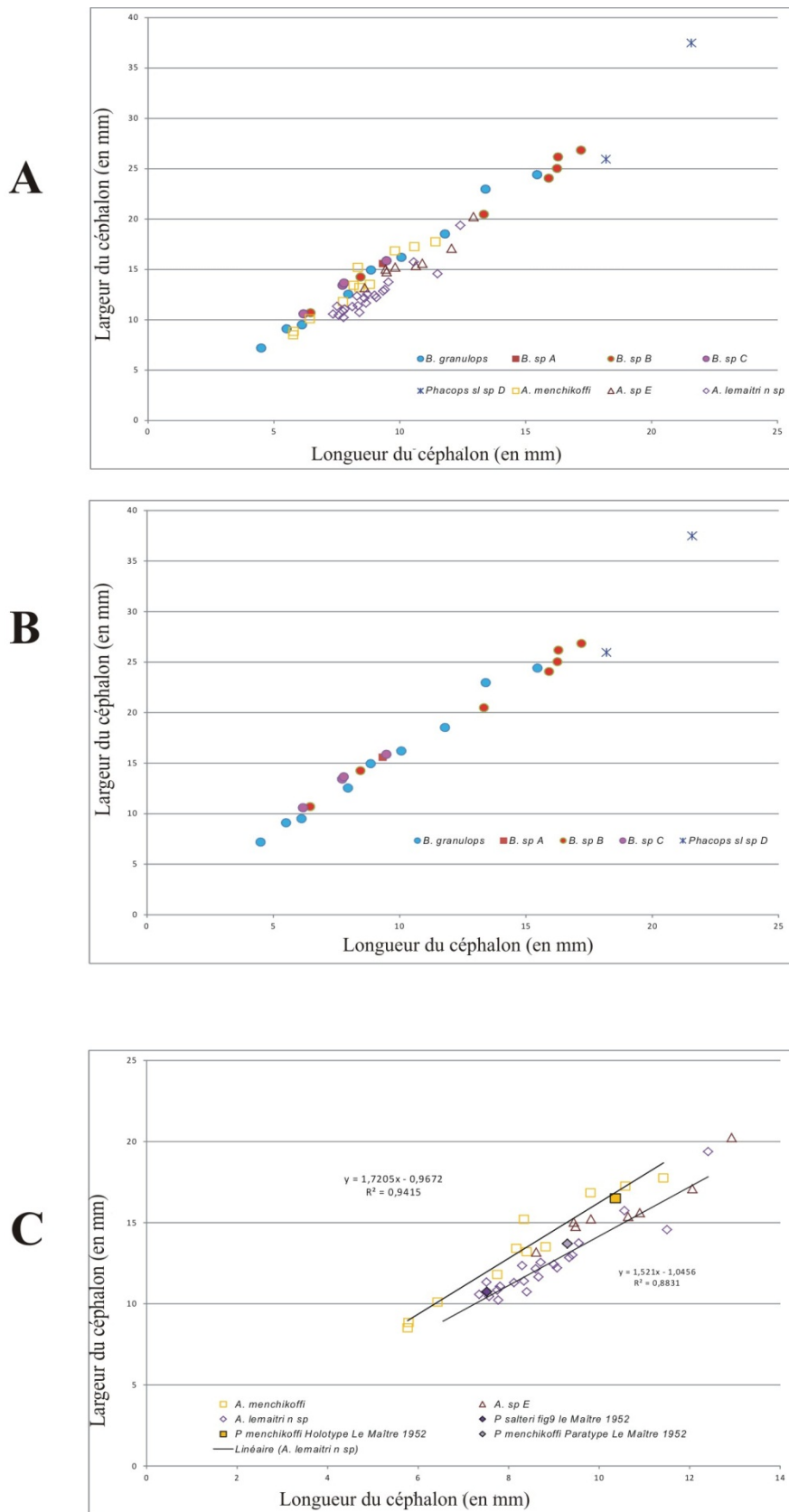


Fig. 27:Diagrammes des phacopinae de la largeur versus la longueur du céphalon

Barrandeops granulops possède généralement 19 files oculaires. Seuls trois individus (sur les onze) possèdent 18 files mais la longueur de leur céphalon est plus réduite, ce qui conduit à déduire que ce sont des formes plus juvéniles.

Barrandeops sp. B aff. lebesus montre un nombre similaire de files oculaires avec *Barrandeops granulops* (19 files) ; un seul individu plutôt petit possède 20 files oculaires.

Barrandeops sp. C aff. forteyi sont bien différents par le nombre de files oculaires qui est très réduit (15). Les trois individus sont des formes plutôt petites à moyennes.

Barrandeops sp. A représenté par un seul individu de taille moyenne est caractérisé par 18 files dorso-ventrales de lentilles oculaires.

Le diagramme du nombre de files oculaires *versus* la longueur du céphalon (en mm) des *Austerops* montre qu'ils ont généralement 18 files dorso-ventrales de lentilles oculaires.

Tous les individus de *Austerops menchikoffi*, y compris l'holotype de Le Maître (1952) possède le même nombre de files, soit 18 files.

Austerops lemaitri n. sp. possède généralement 18 files, seuls quatre individus de taille petite à moyenne possèdent 17files.

Austerops sp. E. de taille moyenne à grande possède généralement 18 files, seul un individu de taille moyenne possède 19 files.

C. Conclusions

L'étude biométrique des Phacopidae paraît complémentaire de l'étude systématique (descriptive) car elle nous a permis de visualiser et de quantifier partiellement la variabilité des individus identifiés. Elle nous a permis surtout de montrer que la nouvelle espèce *Austerops lemaitri n. sp.* était caractérisé par des proportions différentes de *Austerops menchikoffi* : pour une longueur donnée, les individus de la nouvelle espèce sont moins larges.

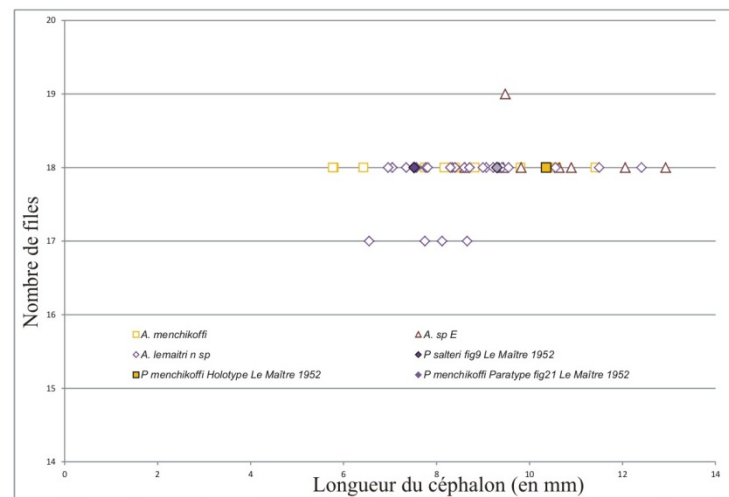
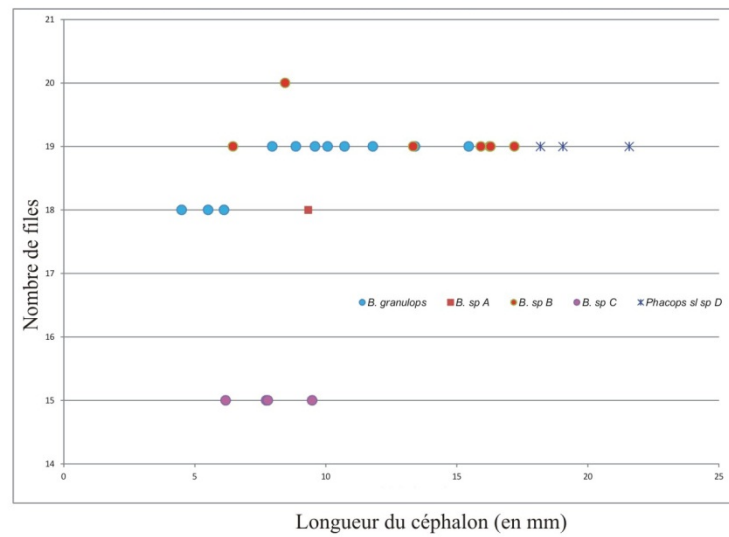
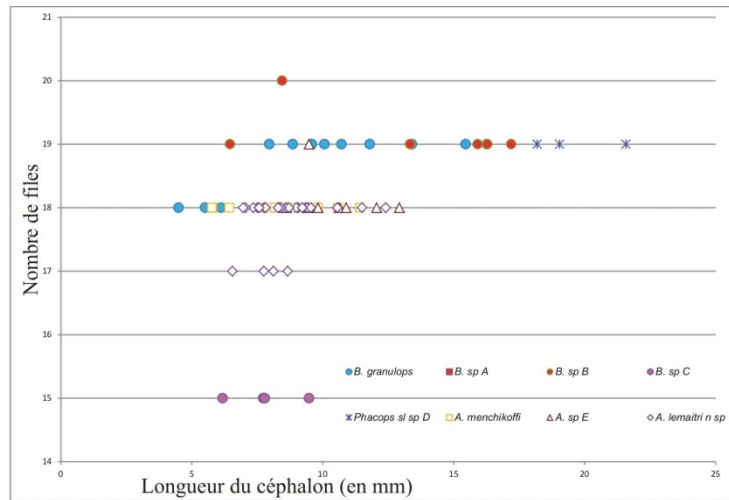


Fig. 28:Diagrammes des phacopinae des nombre de files oculaires versus la longueur (en mm) du céphalon

I. Répartition géographique des trilobites récoltés dans le FBV

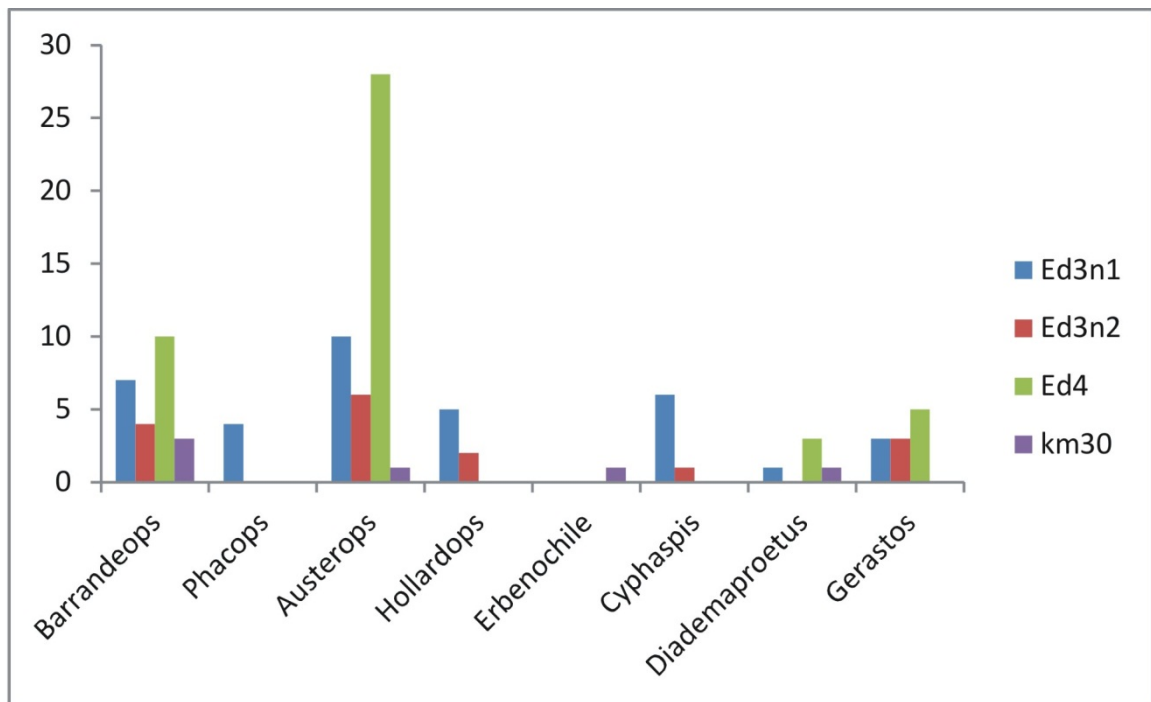
L'analyse de la faune récoltée dans les deux coupes (Km 30 et de Erg el Djemel) a permis de mettre en évidence quatre familles de trilobites (Phacopidae, Proetidae, Acastidae et Aulacopleuridae) réparties en huit genres et treize espèces.

Famille	Genre	Espèce	Km 30	Erg el Djemel		
				Ed3-1	Ed3-2	Ed4
Phacopidae	<i>Barrandeops</i>	<i>B. granulops</i>	★	★		★
		<i>B. sp. A</i>	★			
		<i>B. sp. B</i>		★	★	★
		<i>B. sp. C</i>		★	★	
	<i>Phacops</i>	<i>P. sl. sp D</i>		★		
	<i>Austerops</i>	<i>A. menchikoffi</i>	★	★	★	★
		<i>A. sp E</i>		★	★	★
<i>A. lemaitri n sp</i>			★		★	
Acastidae	<i>Hollardrops</i>	<i>H. mesocristata</i>		★	★	
	<i>Erbenochile</i>	<i>E. erbeni</i>	★			
Aulacopleuridae	<i>Cyphaspsys</i>	<i>C. hamidi</i>		★	★	
Proetidae	<i>Gerastos</i>	<i>G. tuberculatus marocansis</i>		★	★	★
	<i>Diademaproetus</i>	<i>D.sp. Aff. mohamedi</i>	★	★		★

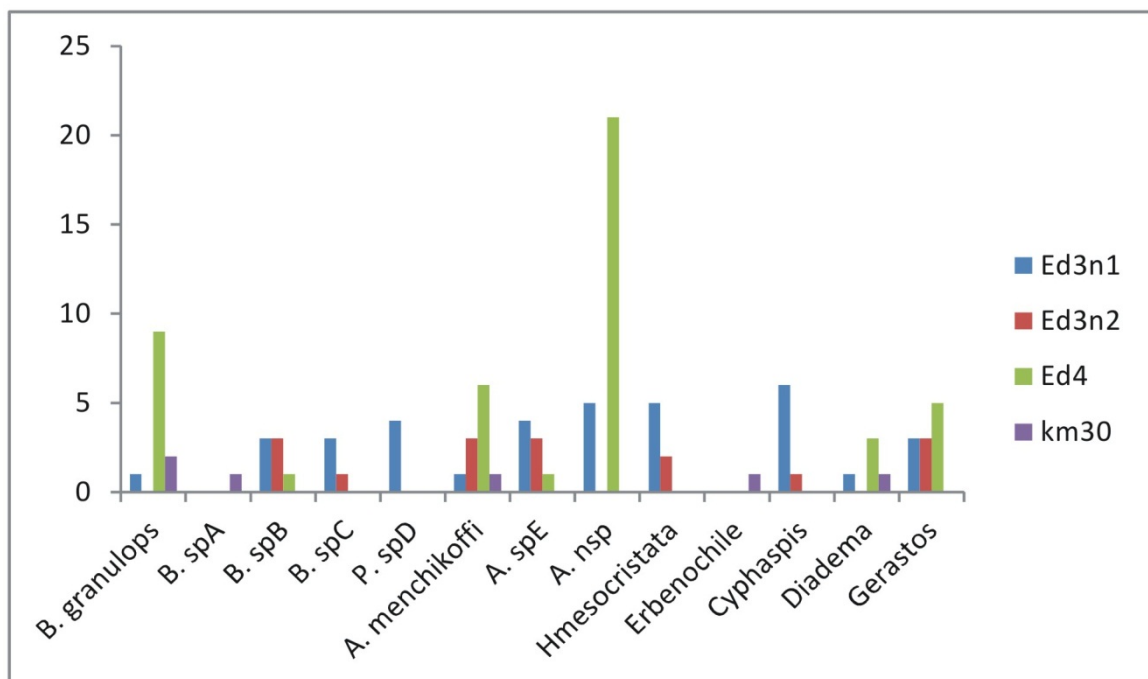
Tabl. 1. Classification de la faune de trilobites des gisements étudiés

Austerops menchikoffi est une espèce qui est présente dans les deux secteurs d'étude. En outre, à Erg el Djemel, elle est présentée verticalement dans tous les niveaux. La richesse en individus (28 exemplaire) revient à *A. lemaitri*.

Concernant la diversité au sein des niveaux à trilobites, on remarque que le niveau **Ed3-1** de la coupe de l'Erg el Djemel est le plus diversifié avec 07 genres et 11 espèces, suivie des deux autres (**Ed3-2 et Ed4**) contenant six espèces chacun (**Fig.29**).



A



B

Fig.29 : Diagrammes de la répartition des genres (A) et des espèces (B) dans les niveaux à trilobites de la Saoura.

Le niveau à trilobites de la coupe du Km 30 est représenté par quatre genres et cinq espèces (**Fig.29**), toutefois ce nombre pourrait être plus grand si on utilisera d'autres techniques d'extraction des trilobites.

Les niveaux à trilobites étudiés correspondent à des niveaux polybenthophyses par leur richesse en faune benthique (Trilobites, brachiopodes, rugueux et crinoïdes), et polyspécifiques du fait qu'ils contiennent plus de quatre espèce.

Environnements sédimentaires et conditions paléoécologiques

1) Environnements de dépôts

a) La coupe du km 30

Le « FBV » du km 30 est représenté par deux faciès principaux ; les marnes (boue) et les calcaires avec des intercalations gréseuses comme faciès secondaire.

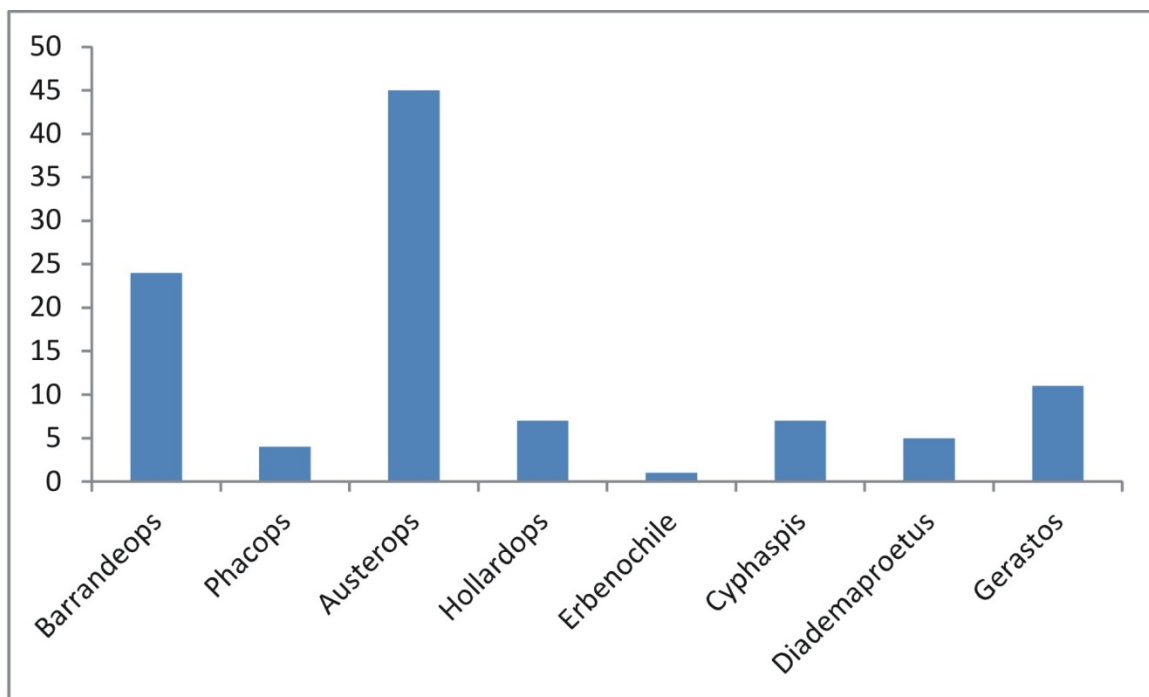
Les calcaires sont souvent argileux, noduleux et bioclastiques à entroques et à texture packstone (Ouali Mehadji, 2004), alternant avec des marnes (boues) avec des passées gréseuses à la base du FBV.

Ces faciès reflètent des conditions environnementales d'un milieu de plateforme avec une énergie hydrodynamique moyenne avec courants de fond actifs. Les passées gréseuses peuvent être considérés comme décharges silicoclastiques provenant du rivage.

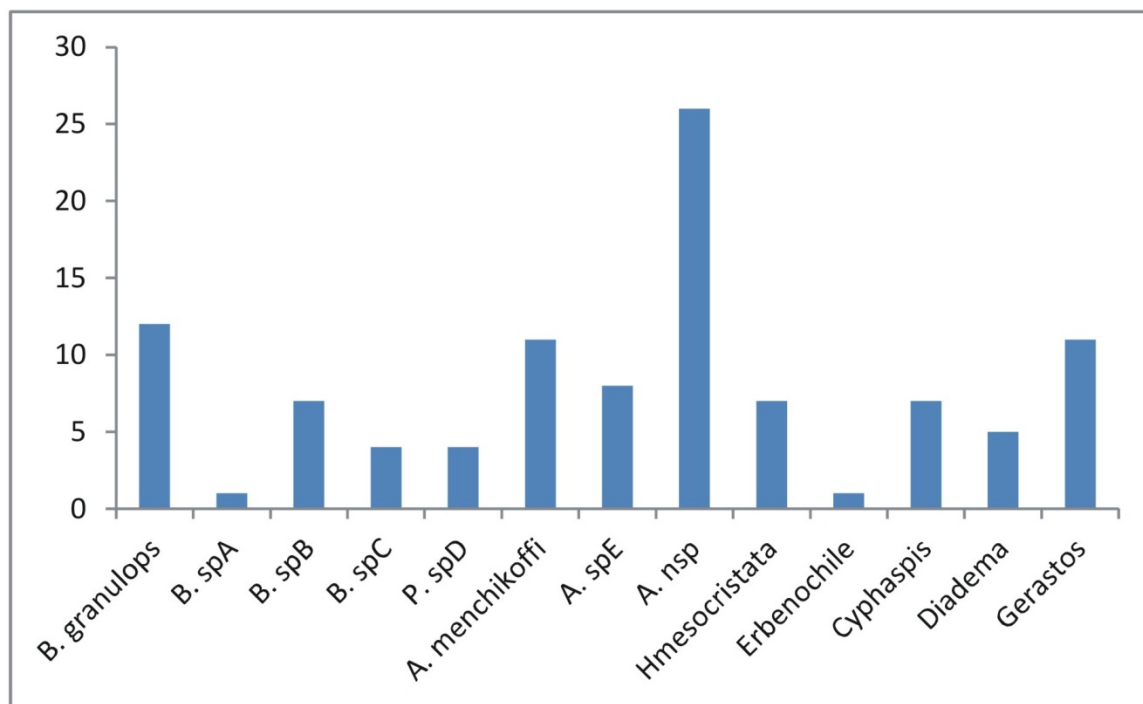
b) La coupe de Erg el Djemel

Le « FBV » de Erg el Djemel est caractérisé par deux principaux faciès ; faciès des marnes (boue) et faciès carbonaté bioclastique.

Le faciès carbonaté est représenté par des calcaires à aspect pseudonoduleux. D'après Ouali Mehadji (2004), ces calcaires sont constitués de biocalcilitites à biocalcarinites de texture packstone. Ces calcaires s'alternent avec des marnes plus épaisses de couleur grise. Cette alternance suggère un milieu de dépôt de type plateforme distale à faible énergie hydrodynamique.



A



B

Fig.30: Diagrammes de l'abondance des genres (A) et des espèces (B) dans les niveaux à trilobites de la Saoura.

2) Conditions paléoécologiques

Des analyses taphonomiques ont été réalisées sur un nombre d'échantillons de trilobites de la sous famille des phacopinae, 112 spécimens du km 30 et 105 spécimens de Erg el Djemel. Les résultats sont représentés sous forme de tableau (**Tab.2**) pour être extrapoler après sur le panorama des taphofaciès (**Fig.7**) de Speyer & Brett (1968), cela va nous permettre de ressortir les paramètres paléoécologiques.

A) Coupe du Km 30

Le gisement des trilobites du niveau à faune benthique variée (FBV) de la coupe du Km 30 coïncide avec le sommet du (**RM10**) de Ouali Mehadji (2004). Ce banc est caractérisé par une diversité spécifique suggérée par la présence de cinq espèces (**Tab. 1**). Le peuplement des trilobites est représenté par un grand nombre d'individus, qui présentent des différences au niveau des caractères taphonomiques. Les individus désarticulés, comprenant des exemplaires des thoraxo-pygidium et de céphalon, sont abondants (61 %) (**Tab.2**), parfois on peut rencontrer ces deux entités squelettiques mitoyennes, ce qui peut être considéré comme exuvies (mues). Les spécimens enroulés sont fréquents (29%), bien conservés et parfois pyritisés. Ceux qui sont étirés sont moins fréquents (8%). L'enroulement est considéré comme position de « stress » provoquée soit par l'enfouissement rapide (obrution) (**Fig.6**) soit à une stimulation toxique déclenchée par le remuement de la boue riche en sulfures anoxiques (Whiteley et *al.*, 2002).

La diversité spécifique et la différence des caractères taphonomiques des trilobites suggèrent la présence de plusieurs générations ce qui indique le phénomène de la retro-action taphonomique. Cela confirme le résultat acquis par les brachiopodes où le nombre des espèces dans le **RM 10** (équivalent du niveau à trilobites), est le plus élevé (treize espèces de brachiopodes, Ouali Mehadji, 2004) (**Fig.31**).

Les caractères taphonomiques (**tab.2**) permettent de placer la faune à trilobites dans un milieu de plateforme, entre les taphofaciès **3A** et **4A** du modèle proposé par Speyer & Brett, (1986) (**Fig.31**). Les sédiments sont déposés dans des eaux relativement profondes à courant marins actifs où les exosquelettes des trilobites servaient de substrat pour les organismes benthiques sessiles. Ceci est confirmé par le système oculaire très développé des trilobites (lentilles oculaires nombreuses) adapté aux eaux de la zone euphotique.

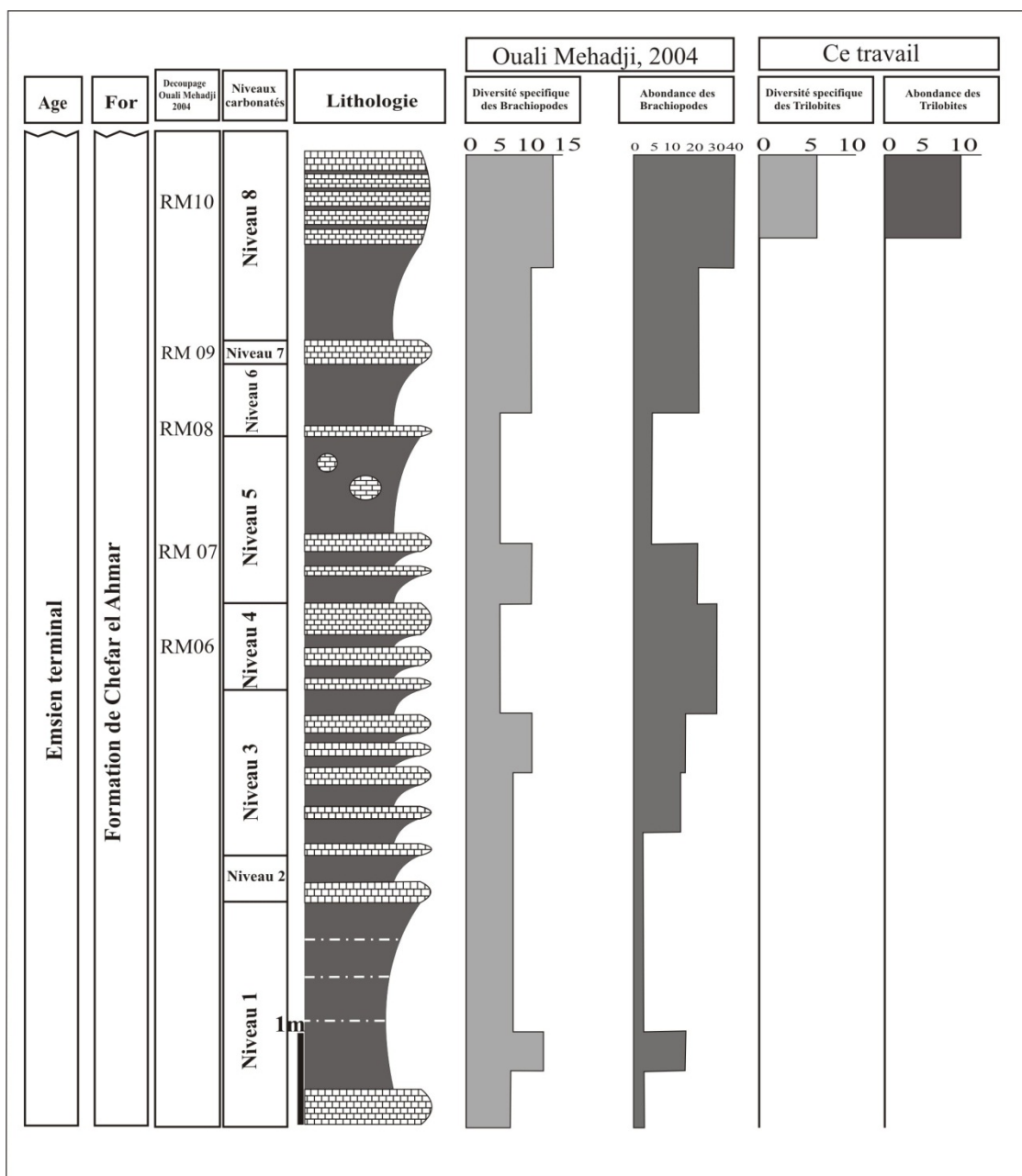


Fig.31 : Diversité spécifique et abondance des brachiopodes et trilobite dans le (FBV) du "Km 30"

Coupes Caractères taphonomiques	Km 30		Erg el Djemel	
	Nombre	%	Nombre	%
Enroulés	33	29	93	88
Tendus	10	08	03	02
Mues/ désarticulés	69	61	10	09
Encroûtements/ fragmentations	55	49	37	35
Total	112	100	105	100

Tab. 02. Estimation quantitative des caractères taphonomiques des phacopinae dans les coupes étudiées

Du point de vue séquentiel, le RM10 constitue avec le RM 9 un demi-cycle transgressif de 4^{ème}-5^{ème} ordre, caractérisé par le maximum de diversité et d'abondance, et une zone de maximum d'inondation (MFZ) clôturée par une surface d'inondation maximale (MFS) du cycle de 3^{ème} ordre.

B) Coupe de Erg el Djemel

Le FBV de la coupe de l'Erg el Djemel a livré trois niveaux à trilobites ; les deux premiers Ed3-1 et Ed3-2 sont l'équivalent du niveau EDN3 de Ouali Mehadji (2004) tandis que le troisième Ed4 coïncide avec le niveau EDN4.

Le niveau Ed3-1 est le plus riche en trilobites représentant onze espèces avec des individus nombreux. Le niveau Ed3-2 contient sept espèces avec un nombre d'individus aussi élevé. Le niveau Ed4 est marqué par sept espèces et aussi une grande population (**tab.1**).

Du point de vue taphonomique, les individus montrent plusieurs caractères taphonomiques : les exosquelettes enroulés, parfois légèrement pyritisés sont dominants (88%), (**Tab.2**) avec un contraste dans le degré de conservation. La faible pyritisation (précoce) de certains individus et le bon état de conservation témoigne des épisodes d'enfouissement rapide dans un sédiment oxygéné (**Fig.6. D**) (Whiteley et al., 2002).

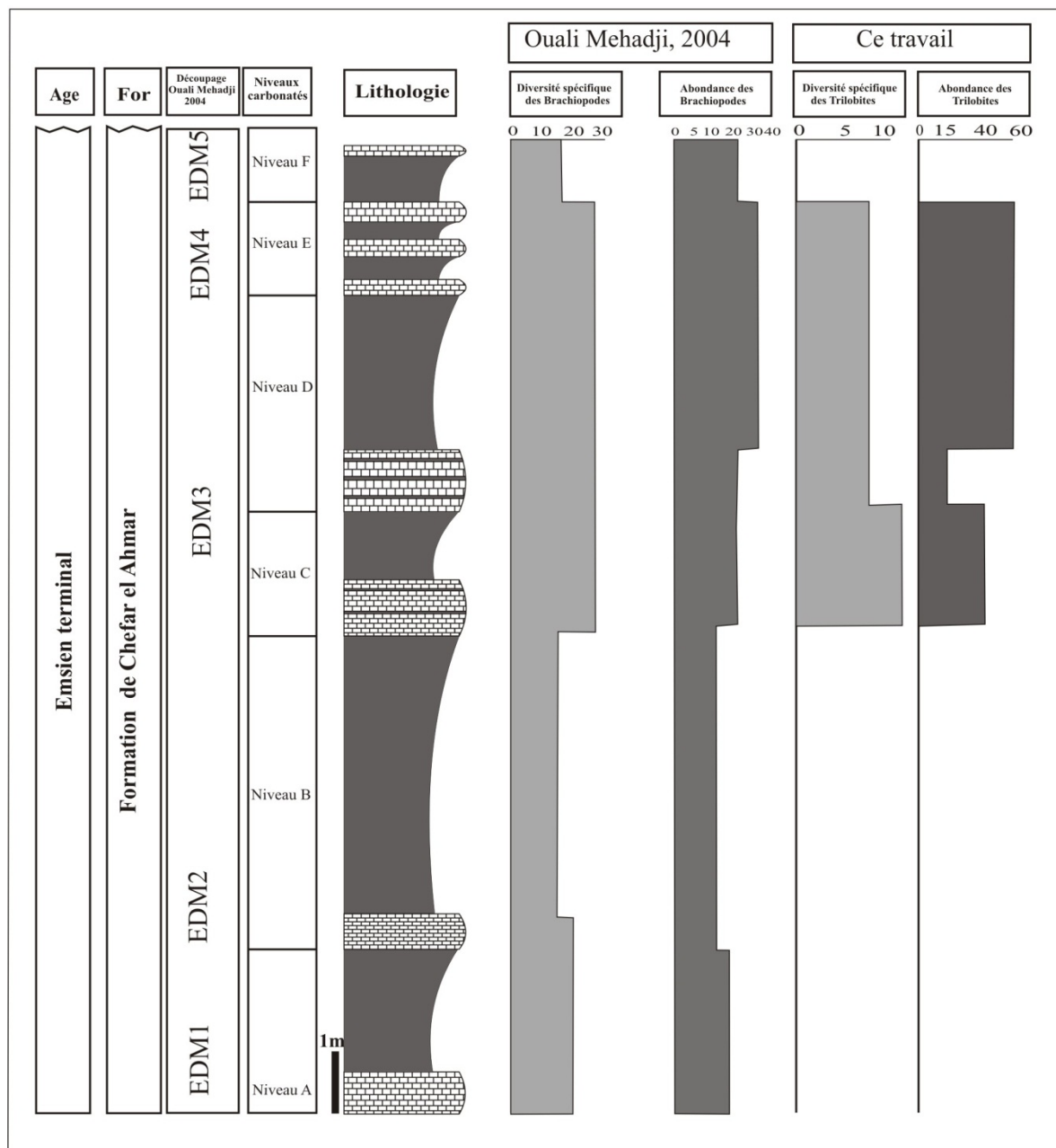


Fig.32 : Diversité spécifique et abondance des brachiopodes et trilobite dans le (FBV) du Erg el Djemel

Le contraste du degré de conservation des individus est palpable au niveau de l'ornementation (tubercules, granules ...etc) où parfois cette ornementation est effacée témoin de générations différentes.

Les individus corrodés par les processus biogéochimiques sont fréquents (35%), (**Tab.2**). Il existe des exosquelettes déformés, hydroplastiquement, dû probablement au tassement diagénétiques.

La diversité spécifique, la richesse en peuplement, les différents caractères taphonomiques et le contraste de la préservation (ornementation conservée ou effacée) sont des témoins de l'amalgamation de plusieurs générations ce qui conforte l'hypothèse de la rétro-action taphonomique signalée déjà à partir de l'étude des brachiopodes.

Les caractères taphonomiques cités (**tab.2**), impliquent une position plus distale par rapport au (FBV) du Km30. Le système oculaire très développé et la présence des épines génales chez certains proetidae indiquent qu'on est toujours dans la zone euphotique, ce qui permet de positionner les niveaux à trilobites de l'Erg el Djemel au taphofaciès 4A ou à 4B du modèle proposé par Speyer & Brett (1986) (**Fig.33**).

L'intervalle entre EDN3 et EDN5 (Ouali Mehadji, 2004) est considéré comme un cycle sédimentaire de 4^{ème} -5^{ème} ordre où le maximum transgressif (TST) est marqué par les niveaux fossilifères les plus riches où les trilobites sont diversifiés (treize espèces) et très abondants (**Fig.32**).

Conclusion

L'étude sédimentologique (environnements de dépôt), et paléoécologique à travers les caractères taphonomiques des trilobites, du FBV des deux coupes (Km30 et Erg el Djemel) a permis de proposer un environnement de plateforme toutefois, le FBV de erg el Djemel est plus distal que celui du Km30. L'hypothèse du milieu récifal est rejetée par la présence des Asteropyginae (*Hollardops mesocristata* et *Erbenochile erbini*) qui sont rares dans les milieux récifaux comme souligné par Morzadec (1992).

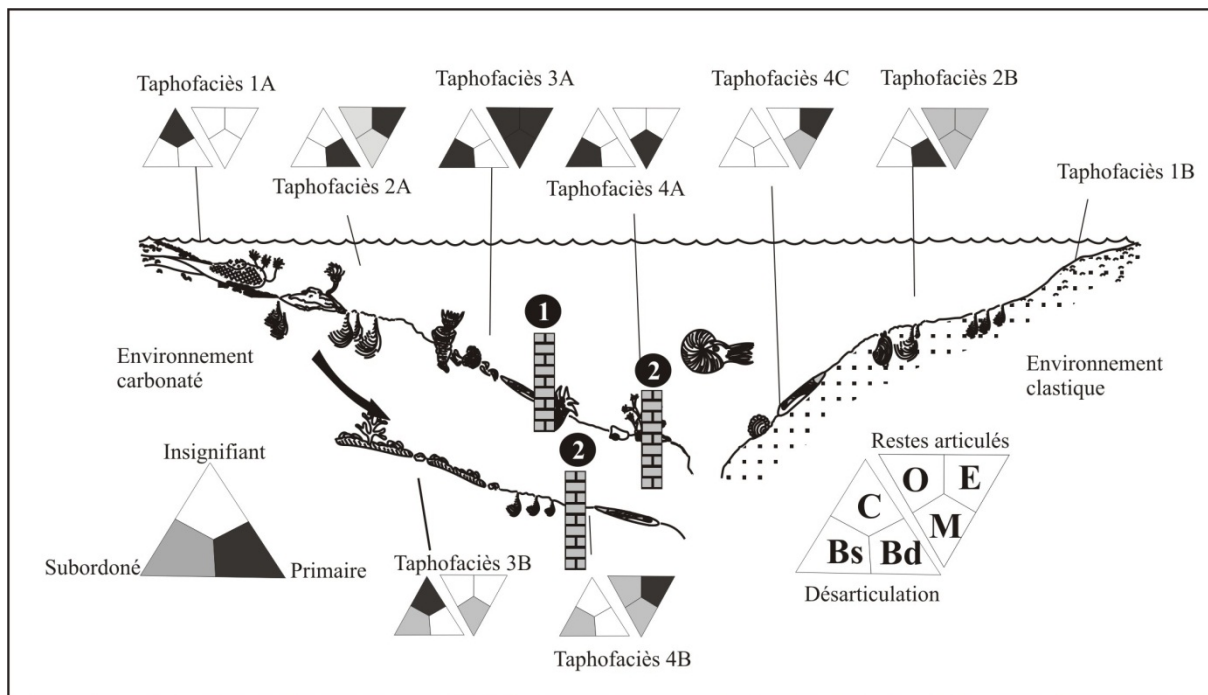


Fig. 33: Emplacement du FBV de la Saoura sur le Panorama des taphofaciés de trilobites de Speyer & Brett, (1986).

- ❶ **FBV. du Km 30**
- ❷ **FBV. de Erg el Djemel**

Désarticulation a été véhiculée par le des processus liés au courant (**C**), bioturbation superficiels (**Bs**), et / ou profonde, bioturbation intrastratale (**Bd**). Ces agents sont différenciés sur la base de l'orientation des sclérites. Les restes articulés sont classés en fonction de la posture du corps (**O** = tendue, **E** = enroulé) et le mode de production (**M** = mue).

Conclusion générale

Le niveau à faune benthique variée (FBV) de la Saoura est un niveau coquillé majeur au sens de Kidwel (1989) dont l'extension géographique est importante.

Du point de vue lithologique, le FBV est caractérisé par une alternance de bancs carbonatés bioclastiques à texture packstone, avec des faciès boueux (marnes) contenant parfois des intercalations gréseuses. Cette alternance irrégulière ne dépasse pas les 12m d'épaisseur dans les deux coupes (Km 30 et Erg el Djemel).

La présence de plusieurs groupes fossiles (trilobites, brachiopodes, tetracoralliaires coloniaux et solitaires, bryozoaires, articles de crinoïdes, gastéropodes et céphalopodes) qualifie le FBV de la Saoura de niveau polybenthophyse.

L'étude systématique des trilobites nous a permis de mettre en évidence quatre familles de trilobites (Phacopidae, Acastidae, Proetidae et Aulacopleuridae) réparties en huit genres et treize espèces dont dix ont été signalées pour la première fois dans la Saoura.

Une nouvelle espèce a été définie *Austerops lemaitri* et une autre a été discutée *Austrops smoothops* (Chatterton et al., 2006). Les espèces de la Saoura sont légèrement différentes de celles du Sud marocain (Tafilalt et Maïder).

Les caractères taphonomiques (enroulement, mue, désarticulation, fragmentation et encroutement) et la diversité spécifique ont permis de décrypter plusieurs générations amalgamées, ce qui confirme la présence du phénomène de la rétro-action taphonomique.

A travers les variations quantitatives de ces caractères taphonomiques et les caractères morphologiques (système oculaire) des individus, nous avons pu proposer un environnement de plate-forme (Zone euphotique) pour ces niveaux à trilobites. Toutefois, le FBV de la coupe de Erg el Djemel occupe une position plus distale que celle du « Km 30 ».

La présence de représentants de la sous-famille des asterpyginae (*Hollardops mesocristata* et *Erbenochile erbeni*) rend l'hypothèse de l'existence d'un niveau coralligène négligeable.

Du point de vue séquentiel, le RM10 et le RM 9 du FBV du Km 30 constituent un demi-cycle transgressif de 4^{ème}-5^{ème} ordre, caractérisé par le maximum de diversité et d'abondance, et une zone de maximum d'inondation (MFZ) clôturée par une surface

d'inondation maximale (MFS) du cycle de 3^{ième} ordre. L'intervalle entre EDN3 et EDN5 de Erg el Djemel est considéré comme un cycle sédimentaire de 4^{ème} -5^{ème} ordre où le maximum transgressif (TST) est marqué par les niveaux fossilifères les plus riches où les trilobites sont diversifiés (treize espèces) et très abondants.

Paleobiogéographie

La faune benthique de la Saoura présente des affinités avec celles de l'Anti-Atlas, le Massif Armoricain, la Chaîne Cantabrique, les Ardennes et la Bohême. Cela a été signalé par plusieurs auteurs (Le Maître, 1952 ; Drot, 1964 ; Legrand, 1967 ; Rachboeuf, 1981 ; 1990 ; Morzadec et *al.*, 1988).

La sous espèce *Gerastos tuberculatus marocansis* (Chatterton et *al.*, 2006) est signalée pour la première fois dans la Saoura. Elle a été définie au Maroc (Foum Zguid) mais l'espèce *Gerastos tuberculatus* (Barrande, 1846) a été défini en Bohême (République Tchèque).

Le problème de la migration des proétidae a été soulevé par Gibb et *al.* (2010), qui doutent de la migration des proetidae (*Gerastos*) du Sud de l'Europe vers le Nord-africain en passant par le Nord du Maroc, à cause de la présence d'un bassin turbiditique profond (Bassin Marrakech-Oujda) qui servait d'obstacle pendant le Dévonien inférieur. Charpentier (1984), heckel et Wilzke (1979) et Pique & Michard (1989) pensent que la migration devait se faire le long d'un plateau peu profond.

La présence de ces proétidae dans la Saoura peut être une explication à cette énigme. La migration de cette famille de trilobite a été du Nord vers le Sud, vers la Saoura aux premiers temps puis de l'Est (Saoura) vers l'Ouest (le sud marocain).

CHAPITRE II

Description des coupes étudiées

CHAPITRE I

Généralités

CHAPITRE III

Paléontologie des trilobites

CHAPITRE VI

Caractères taphonomiques, diversité spécifique et environnements

Conclusion générale et paléobiogéographie

Références bibliographiques

Liste des figures	page
Fig.1: Situation géographique des Monts de l'Ougarta	p.2
Fig.2 : Esquisse structurale d'Ougarta (Fabre 1976)	p.2
Fig.3: Localisation des secteurs du "km 30" et de Erg le Djemel (Extrait de la carte géologique 1/200000)	p.4
Fig.4 : Unités structurales des Monts d'Ougarta et toponymie (d'après Hervouet & Duée, 1996)	p.4
Fig. 5. Position lithostratigraphique du FBV par rapport aux bassins péri-rhéique	p.11
Fig.6.: Conditions de la formation des fossiles bien conservés pyritisés (Whiteley et <i>al.</i> , 2002)	p.15
Fig. 7: Panorama de reconstitution du groupe de Hamilton (Dévonien moyen, Etats Unis) et taphofaciès des trilobites (Speyer & Brett, 1986)	p.20
Fig. 8: Succession lithostratigraphique et illustrations photographiques du "FBV" du km 30	p.24
Fig. 9: Succession lithostratigraphique et illustrations photographiques du "FBV" de l'Erg el Djemel.	p.26
Fig.10: Nomenclature de l'exosquelette des Trilobites. (Modifié de Moore, 1959)	p.30
Fig.11: Nomenclature du céphalon d'un trilobite (ptychopariide) Moore, 1959	p.33
Fig.12: Vue latérale d'un céphalon de trilobite	p.33
Fig.13. Différentes formes des glabelles, des sillons et des lobes occipitaux	p.35
Fig.14. Différents types de la suture faciale	p.35
Fig.15: Les différents types des segments thoraciques	p.37
Fig.16: Segments thoraciques de <i>Ceraurinella typa</i> Cooper, Ord. Moy. Virginie	p.37
Fig.17: Nomenclature pygidial (d'après Harrington, in Moore, 1959)	p.39
Fig.18: Formes diverses du pygidium	p.39
Fig. 19: Composition des appendices chez les trilobites	p.41
Fig.20: Morphologie externe d'un oeil schizochroal d'un Phacopidae (vue latérale, H : hauteur)	p.41
Fig.21: Divers modes d'enroulement chez les trilobites	p.46

Fig.22: Types d'exuvation rencontrés chez les Phacopinae	p.48
Fig.23: Illustration et terminologie de l'exosquelette d'un Phacopinae illustré par l'espèce <i>Phacops fecundus</i> Emmerich, 1839	p.50
Fig. 24: Illustration et terminologie de l'exosquelette d'un Asteropyginae illustré par le genre <i>Supradevonicus</i> Haas & Mensink, 1970.	p.71
Fig. 25: Illustration et terminologie de l'exosquelette d'un Protinae illustré par le genre <i>Gerastos</i> Goldfuss, 1843	p.79
Fig. 26: Diagrammes des <i>Barrandeops</i> de la largeur versus la longueur du céphalon	p.92
Fig. 27: Diagrammes des phacopinae de la largeur versus la longueur du céphalon	p.94
Fig. 28: Diagrammes des phacopinae des nombre de files oculaires versus la longueur (en mm) du céphalon	p.96
Fig.29 : Diagrammes de la répartition des genres (A) et des espèces (B) dans les niveaux à trilobites de la Saoura	p.98
Fig.30: Diagrammes de l'abondance des genres (A) et des espèces (B) dans les niveaux à trilobites de la Saoura	p.100
Fig.31 : Diversité spécifique et abondance des brachiopodes et trilobite dans le (FBV) du "Km 30"	p.102
Fig.32 : Diversité spécifique et abondance des brachiopodes et trilobite dans le (FBV) du Erg el Djemel	p.104
Fig. 33: Emplacement du FBV de la Saoura sur le Panorama des taphofaciès de trilobites de Speyer & Brett, (1986)	p.106

Tableaux

Tab.1. Classification de la faune de trilobites des gisements étudiés	p.97
Tab. 02. Estimation quantitative des caractères taphonomiques des phacopinae dans les coupes étudiées	p.103

**PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES
DES TRILOBITES**

PLANCHE I

Figs. 1-3 : *Barrandeops granulops*.

- 1) PH. 11, Ed3n1, coupe de Erg el Djemel.
- 2) PH. 55, Ed4, coupe de Erg el Djemel.
- 3) PH. 112, coupe du km 30.

PLANCHE I

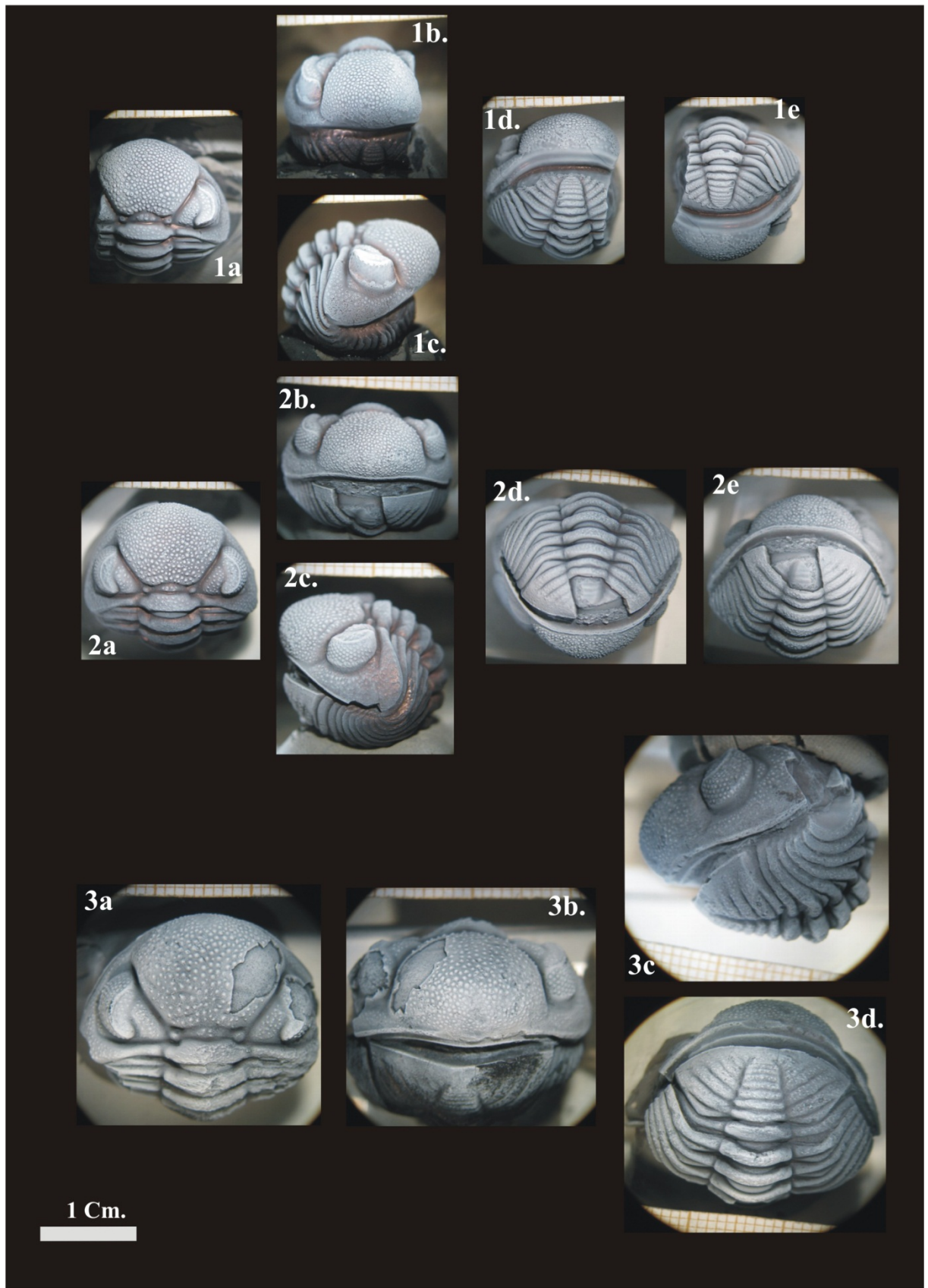
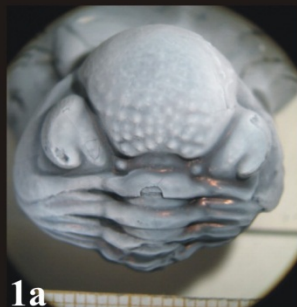


PLANCHE II

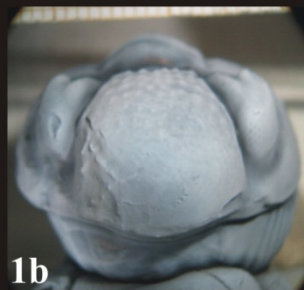
Figs. 1-3. *Barrandeops* sp. B. Aff. *Barrandeops lebesus* (Chatterton et al., 2006)

- 1) PH. 32, Ed3n1, coupe de Erg el Djemel.
- 2) PH. 51, Ed3n2, coupe de Erg el Djemel.
- 3) PH. 50, Ed3n1, coupe de Erg el Djemel.

PLANCHE II



1a

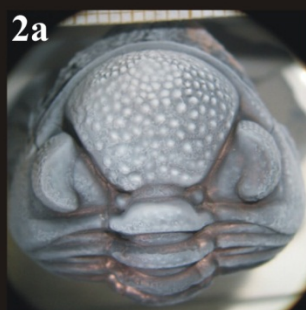


1b

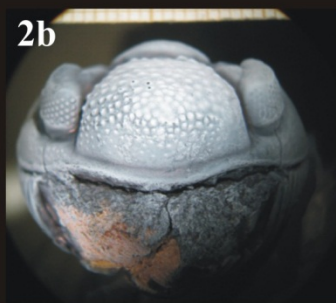


1c

1 Cm.



2a



2b



2c



3a



3b



3c

0.5 Cm.

PLANCHE III

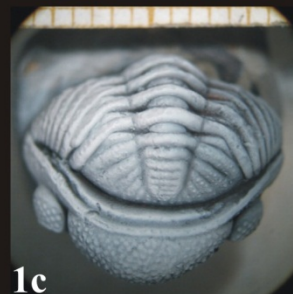
Figs.1-2. *Barrandeops* sp. *C* aff. *Barrandeops fortayi* (Chatterton et al., 2006).

- 1) PH 03, Ed3n1, coupe de Erg el Djemel.
- 2) PH 06, Ed3n1, coupe de Erg el Djemel.

Figs. 3-4. *Phacops sensu lato* sp. *D*.

- 3) PH 34, Ed3n1, coupe de Erg el Djemel.
- 4) PH 35, Ed3n1, coupe de Erg el Djemel.

PLANCHE III



1Cm.



3



1.Cm

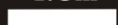
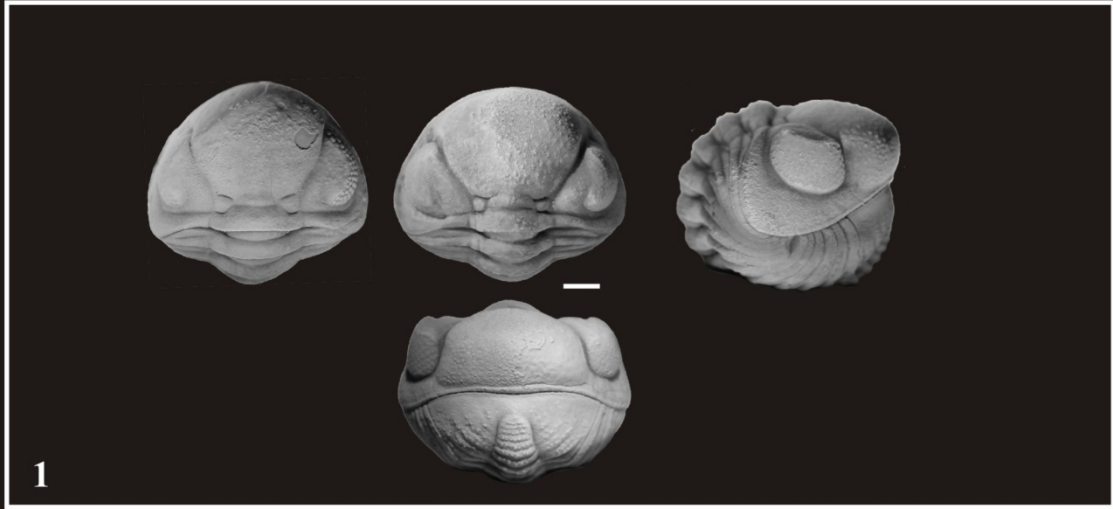


PLANCHE IV

Figs. 1-3. *Austerops menchikoffi*

- 1) Holotype *Phacops menchikoffi* (Le maître, 1952), Pl. 20. Figs 17-20.
- 2) PH. 108, coupe du km 30.
- 3) PH. 48, Ed3n2, coupe de Erg el Djemel.

PLANCHE IV



2a



2b



2c



2d

1 Cm.



3a



3b



3c

PLANCHE V

Figs 1-3. *Austerops lemaitri* new species.

- 1) PH. 1, Ed3n2, coupe de Erg el Djemel.
- 2) *Phacops salteri* in Le maître (1952) coupe de Erg el Djemel.
- 3) Paratype *P. menchikoffi*, Le maître(1952). Pl.20, fig 21.

PLANCHE V



1a

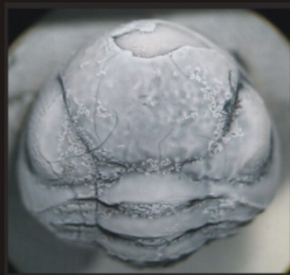


1b



1c

1 Cm



2a



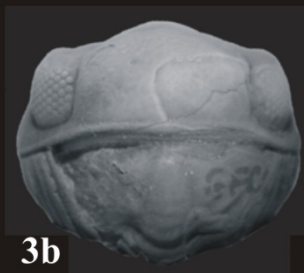
2b



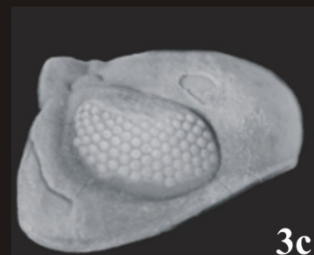
2c



3a



3b



3c

PLANCHE VI

Figs. 1-3. *Diademaproetus* sp. Aff. *Mohamedi*

- 1) Diad 1, Coupe du km 30.
- 2) Diad 2, Ed3n1, coupe de Erg el Djemel.
- 3) Diad 4, Ed4, coupe de Erg el Djemel.

Fig.4. *Cyphaspis hamidi*, Ed3n1, coupe de Erg el Djemel.

PLANCHE VI



1a



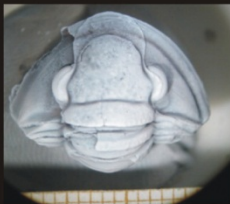
1b



1c



1d



2a



2b



2c



3a



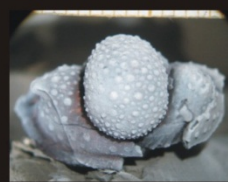
3b



4a



4b



4c



4d

1 Cm



PLACHE VII

Figs. 1-3. *Hollardops mesocristata*.

- 1) Acast1, Ed3n1, coupe de Erg el Djemel.
- 2) Acast2, Ed3n1, coupe de Erg el Djemel.
- 3) Holotype *H. mesocristata*, Le maître, 1952.

PLANCHE VII



1a



1b



1c



2a



2b



2c



3a



3b



3c



3d

1Cm.



PLANCHE VIII.

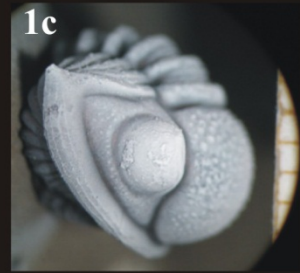
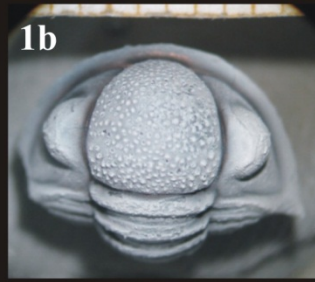
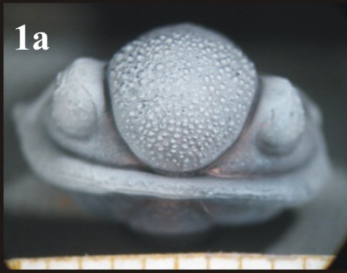
Figs. 1-2. *Gerastos tuberculatus tuberculatus*.

1) Ger. 7. Ed4, coupe de Erg el Djemel.

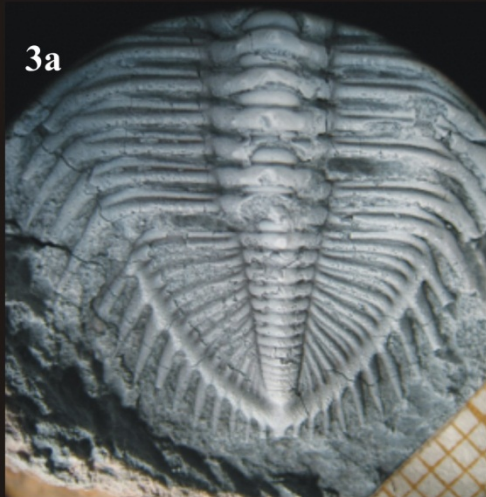
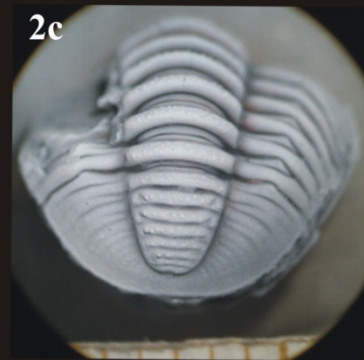
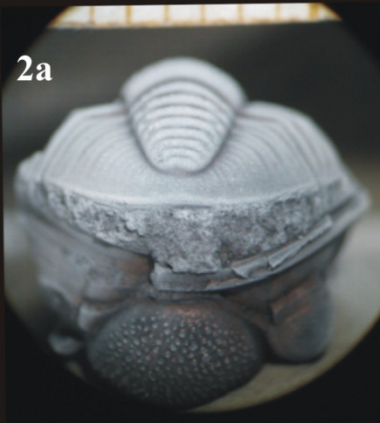
2) Ger. 9. Ed4, coupe de Erg el Djemel.

Fig.3. *Erbenochile erbeni*, coupe du km 30

PLANCHE VIII



1Cm.



1Cm.



1Cm.

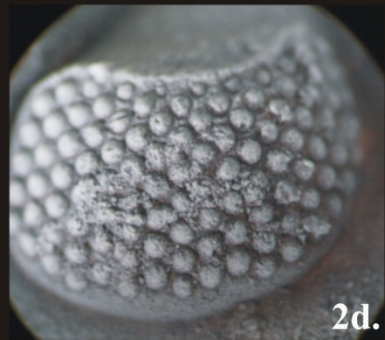
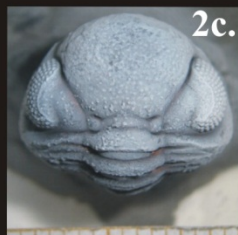
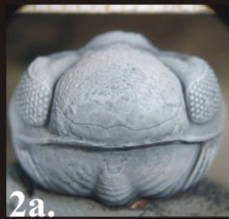
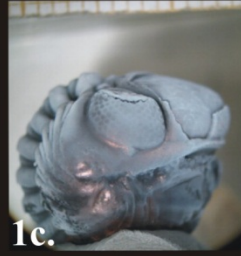
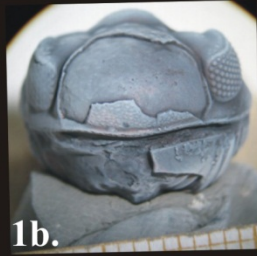
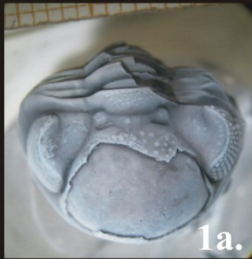


PLANCHE IX

Figs. 1-2. *Austerops* sp. *E* aff. *A. speculator punctatus*

- 1) PH. 09, Ed3n1, coupe de Erg el Djemel.
- 2) PH. 37, Ed3n2, coupe de Erg el Djemel.

PLANCHE IX



1Cm.



Références bibliographiques

« A »

- ABBACHE, A. (2001)** : Etude sédimentologique des « calcaires griottes » et faciès associés (Givétien –Dévonien supérieur) des environs d'Ougarta (Béni-Abbès, Sahara occidental). - *Mémoire Magistère Université Oran*, 154 p. 11 Pl., *inédit*.
- AÏT-MALEK Z., RACHEBOEUF P. & LAZREQN. (2000)** : Nouveaux Strophomenata du Dévonien inférieur de l'Anti-Atlas (Maroc). *Geobios*, 23, 3, p. 309-318.
- ALBERTI, G. K. B. (1964)**: Neue Trilobiten aus dem marokkanischen und deutschen Unter- und Mitteldevon. *Senckenbergiana lethaea*, 45:115– 133.
- ALBERTI, G. K. B. (1969)**: Trilobiten des jüngeren Siluriums sowie des Unter- und Mittel devons. I. Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft, 520:1– 692.
- ALBERTI, G. K. B. (1970)**: Trilobiten des jüngeren Siluriums sowie des Unter- und Mitteldevons, II. Abhandlungen der senckenbergischen naturforschenden Gessellschaft, 525:1–233.
- ALBERTI G.K.(1981)** :Beziehungen zwischen « herzynischen » Trilobiten-faunenaus NW-Morokko und Deutschland (Unter-und Mittel-Devon). *Natur. Muséum*, 11, p. 362-369.
- ALIMEN H., LEMAITRE D., MENCHIKOFF N., PETTER G. & POUEYTO A. (1952)**: Les chaînes d'Ougarta et la Saoura. 19^{ème} Congr. géol. Intern., Alger, 1^{ère} série, Algérie, 15, p. 1-114.
- ALLISON, P. A. (1988a)**: Konservat-Lagerstätten: cause and classification. *Paleobiology* 14: 331-344.
- ALLISON, P. A. (1988b)**: Phosphatized soft-bodied squids from the Jurassic Oxford Clay. *Lethaia* 21: 403-410.
- ALLISON, P. A. (1990)**: Decay processes. In D. E. G. Briggs and P. R. Crowther (eds.), *Paleobiology: a synthesis*, pp. 213-216. Oxford: *Black- well Scientific*.
- ALLISON, P. A & BRETT. C. E. (1995)**: In situ benthic and paleooxygenation in the Middle Cambrian Burgess Shale, British Columbia, Canada. *Geology* 23: 1079-1082.
- ANGELIN, N.P. [1851-1878.]** : Palaeontologia Scandinavica. Pars 1. Crustacea Formationis Transitionis [fasc.1(1851): Palaeontologia Suecica, p. 1-24, pls 1-24; fasc. 2 (1854): Palaeontologia Scandinavica, p. i-ix, 21-92, pls 25-41 (Academiae Regiae Scientiarum Suecanae: Holmiae); republiques in combined and revised form (1878): G. Lindström, ed., x+96p, 41 pls] (Norstedt & Söner: Stockholm).
- ANGELIN, N.P. (1854)** : Palaeontologia Scandinavica. I. Crustacea formationis transitionis. Fasc. 2, 1-9: 21-92.
- ARBEY F. (1962)** : Données nouvelles sur la sédimentation au Cambro-ordovicien dans les Monts d'Ougarta (Sahara algérien). *C. R. Acad. Sc. Paris*, 266, D, p. 76-78, 2 Fig. 2 Pl.
- ARBIZU M., GARCIA-ALCALDE J., GARCIA-LOPEZ S., MENDEZ-BEDIA I, M SANCHEZ DE POSADA L. C., SOTO F. M., TRUYOLS J., ALVAREZ F., MENDEZ C. & MENEDEZ J. R. (1979)** : Biostratigraphical study of the Moniello Formation (Cantabrian Mountains, Asturias, NW Spain). *Geol. Palaeontol.*, 13, p. 103-124, 5 Abb., 3 Taff.

Références bibliographiques

« B »

- BARRANDE, J. (1852)** :Système Silurien du Centre de la Bohême . I . Recherches Paléontologiques ,supplément au vol . 1 (Trilobites , Crustacés divers et Poissons)Prague & Paris.647 p.,37 pl.
- BARRIENTOS Y., & LAVERACK, M. S., (1986)**: The larval crustacean dorsal organ and its relationship to the trilobite médian tubercle. *Lethaia* 19, 309-313.
- BARROIS,C.(1883)** :Sur les faunes siluriennes de la Haute-Garonne. Annales de la Société Géologique du Nord 10:151-169.
- BARROIS,C.(1886a)** : Sur la faune de Hont-de-Ver (HauteGaronne). Annales de la Société Géologique du Nord 13: 124-144,pls2-3.
- BARROIS,C.(1886b)**. Mémoire sur le calcaire á polypieres de Cabrières (Hérault). Annales de la Société Géologique du Nord 13:74-97.
- BASSE , M. (1997)** : Trilobiten aus Mittlerem Devon des Rhenohercynikums: II. Proetida (2), Ptychopariida, Phacopida (1). *Palaeontographica Abteilung A*, 246(3– 6):53–142.
- BASTIEN Ch.(1967)** :Essai d'étude sédimentologique des grès de Dkhissa (Région d'Ougarta-Dévonien inférieur). *Publ. Serv. géol. Algérie*, 35 : p.81-88.
- BASTIEN Ch., CHENAUX G., MAZELET P., UMBACH P. & BASCONE-LEHMENN J. P. (1965)**: Dévonien de l'Ougarta. *SN-REPAL* rapport interne inédit. In BOUMENDJEL K. *et al.* : Les faunes du Dévonien de l'Ougarta (Sahara occidental. Algérie). *An. Soc. géol. Nord*, 5 (2ème série) : p. 89-116.
- BEECHER, C. E (1895)**: Structure and appendages of *Trinucleus*. *American Journal of Science*, 3rd ser. 49: 307-311.
- BEECHER, C.E.(1895a)**: The larval stages of trilobites. *The American Geologist* 16:166-197, pl.8-10.
- BEECHER, C.E. (1897)**: Outline of a natural classification of the trilobites. *American Journal of Science* (series 4) 3:89-106,181-207,pl.3.
- BENDELLA M. (2004)** :Séquence et Ichnofaciès de la sédimentation silico-clastique d'âge Famennien terminal (Béni-Abbès, Saoura). *Th. Magis. Univ. Oran*, p. 1-142, 38 fig. 3 tab.
- BERGERON, J. N. (1889)** : Étude géologique du massif ancien situé au sud du Plateau central. *Annales des Sciences Géologiques*22:1-362, pls1-9.
- BERGSTRÔM, J., (1973a)**: Organisation, life and systematics of trilobites. *Fossils and Strata* 2, 1-69.
- BERTRAND M.,COEN-AUBERT M., DUMOULIN V. PREAT A. TOURNEUR F. (1993)** : Sédimentologie et paléoécologie de l'Emsien supérieur et de l'Eifélien inférieur des régions de Couvin et de Villiers-la-Tour (bord sud du Synclinorium de Dinant, Belgique). *N. Jb. Geol. Palaont..Abh.*, 188, 2, p. 177 - 211.
- BEST, R. V., (1961)**: Intraspecific variation in *Encrinurusomatus*. *J. Paleon.* 35,1029-1040.

Références bibliographiques

BILLINGS, E.(1870): Notes on someone specimens of Lower Silurian trilobites. *Quarterly Journal of the Geological Society of London* 26:479-486.

BIGNON A. 1 CRONIER C. (2013) : The systematics and phylogeny of the Devonian subfamily Asteropyginae (Trilobita: Phacopida), *Journal of Systematic Palaeontology*. P. 1-32.

BITAM L., GOURVENNEC R. &ROBARDET M. (1996) : Les formations paléozoïques anté-carbonifères du sous-bassin de Djebilet (flanc sud du Bassin de Tindouf, Nord-Ouest du Sahara algérien). *Mém. Service géol. Algérie*, 8 : p. 91-111.

BOÛMENDJEL K., MORZADEC P., PARIS F., PLUSQUELLEc Y.,BRICE D., COPPER P., GOURVENNEC R., JAHNK H., LARDEUX H., LE MENN J., MELOU M. &RACHEBOEUF P. R. (1997) : Les faunes du Dévonien de l'Ougarta (Sahara occidentale, Algérie). *An. Soc. géol. Nord*, 5 (2ème série) : p. 89-116.

BRETT, C. E., & G. C. BRAID. (1986): Comparative taphonomy: a key to paleoenvironmental interpretation based on the fossil preservation. *Palaios* 1: 207-227.

BRETT, C. E., & SEILACHER. A. (1991): Fossil Lagerstätten: a taphonomic consequence of event sedimentation. In G. Einsele, W. Ricken, A. and Seilacher (eds.), *Cycles and events in stratigraphy*, pp. 283-297. Berlin: Springer-Verlag.

BRONGNIART, A. (1822): Les Trilobites .In A .Brongniart & A.-G .Desmarest, *Histoire naturelle des crustacés fossiles, sous les rapports zoologiques et géologiques* .Paris & Strasbourg . p. 1-65, pl. 1-2.

BULTINCK P. & WALLISER O. (2000): Devonian boundaries in the Moroccan Anti-Atlas. *Cour.Forsch.Senck.*, 225, p. 211-226, 6 Fig.

BULTYNK P., COEN-AUBERT M. &GODEFROID J. (2000): Summary of the State of corrélation in the Devonian of the Ardennes (Belgium -NE France) resulting from the décisions of the SDS. *Cour.Forsch.Senck.*, 225, p. 91 - 114, 15 Fig.

BURMEISTER, P.(1843) : Die Organisation der Trilobiten aus ihren lebendigen Verwandten entwickelt; Nebst einer systematischen Übersicht aller zeither beschriebenen Arten. Reimer, Berlin, 147 pp.

BUTTERFIELD, N. (1990): Organic preservation of non-mineralizing organisms and the taphonomy of the Burgess Shale. *Paleo- biology* 16: 272-286.

« C »

CAMPBELL, K. S. W., (1977a): The functional anatomy of phacopid trilobites: musculature and eyes. *J. Proc. Royal Soc. New South Wales* 108, 168-188.

CAMPBELL, K. S. W., (1977b): Trilobites of the Haragan, Bois d'Arc and Frisco Formation (Early Devonian), Ajbuckle Mountains Région, Oklahoma. *Bull. Oklahoma Geol. Sur.* 123, 1-227.

CANFIELD, D. E., and R. RAISWELL. (1991a): Pyrite formation and fossil preservation. In P. A. Allison and D. E. G. Briggs (eds.), *Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record*, pp. 337-388, New York: Plenum.

Références bibliographiques

- CANFIELD, D. E., and R. RAISWELL. (1991b):** Carbonate precipitation and dissolution: its relevance to fossil preservation. In P. A. Allison and D. E. G. Briggs (eds.), *Taphonomy: Releasing the Data Locked in the Fossil Record*, pp. 411-453. New York: Plenum.
- CASIER J. G. (1985) :** Les Ostracodes de la partie supérieure de la formation de Teferguente (Givétien) et de la formation de Marhouma (Givétien-Fammenien) de la coupe du « km 30 (Saoura, Sahara algérien). *Geobios*, 18, p. 833-846.
- CASIER J. G. (1983) :** Les Ostracodes du Frasnien et de la base du Fammeniende la coup» du «km 30» (Saoura, Sahara algérien). *Bull. Soc. belge Géol.*, 91, 4, p. 195-207, 1 Fig.]Tabl., 2 PI, Bruxelles.
- CHATTERTON, B. D. E., (1971):** Taxonomy and ontogeny of Siluro-Devonian trilobites from near Yass, New South Wales. *Palaeontogr. (A)* 137, 1-108.
- CHATTERTON, B. D. E., (1980):** Ontogenetic studies of Middle Ordovician trilobites from the Esbataottine Formation, Mackenzie Mountains, Canada. *Palaeontogr.(A)* 171, 1-74.
- CHATTERTON, B. D. E., R. A. FORTEY, K.BRETT, S. GIBB, AND R. M CKELLAR. (2006):**Trilobites from the upper Lower to Middle Devonian Timrhanrhart Formation, JbelGara el Zguilma, southern Morocco. *PalaeontographicaCanadiana*, 24:1-177.
- CHLUPÁČ, I. (1977):** The phacopid trilobites of the Silurian and Devonian of Czechoslovakia. *RozpravyÚstředníhoústavu geo- logického* 43, 1-172.
- CHLUPAC I. (1988):** The Devonian of Czechoslovakia and its stratigraphical significance. *Cand.Soc. ofPetr.Geol.*, 14 (1), Devonian of the World. I, *Calgary* : 481-497; .
- CLARKE, J .M. (1889):** The structures and development of the visual area in the trilobites, *Phacopsrana* Green.*Journal of Morphology* 2:253-270, pl. 1.
- CLARKSON, E. N. K., (1969):** A functional study of the Silurian odontopleurid trilobite *Leonaspisdeflexa* (Lake). *Lethaea* 2, 329-344.
- CLARKSON, E. N. K., & HENRY, J. L., (1973):** Structures coaptatives et enroulement chez quelques trilobites ordoviciens et siluriens. *Lethaia* 6, 105-132.
- COBBOLD, E.S. (1910):** On some small trilobites from the Cambrian rocks of Comley, Shropshire. *Quarterly Journal of the Geological Society of London*66:19-51,pls3-8.
- COLOMB P. & DONZEAU M. (1974) :** Relation entre kink-bands décamétriques et fractures du socle dans l'hercynien des Monts d'Ougarta (Sahara occidental, Algérie). *Tectonophys.*, 24, p. 213-242.
- CRONIER, C. (1998):** Quantification de la diversité morphologique et modélisation des stratégies adaptatives chez les trilobites phacopinésnéodévonien. *Th. Doct. Univ. Montpellier II*,p. 304. Fig.15.
- « D »**
- DALMAN, J .W. (1827) :** Om Paleaderner, elle de såkalladeTrilobiterna. *KongligaSvenskaVetenskaps-AkademiensHandlingar* 1826 (2) : 113-162,226-294,pl.1-6.
- DAWSON, J.W. (1864):**On the fossils of the genus *Rusophycus*.*Canadian Naturalist (New Series)*, 1, 363-367.

Références bibliographiques

DELO, D. M. (1935): New Phacopinae from the Devonian of Oklahoma and Iowa. *Journal of Paleontology*, 9:421–423.

DELO, D. M. (1940): Phacopid trilobites of North America. Geological Society of America, special publication 29.

DESTOMBES J., HOLLARD H. & WILLEFERT S. (1985) : Lower Palaeozoic rocks of Morocco, p. 91-336. In Hollard C.H. (éd.): Lower Palaeozoic of North-West and West-central Africa. Volume 4, *John Wiley & Sons Ltd.*

DONZEAU M. (1971a): Etude structurale dans le paléozoïque des Monts d'Ougarta. *Th. 3ème cycle, Univ. Orsay.*

DONZEAU M. (1971b): Signification tectonique des diaclases du Paléozoïque des Monts d'Ougarta. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Alger*, 62, 3-4, p. 97-115.

DONZEAU M. (1983): Tectonique des Monts d'Ougarta. In FABRE J. (éd.): Afrique de l'Ouest, Introduction géologique et termes stratigraphiques. Lexique stratigraphique international. Nelle. Série, 1, *Pergamon Press, Oxford*, p. 118-120.

DOUVILLE H. (1902) : Présentation d'échantillons de fossiles du Sud-Oranais rapportés par le général Jourdy. *C.R. Soc. géol. Fr.*, 20 Janvier.

« E »

EICHWALD, E., (1825): Geognostico-zoologicae, per Imgriam Marisique Balticiffcprovincias, nec non de Trilobitis observationes. *Cavinia*, 1-58.

ERBEN., H. K. (1953): Über einige Otariionidae (Tril.) aus dem Mittel-Devon der Eifel. *Senckenbergiana lethaea*, 34:73-80.

EWITT, W. R., & TRIPP, R. P., (1977): Silicified Middle Ordovician trilobites of the families Encrinuridae and Staurocephalidae. *Palaeontogr. (A)* 157, 109-174.

« F »

FABRE (1976) : Introduction à la géologie du Sahara algérien. *Soc. Nat. Ed. et Diff., Alger*, p. 1-422.

FERNANDEZ-LOPEZ S. (1985): Séquences sédimentaires et séquences taphonomiques. *Strata*, 2, 2, p. 116-122 (traduction Cannerot J.).

FERNANDEZ-LOPEZ S. (1995) : Taphonomie et interprétation des paléoenvironnements. *Geobios, Mém. Spéc.*, 18, p. 137-154.

FLAMAND G.B.M. (1896) : Note sur la géologie du Sahara nord-occidentale. *Bull. Soc. géol. France*, 3, 24, p. 891.

FLAMAND G.B.M. (1899) : La traversée de l'Erg occidental. *Ann. Géogr.*, 39, p. 231.

FLAMAND G.B.M. (1900): Une mission d'exploration scientifique au Tidikelt. *Ann. Géogr.*, 45, p. 233.

FLAMAND G.B.M. (1901) : Sur la présence du Dévonien moyen à *Calceolasandalia* dans le

Références bibliographiques

Sahara occidental. *C. R.*, 132, p. 62.

FLAMAND G.B.M. (1902): Sur la présence du Dévonien inférieur dans le Sahara occidental. (Bas Touat et Tidikelt. archipel touatien). *C.R.*, 144, p. 1322.

FLAMAND G.B.M. (1905) : Sur l'existence de schistes à Graptolithes à Haci el Khenig (Sahara central). *C.R.*, 140, p. 594.

FLAMAND G.B.M. (1911) : Recherches géologiques et géographiques sur le Haut Pays de l'Oranie et sur le Sahara (Algérie et territoires du Sud). *Th. Sc., Univ. Lyon*, 47 et A, p. 1 -1001.

FORD, S. W. (1872) : Descriptions of some new species of primordial fossils: *American Journal of Science*, series 3,3:419-422.

FORTEY, R. A., (1985): Pelagic trilobites as an exemple of deducing the life habits of extinct arthropods. *Trans. Royal Soc. Edinburgh* 76, 219-230.

FORTEY, R. A., (1994): Adaptive deployment in feeding habits in Cambrian trilobites. *Ecological aspects of the Cambrian radiation.Terra-Abstr.6 (Sup. 3), 3.*

FORTEY,R.A. AND B. D. E. CHATTERTON. (2003): A Devonian trilobite with an eyeshade. *Science*, 301:1969.

FORTEY, R. A., & CLARKSON, E. N. K., (1976): The function of glabellar "tubercle" in *Nileus* and other trilobites. *Lethaea* 9, 101-106.

FORTEY, R. A., & OWENS, R. M., (1987): The ArenigSériés in South Wales. *Bull. British Mus. (Nat. Hist.), Geol. Ser. 41*, 69-307.

FORTEY, R. A., & OWENS, R. M., (1990b):Trilobites. In *McNamara, K. J. (éd.), Evolutionary trends. Belhaven Press, London*, 121-142.

FORTEY ,R. A.AND R. M. OWENS. (1975):Proetida – a new order of trilobites. *Fossils and Strata*, 4: 227–239.

« G »

GARCIA-ALCALDE J. (1995) : L'évolution paléogéographique pré-varisque de la zone cantabrique septentrionale (Espagne). *Rev. Esp. Paleont.*, 10, 1, p. 9-29.

GAUTIER E. F. (1906): Contribution à l'étude géologique du Sahara (Saoura, Gourara, Touat). *Bull. Soc. géol. France*, 6, p. 129-161.

GAUTIER E.F. (1903) : Le Sahara oranais. *Ann. Géogr.*, 12, p. 235.

GAUTIER G. (1902) : Sur les terrains paléozoïques de l'Oued Saoura et Gourara. *C. R. Acad. Sc.*, 125, p. 1071-1073.

GEVIN P. (1948) : La série paléozoïque d'AouinetLegraa (Sahara occidental). *Bull. Soc. géol.de France*, 5, 18, p. 369-381.

GIBB,S. AND B. D. E. CHATTERTON, (2010) : Gerastos (Order Proetida; Class Trilobita) from the Lower to Middle Devonian o f the southern Moroccan Anti-Atlas Region.

Références bibliographiques

Palaeontographica Canadiana, 30:1–87.

GODDERTZ B. (1987) :Devonische Goniatiten aus SW-Algerien und ihre stratigraphische Einordnung in die Conodonten - Abfolge. *Palaeontogr., A.*, 197, 4-6, p. 127-220.

GOLDFUSS, A. (1843) : Systematische übersichte der Trilobiten und Beschreibung einiger neue Arten derselben. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie, und Petrefaktenkunde, Stuttgart (for 1843):537–567.

GOLUBIC, S., R. D. PERKINS, & R. J. LUCAS. (1975): Boring microorganisms and microbarings in carbonate substrates. In R. W. Frey (*ed.*), *The Study of Trace Fossils*, pp. 229-259. New York: Springer-Verlag.

GOMEZ-SILVA M., PACAUD M. & WIEL F. (1963) : Contribution à l'étude du Cambro ordovicien des chaînes d'Ougarta (Sahara algérien). *Bull. Soc. géol.France*, 7, 5, p. 134-141 3 Fig.

GREEN, J. (1832): A monograph of the trilobites of North America, 93 p. Philadelphia: Joseph Brano.

GÜRICH, G. (1907) : Versuch einer Neueinteilung der Trilobiten. Zentralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie 1907:129-133.

« H »

HAMMANN, W., & RABANO, I., (1987): Morphologie und Lebensweise der Gattung *Selenopeltis* (Trilobita) und ihre Vorkommen im Ordovizium von Spanien. *Senckenb. lethaea* 68, 91-137.

HAMMANN, W., RABANO, I., & GUTIERREZ-MARCO J. C., (1986): Morfologia tuncional del exoesqueleto del género *Selenopeltis* Hawle and Gorda, 1847. Trilobita, Odontopleurida, Ordovicio. *Paleontol.evol.* 20, 203-211

HARRINGTON, H. J.& LEANZA.A.F. (1957): Ordovician trilobites of Argentina .Department of Geology, University of Kansas, Special Publication 1:1-276,140 fig.

HAWLE,I.AND A. J. C. CORDA. (1847) : Prodromeiner Monographie der böhmischen Trilobiten. Abhandlungen Königlich Böhmisches Gesellschaft der Wissenschaften, J.G. Calve, Prague, 176 p.

HAAS, W. (1968) :Trilobiten aus dem Silur und Devon von Bithynien (NW-Türkei). Palaeontographica Abteilung A, 130(1– 6):60 –207.

HALL, J., and J. M. CLARKE. (1888) : Containing descriptions of the trilobites and other Crustacea of the Oriskany, upper Helder- berg, Hamilton, Portage, Chemung and Catskill. Natural History of New York: Palaeontology, vol. VII. 236 p. Albany

HALL,J. & WHITFIELD,R.P.(1877): Palaeontology. United States Geological Exploration of the Fortieth Paralle 14(2):198-302.

HERVOUET Y. & DUEE G. (1996): Analyse morphostructurale par imagerie satellitaire et coupes structurales modélisées des monts d'Ougarta (Sahara occidental, Algérie): une chaîne hercynienne chevauchante à plis passifs. *Mém. Serv. géol. Algérie*, 8, p. 127-173, 57 Fig.

Références bibliographiques

HICKS, H. (1871.): Descriptions of new species of fossils from the Longmynd rocks of St. David's. Quarterly Journal of the Geological Society of London 27:399-402, pls 15-16.

HOLLARD H. (1963-64): Tableau du Dévonien du Sud de l'Anti-Atlas : introducti- stratigraphique aux études de paléontologie. *Notes Serv. géol. Maroc*, 23, 172, p. 105-109.

HOLLARD H. (1967) : Le Dévonien du Maroc et du Sahara occidental. In OSWALD (éd.), Devonian System 1, *Alberta Soc. Petr. Geol., Calgary*, p. 03-244.

HORNÝ, R. & F. BASTL (1970): Type specimens of fossils in the Natural Museum Prague. Vol. 1. Trilobita. Praha, 354p.

HUDSON, J. A. (1982): Pyrite in ammonoid-bearing shales from the Jurassic of England and Germany. *Sedimentology* 27: 639-667.

HUPÉ, P. (1953a): Contribution à l'étude du Cambrien inférieur et du Précambrien III de l'Anti-Atlas Marocain. Direction de la Production Industrielle et des Mines, Division des Mines et de la géologie, Service Géologique, Notes et Mémoires 103 :1-402, fig. 1-99, pl. 1-24. Dated 1 HUPÉ, P. 952 on cover, published 1953.

HUPÉ, P. (1953b) : Classe des trilobites. In Jean Piveteau, ed, *Traité de Paléontologie*, vol. 3. Les formes ultimes d'Invertébrés : Morphologie et évolution : Onychophores — Arthropodes—Échinodermes—Stomocordés. Masson. Paris. p.44 -246, fig. 1-140.

HUPÉ, P. (1953c) : Quelques remarques sur la croissance et la segmentation des trilobites. *Bulletin de la société Géologiques de France (series 6)* 3 :3-11, fig. 1-4.

HUPÉ, P. (1954) : Classification des trilobites. *Annales de paléontologie* 39 :61-168, fig. 1-92.

Dated 1953, but printed in 1954.

HUPÉ, P. (1955a) : Classification des trilobites. *Annales de Paléontologie* 4 1 :91-325, fig. 93-247.

HUPÉ, P. (1955b) : À propos des organes de Pandere des trilobites. *bulletin et de la Société Géologique de France (series 6)* 4(1954) :701-711, fig. 1-8, pl. 29, pl. 30, fig. 1.

JANSEN, U., G. BECKER, G. PLODOWSKI, E. SCHINDLER, O. VOGEL, AND K. WEDDIGE. (2004): The Emsian to Eifelian near Foum Zguid (NE Dra Valley, Morocco).

« J »

JELL, P. A., (1978): Trilobites respiration and genal caeca. *Alcheringa* 2, 251-260. *JL C.*

JOLEAUD E. (1900): Le terrain carboniférien dans le Sud de l'Algérie. *Mém. Acad. Vacluse*, 6 décembre.

« K »

KIDWELL M. S. & JABLONSKI D. (1983) : Taphonomic feed-back. Ecological consequences of shell accumulation. In : TEVESZ M. J. S. et McCALL P. (Eds), *Biotic interactions in recent and fossil communities. Pleunum Press, New-York* : 195-248.

KIDWELL M. S. (1991) : Condensed deposits in siliciclastic sequences : expected and observed

Références bibliographiques

features. In :Einsle G., Ricken W. &SeilacherA. (Eds) : cycles and events in stratigraphy. *Springer-Verlag*, Berlin, pp. 682-695.

KIDWELL S. M. & BOSENCE D. (1991): Taphonomy and time-averaging of marine shelly faunas. In ALLISON P.A.and **BRIGGS D.** (Eds) :Taphonomy : Releasing the data locked in the fossil record. *Plenum Press*, New York, 9 : 195-248.

KIDWELL S. M. (1982) : Time scales of fossil accumulation : patterns from Miocene benthic assemblages. *Third North American Paläontologists ; Convention Procs. V. 1*, p. 295- 300.

KIDWELL S.M. (1989): Stratigraphic condensation of marine transgressive records : origin of major shell deposits in the Miocene of Maryland. *Journal of Geology*, Chicago, 97: 1-24.

KILLIAN C. (1925) : Essai de Synthèse de la géologie du Sahara du Sud constantinois et du Sahara central. *C. R. du 12^{ème} Congr. géol. Intern.*, 19,22.

KLOC. G. (1993): Epibionts on Selenopeltinae (Odontopleurida) trilobites. Geological Society of America, 1993 annual meeting, Abstracts with programs 25: 103.

KOBAYASHI,T. (1935) : The Cambro-Orodovician formations and faunas of SouthChosen.Palaeontology.Part 3:Cambrian faunas of south Chosen with a special study on the Cambrian trilobite genera and families . *Journal of the faculty of science, Imperial University of Tokyo*, Section II, 4(2):49-344,fig . 1-33,pl. 1-24.

KOBAYASHI, T. (1962): The Cambro-Orodovician formations and faunas of South Korea, Part 9.Palaentology 8: The Machari fauna .*Journal of tha Faculty of Science, University of Tokyo*, Section II,14(1) :1-152,pl.1-8.

KOWALSKI, H. (1992): Trilobiten. Goldschneck-Verlag, Korb, Germany, 160 p.

« L »

LEBRUN, P (1995): Trilobites. *Minéraux & fossiles. P.103.*

LE MAITRE D. (1952a) : La faune du Dévonien inférieur et moyen de la Saoura et des abords de l'Erg el Djemel (Sud oranais). *Mat. Carte géol. Algérie. Paléont.*, 12, p. 1-170.

LE MAITRE D. (1952b) : Contribution à l'étude des faunes paléozoïques de l'Adrar mauritanien (Sahara occidental). *Bull. Dir. Min. Gouv. Gén. Afrique de l'Ouest Française*, 15, tome II, p. 295-383.

LEGRAND Ph. (1962) : Connaissances acquises sur la limite des systèmes Silurien et Dévonien au Sahara septentrional. *Symposium Siluro- Devonien, Grenze*, Bonn, 1960, p. 151- 159, 2 Fig., 2 tabl.

LEGRAND Ph.(1967) : Nouvelles connaissances acquises sur la limite des systèmes Silurien et Dévonien au Sahara algérien. *Bull. Rech. Géol. Min.*, 33, P . 119-137.

LEGRAND Ph.(1968) : Le Dévonien du Sahara algérien. In : OSWALD D.H. (ed.) *InternSympo. Dev. Syst.*, Calgary, I, p. 245-284.

LEGRAND Ph. (1981) : Essai sur la paléogéographie du Silurien au Sahara algérien. *Notes Mém. C.*

Références bibliographiques

F. P., 16, p.9-24, 3tabl., 9 Pl. h.-t.

LEGRAND Ph. (1983) : Aperçu sur l'histoire géologique de l'Algérie paléozoïque : Le Paléozoïque inférieur et le Dévonien *In* FABRE J., Afrique de l'Ouest (introduction géologique et termes stratigraphiques). *LexiqueStrat. Intern.*, série 1, IUGS : 96-104.

LEGRAND Ph.(1985) : Lower Palaeozoic rocks of Algeria *In* HOLLAND C.H.(ed.) Lowerpalaeozoic rocks of the world. Volume 4 : Lower Palaeozoic of north-western and west central Africa. *A Wiley-Intersc. Publ.*, p. 5-89.

LERMONTOVA, E.V. (1940): [ClassTrilobita]. Pp.112-162, pls35-49. *In* A.G. Vologdin (ed.) [Atlas of characteristic forms of the fossil faunas of the USSR. (1) Cambrian] (Gosgeolizdat : Moscow, Leningrad).

LESPERANC, P. J. (1975): Stratigraphy and paleontology of the Synphoriidae (Lower and Middle Devonian Dalmanitacean trilobites). *Journal of Paleontology* 49: 91-137.

LEVI-SETTI, R., (1993): Trilobites: a photographic atlas (2^ded). *University of Chicago Press*, 1-342.

LIEBERMAN, B.S. AND G. J. K LOC. (1997): Evolutionary and biogeographic patterns in the Asteroptyginae (Trilobita, Devonian) Delo, 1935. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 232:1-127.

LORENZ, T. (1906) : Beiträge zur geologie und palaeontologie von Ostasien unter besonderer Berücksichtigung der Provinz Schantung in China.2.PalaeontologischerTeil. *Zeitschriftder Deutschen Geologischen Gesellschaft* 58: 67-122,pls1-6.

LÜTKE, F. (1990): Contributions to a phylogenetical classification of the subfamily Proetinae Salter, 1864 (Trilobita). *Senckenberg. leth.*71:1-83.

« M »

MAACHE N. (1987) : Etude sédimentologique, lithostratigraphique, diagenèse et paléogéographie des séries du Dévonien de la Saoura, Monts d'Ougarta (Sahara nord- occidentale, Algérie). *Th. 3^{eme} Cycle, Univ. Paris-Sud (Orsay)*,p. 1-176, 65 Fig..16 Tabl., 10 Pl.

MAKSIMOVA, Z. A. (1955): Trilobity srednego i verchnego devona Urala i severnych Mugodzar. *Trudy vseso-jusn. Nautschno-issled. Geological institute (VSEGEI)*, 3 : 1-263.

MANSUY, H. (1912) : Étude géologique du Yunnan oriental. Part 2: Paléontologie. *Mémoires du Service Géologique de l'Indochine*1(2):1-146,pls1-25.

MASSA D., COMBAZ A. & MANDERSSCHEID G. (1965) : Observations sur les séries siluro-dévoniennes des confins algéro-marocains du Sud (1954-1955). *C. F. P.,Notes &Mém.*, 8, p. 1-187.

MATTHEW, G.F. (1886): Illustrations of the fauna of the St.John Group continued. III.-Descriptions of new genera and species, (including a description of a new species of *Solenopleura* by J.F.Whiteaves). *Transactions of the Royal Society of Canada* 3(4):29-84,pls. 5-7.

MCKELLAR, R. AND B. D. E. CHATTERTON . (2009): Early and Middle Devonian Phacopidae (Trilobita) of southern Morocco. *Palaeontographica Canadiana*, 28:1-110.

Références bibliographiques

- M'COY, F., (1849):** On the classification of some British fossil Crustacea with notices of some new forms in the University collection at Cambridge. *Ann. Mag. Nat. Hist (2) 4*, 161-179, 330-335, 392-414.
- MENEHINI, G. (1881):** Fauna primordial in Sardegna .AttiAcademia, Lincei Transunti 5(series 3):305-307.
- MOORE, R. (ed.), (1959) :** Treatise on Invertebrate Paleontology. Part O, Arthropoda 1. Geological Society of America and University of Kansas Press, Boulder and Lawrence, xix ,560 pp.
- MEKAHLI L., BENHAMOU M., OUALI MEHADJI A., MALTI F. Z. & MEKKAOUI A. (2000) :** Interprétation tectono-eustatique du Dévonien de l'Ougarta (Nord-Ouest du Sahara, Algérie). *4^{ème} Sém. Géol. Pétr., Boumerdès*, 13-15 novembre, 11 p.. 3 Fig.
- MENCHIKOFF N. (1930) :** Recherches géologiques et morphologiques dans le Nord du Sahara occidental. *Rev. Géogr. Phys. Géol. dynam.*, 3, 2, p. 103-242.
- MENCHIKOFF N. (1932) :** Sur le Dévonien à Céphalopodes de l'Oued Saoura et les chaînes d'Ougarta (Sahara oranais). *C. R. Acad. Sc. Paris*. 194, p. 1966-1968.
- MENCHIKOFF N. (1933) :** La série primaire de la Saoura et des chaînes d'Ougarta. *Bull. Serv. Géol. Algérie*, 2^{ème} série, 2, p. 108-124.
- MENCHIKOFF N. (1936) :** Etudes géologiques sur les confins algéro-marocains du Sud, *Bull. Soc. géol. France*, 5, 4 : 132.
- MENCHIKOFF N., ALIMEN H., LE MAITRE D., PETTER G & POUEYTO A. (1952) :** Les chaînes d'Ougarta et de la Saoura. *Congr. géol. Intern., Alger, Mongr. Région.*, 1^{ère} série, 15, Algérie.
- MORZADEC P. (1983) :** Le Dévonien (Emsien-Famennien) de la rade de Brest (Massif armoricain). Lithologie, cartographie, stratigraphie, paléogéographie. *Géol. de la France*, 2, 4, p. 269-330.
- MORZADEC, P. (1992) :** Evolution des Asteropyginae (Trilobita) et variations eustatiques au Dévonien. *Lethaia* , 25 , 85–96.
- MORZADEC, P. (1995) :** *Erbenochile erbeni* (Alber ti), Trilobite du Dévonien inférieur de l'Ougarta (Algerie). *Neues Jahrbuch für geologie und Paläontologie Monatshefte*, 1995, 614–621.
- MORZADEC, P. (1997) :** Les Trilobites Asteropyginae du Dévonien de l'Ougarta (Algérie). *Palaeontographica* Abteilung A, 244:143–158.
- MORZADEC P. (1997) :** Trilobites. *In Boumendjelet al. Les faunes du Dévonien de l'Ougarta (Sahara occidental, Algérie). Ann. Soc. Géol. Nord*, 5 (2^{ème} Série), p. 114-115.
- MORZADEC, P. (2001) :** Les Trilobites Asteropyginae du Dévonien de l'Anti Atlas (Maroc). *Palaeontographica*, Abteilung A, 262:53–85.
- MORZADEC P. PARIS F.& RACHEBOEUF P. R. (Coord.) (1981):** La tranchée de la Lézais. Emsien supérieur du massif armoricain: Sédimentologie, paléontologie, stratigraphie. *Mém. Soc. Géol. Minér. Bretagne*, 24, 309 p.

Références bibliographiques

MORZADEC P., PARIS F., PLUSQUELLEC Y., RACHEBOEUF P. & WEYANT M. (1988): Devonian stratigraphy and paleogeography of the Armorican massif. In McMILLAN N. J., EMBRY A. F. & GLASS D. J. (Ed.): Devonian of the World. Volume 1: Régional syntheses. *Canad. Soc. Petr. Geol.*, 14, p. 401-420.

MURCHISON, R.I. (1839): The Silurian System. (London). 786 p.

« N »

NIESZKOWSKI, J. (1857): Versuch einer Monographie der in den silurischen Schichten der Ostseeprovinzen vorkommenden Trilobiten. *Archiv für die Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands* (1)1: 517-626.

NIESZKOWSKI, J. (1859): Zusätze zur Monographie der Trilobiten der Ostseeprovinzen, nebst der Beschreibung einiger neuen ober silurischen Crustaceen. *Archiv für die Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands* 2:345-384.

NOVÁK, O. (1890): Vergleichende Studien an einigen Trilobiten aus dem Hercyn von Bicken. *Wildungen, Gerirenstein und Böhmen Paläontologische Abhandlungen*, Berlin, 1 :1-46.

NOVÁK, O. (1883): Zur Kenntnis der böhmischen Trilobiten. *Beiträge zur Paläontologie Österreich – Ungarns und des Orients* 3(1/2):23-63. Pl. 8-12.

« O »

OEHLERT D. P. (1887): Etude sur quelques fossiles dévoniens de l'Ouest de la France. *Ann. Soc. géol.*, 19, (1886), p. 1-80, 5 Pl.

OMPECKJ, J.F. (1895): Die fauna des Cambrium von Tejrovic und Skrej in Bohmen. *Jahrbuch der Kaiserlich-Königlich Geologischen Reichsanstalt* 45: 495-614, pls 13-17.

ÔPIK, A., (1937): Trilobiten aus Estland. *Acta et Commentationes Univ. Tartuensis, A. Math. Phys. Med.* 32, 1-163.

OSMÓLSKA, H. (1963): On some Famennian Phacopiniae (Trilobita) from the Holy Cross Mountains (Poland). *Acta Palaeontologica Polonica*, 8: 495-523.

OUALI MEHADJI, A. (2004): Les Brachiopodes du niveau majeur Emsien supérieur- Eifélien inférieur de la Saoura (Sahara Nord-occidental, Algérie) Marqueur évènemental de la transgression fini-emsienne (Paléontologie, Biostratigraphie, Taphonomie et environnements sédimentaires). *Th. Doct. Univ. Oran*, p. 229. pl3.

OWENS R.M. (1973): British Ordovician and Silurian Proetidae (Trilobita). *Palaeontographical Society Monographs* : 1-98, 15 pls.

« P »

PARIS F., BOUMENDJEL K., MORZADEC P. & PLUSQUELLEC Y. (1997): Synthèse chronostratigraphique du Dévonien de l'Ougarta (Sahara occidental, Algérie). *Ann. Soc. géol. Nord*, 5 (2^{ème} Série), p. 117-121.

Références bibliographiques

PARSONS, K. M., & C. E. BRETT. (1991): Taphonomic processes and biases in modern marine environments: and actualistic perspective on fossil assemblage preservation. In S. K. Donovan (*ed.*). The processes of fossilization, pp. 22-65. London: Belhaven Press.

PETTER G. (1959) : Goniatites dévoniennes du Sahara. *Publ. Serv. Carte géol. Algérie*, (nouvelle série), Paléontologie, Mém. 2, p. 1-313, 26 Pl.

PETTER G. (1960) : Clyménies du Sahara. *Publ. Serv. Carte géol. Algérie*, (nouvelle série), Paléontologie, Mém. 6 : 1-58, 8 Pl.

PLOTNICK, R. E. (1986): Taphonomy of a modern shrimp: implications for the arthropod fossil record. *Palaios* 1: 286- 293.

PLUSQUELLEC Y. (1997) : Coraux Tabulata et Rugosa. In BOUMENDJEL *et al.*, Les faunes du Dévonien de l'Ougarta (Sahara occidental, Algérie). *Ann.Soc. géol. Nord*, 5 (2^{ème} série), p. 95-99.

POUEYTO A. (1951) : Contribution à l'étude des terrains paléozoïques de la basse Daoura (Sahara occidental). *C. R. Soc. géol. France*, 10, p. 156-157.

POUEYTO A. (1952) : Rhyolites et grès d'Ougarta et terrains gothlandiens. In ALIMEN H. *et al.* : Les chaînes d'Ougarta et la Saoura. 19^{ème} Congr. Géol. Intern., Alger, Monog. Rég., 1^{ère} Série, Algérie n° 15.

POULSEN, C. (1927): The Cambrian, Ozarkian, and Canadian faunas of northwest Greenland. *Meddelelserom Grønland* 70:233-343, pl.14-21.

PRANTL, F. & PRIBYL, A. (1947): Klasifikace a rozdeleni rodu *Scutellum* Pusch, 1833 z českého paleozoika. *Rozpravy České Akademie Ved a Umeni* 56(9):1-29.

PRANTL, F. & PRIBYL, A. (1949): A study of the superfamily Odontopleuracea nov. superfam. (trilobites). *Rozpravy Státniho Geologického Ústavu* 12:1-221.

PRIBYL, A. (1946): Notes on the recognition of the Bohemian Proetidae (Trilobitae). *Acad. Techque des Sci. (Ceska Akad. Ved.a Umeni)*, XLVI Année(1945), Prague.

PRIBYL, A. (1953): Seznam českých trilobitových rodů. *Knihovna Ústředního Ústavu Geologického*, 25: 1-80.

PRIBYL, A. (1970): Über einige böhmische und asiatische Vertreter von Proetiden(Trilobita). *Cas. Mineral. Geol.* 15:101-111.

« R »

RASETTI, F.(1945a): New Upper Cambrian trilobites from the Lévis Conglomerate. *Journal of Paleontology* 19:462-478, pl.60-62.

RASETTI, F.(1945b): Fossiliferous horizons in the 169 "Sillery Formation" 170 near Lévis, Quebec. *American Journal of Science* 243:305-319, pl.1-2.

RASETTI, F.(1948a): Lower Cambrian trilobites from the conglomerates of Quebec (exclusive of the Ptychopariidea). *Journal of Paleontology* 22:1-24, pl. 1-6.

RASETTI, F. (1948b): Middle Cambrian trilobites from the conglomerates of Quebec (exclusive of the Ptychopariidea). *Journal of Paleontology* 22:315-339, pl. 45-52.

Références bibliographiques

RASETTI, F (1952a): Revision of the North American trilobites of the family Eodiscidae. *Journal of Paleontology* 26:434-451, pl.51-54.

RASETTI, F. (1952b): Cephalic sutures in the Upper Cambrian trilobite *Entomaspis*. *Journal of Paleontology* 26:797-802, fig. 1-5, pl.117.

RASETTI, F. (1952c): Ventral Cephalic sutures in Cambrian trilobites. *American Journal of Science* 250:885-898, 1 pl.

RAYMOND, P. E. (1920): The appendages, anatomy and relationships of trilobites. *Memoirs of the Connecticut Academy of Arts and Sciences* 7:1-169, 46 fig., 11 pl.

RAYMOND, P. E. (1922): A trilobite retaining color-markings. *American Journal of Science (series 5)* 4:461-464, 1 fig.

RAYMOND, P.E. (1924): New Upper Cambrian and Lower Ordovician trilobites from Vermont. *Proceedings of the Boston Society of Natural History* 37:389-466, pls 12-14.

REED, F.R.C. (1903): The Lower Palaeozoic trilobites of the Girvan district, Ayrshire. Part 1. *Monographs of the Palaeontographical Society* 1-48, pls 1-6.

RICHTER, R., (1920): Vom Bau und Leben der Trilobiten. II. Der Aufenthalt auf dem Boden. Der Schutz. Die Ernährung. *Senckenbergiana* 2, 23-43.

RICHTER, R., (1937): Vom Bau und Leben der Trilobiten. 8. Die Salter'sche Einbettungsfolge und Kennzeichen des Häutungs-Vergangs. *Senckenbergiana* 19, 413-431.

RICHTER, R., AND RICHTER, E (1926): Die Trilobiten des Oberdevons. Beiträge zur Kenntnis devonischer Trilobiten. IV. Abhandlungen der preussisch-geologischen Landes-Anstalt, Neue Folge 99:1-314.

RICHTER, R., & RICHTER, E., (1940): Studien in Paläozoikum der Mittelmeer-Länder. 5. Die Saukianda-Stufe von Andalusien, eine fremde Fauna im europäischen Ober-Kambrium. *Senckenbergnat. Gesell.* 450, 1-81.

« S »

SALTER, J . W . (1864) : A monograph of the British trilobites from the Cambrian, Silurian and Devonian formations. *Palaeontographical Society Monographs*, London, 80 p.

SCHRANK, E. (1972): Proetacea, Encrinuridae und Phacopina (Trilobita) aus silurischen Gesteinen. Beiheft zur Zeitschrift *Geologie* 76:1-117.

SCHRAUT, G. (2000) : Trilobiten aus dem Unter-Devon des südöstlichen Anti-Atlas, Süd-Marokko. *Senckenbergiana lethaea*, 79:361-433.

SEILACHER, A., W. E. REIF, and F. WESFAL. (1985): Sedimentological, ecological, and temporal patterns of fossil Lagerstätten. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* B311: 5-23.

SEILACHER, A. (2007) : Trace Fossil Analyse. - *Springer Berlin Heidelberg New York*. With 75 Plates and 43 Photos. 226.

Références bibliographiques

SNAJDR, M . (1985): Bohemian representatives of the trilobite subfamily Odontochilinaesubf. nov. *VestnikUstrednihoUstavu Geologickeho*,59:165–169.

SPEYER, S. E., (1988): Biostratigraphy and functional morphology of enrollment in two Middle Devonian trilobites. *Lethaia* 21, 121-138.

SPEYER, S. E., AND C. E. BRETT. (1985): Clustered trilobite assemblages in the Middle Devonian Hamilton Group. *Lethaia* 18: 85-103.

SPEYER, S. E., AND C. E. BRETT. (1986): Trilobite taphonomy and Middle Devonian taphofacies. *Palaios* 1: 312-327.

STEININGER, J. (1831): Bemerkungen über die Versteinerungen, welche in dem Übergangskalkgebirge der Eifel gefunden werden. Beilage zumGymnasial-Programmschrift zu Trier: Blatta, 46 p.

STITT, J. H., (1976): Functional morphology and life habits of the Late Cambrian trilobite *Stenopiluspronus* Raymond. *J. Paleontol.* 50, 561-576.

STØRMER, L. (1930): Scandinavian Trinucleidae : With special references to Norwegian species and varieties. *SkrifterUtgittavDer Norske Videnskaps-Akademi Oslo, I, Matematisk-naturvidenskapeligKlasse* 1930,no.4:1-111,fig.1-47,pl. 1-14.

STØRMER, L. (1933): Are trilobites related to arachnids? *American Journal of Science* (series 5) 26:147-157, fig 1-2.

STØRMER, L. (1939): Studies on trilobite morphology. Part 1: The thoracic appendages and their phylogenetic significance .*Norsk Geologisk Tidsskrift* 19:143-274,35fig ., 12pl.

STØRMER, L. (1942): Studies on trilobite morphology .Part II: The larval development, the segmentation and the sutures, and their bearing on trilobite classification. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 21:49-164, 19 fig., 2 pl.

STØRMER, L., (1949) : Classe Trilobita. In *Grassé, P.-P., Traité de Zoologie., Masson et Cie (Paris)* 6, 159-197.

STØRMER, L. (1951): Studies on trilobite morphology. Part III: The ventral cephalic structures with remarks on the zoological position of the trilobites. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 29:108-158, 14 fig., 4 pl.

STRUVE, W. (1959): Asteropyginae. Pp. 477–483 in R. C. Moore (ed.) *Treatise on Invertebrate Paleontology, O, Arthropoda 1.* University of Kansas Press, Lawrence, Kansas

« T »

TASCH, P., (1980): Paleobiology of the invertebrates: data retrieval from the fossil record (second édition). *John Wiley & Sons, Inc., 1-975.*

TAYLOR, W. L, & C. E. BRETT. (1996): Taphonomy and paleoecology of Echinoderm Lagerstätten from the Silurian (Wenlockian) Rochester Shale. *Palaios* 11: 118-140.

TETREAULT, D. K. (1992): Paleoecologic implications of epibionts on the Silurian trilobite *Arctinurus*. North American Paleontology Convention, abstracts and program, Paleontological Society special publication 6: 289.

Références bibliographiques

« V »

VOGEL, K., S. GOLUBIC, and C. E. BRETT. (1987): Endolith associations and their relation to facies distribution in the Middle Devonian of New York State. *Lethaia* 20: 263-290.

« W »

WALCH, J .E.I. (1771): Die Naturgeschichte der versteineringen zur erläuterung der Knorr'schen Sammlung von Merkwürdigkeiten der Natur .Nürnberg (P.J. Felstecker: Nürnberg) 235p, 84pl..

WALCOT, C.D. (1910): *Olenellus and other genera of Mesonacidae* : Smithsonian Misc. Coll., v. 53, no. 6, p. 231-422-j-unpaged index.

WALCOT, C.D. (1918): *Appendages of trilobites*: Same, v. 67, no. 4, p. 115-216, pi. 14-42, fig. 1-3.

WALCOT, C.D. (1921): *Notes on the structure of Neolinus* :Same, v. 67, no. 7, p. 365-456, 15 pl., 23 fig.

WESTERGÅRD, A.H.(1936) : *Paradoxidesoelandicus* beds of Oland : With the account of a diamond boring through the Cambrian at Mossberga .Sveriges Geologiska Undersökning ,Series C,no.394, Årsbok 30,no.1:1-66,12 fig.,12 pl.

WESTROP, S. R., (1983): The life habits of the Ordovician illaenine trilobite *Bumastoides*. *Lethaia* 16, 15-24.

WHITELEY T. E, G. J. KLOC and C. E. BRETT (2002): Trilobite of New York. An illustrated guide. *Paleontological Research Institution, Ithaca, New York. P.189. Fig 1-5. Pl. 175.*

WHITTINGTON, H. B. (1941): The Trinucleidae, with special references to North American genera and species. *Jour. Paleont.*, v. 15, p. 21-41, pl. 1-6. Fig. 1.

WHITTINGTON, H. B. (1941):*Platycoryphe*, and Ordovician homalonotid trilobite *J. Paleont.* 39, 487-491.

WHITTINGTON,H. B. (1948): A new Lower Ordovician trilobite. *Journal of Paleontology* 22:567-572.

WHITTINGTON, H.B. (1980a): Exoskeleton, moult stage, appendage morphology, and habits of the Middle Cambrian trilobite *Olenoidesserratus*. *Palaeontology* 23:171-204, fig.1-16, pl. 17-22.

WHITTINGTON, H.B. (1980b): The significance of the fauna of the Burgess Shale ,Middle Cambrian, British Columbia .Proceedings of the Geologists Association ,London 91:127-148, 12 fig .,4pl.

WHITTINGTON, H. B., & EVITT, W. R., (1953): Silicified Middle Ordovician trilobites. *Geol. Soc. Am. Mem.* 59, 1-137.

WOODWARD, H. (1884b): Note on the remains of trilobites from South Australia. *Geological Magazine*, new series, 3rd decade 1:372-374.

Résumé :

Le passage Emsien/ Eifélien dans la Saoura est marqué par un niveau coquillé majeur à faune benthique variée. Il est qualifié de polybenthophyse par la présence de plusieurs groupes fossiles.

Les trilobites de ce niveau à faune benthique variée (FBV) ont été étudiés dans deux sites (km 30 et Erg el Djemel), ces derniers ont livré une faune de trilobites riche et diversifiée avec treize espèces regroupées en quatre familles (Phacopidae, Proetidae, Acastidae et Aulacopleuridae) et huit genres. Dix espèces ont été signalées pour la première fois dans la Saoura, une nouvelle espèce a été définie *Austerops lemaitri* et une autre discutée *Austerops smoothops* de Chatterton et *al.*, 2006. Les espèces de la Saoura présentent des affinités avec celles de l'Anti Atlas marocain.

Les caractères taphonomiques et la diversité spécifique suggèrent plusieurs générations amalgamées, ce qui confirme la présence du phénomène de la rétro-action taphonomique.

Du point de vue paléoécologique, la variation quantitative des caractères taphonomiques et système oculaire très développé des individus impliquent un environnement de plateforme (zone photique) pour ces niveaux à trilobites toutefois, le FBV de Erg el Djemel est plus distal que celui du km 30. La fréquence des asteropyginae (*Erbenochile erbeni* et *Hollardops mesocristara*) réduit les probabilités de la présence d'un niveau coralligène.

Mots-clés : Trilobites, Saoura-Ougarta, Erg el Djemel, Km 30, Emsien supérieur, Systématique, Taxinomie, Taphonomie, Paléoécologie.

Abstract:

The Emsian / Eifelian transition in Saoura is marked by a major shelly level with diverse benthic fauna. It is called polybenthophyse by the presence of several fossil groups.

Trilobites that level benthic varied fauna (FBV), were studied at two sites (30 km Erg el Djemel), the latter delivered a rich and diverse trilobite fauna with thirteen species grouped into four families (Phacopidae, Proetidae, Acastidae and Aulacopleuridae) and eight genera. Ten species were reported for the first time in the Saoura, a new species has been defined *Austerops lemaitri* and another discussed *Austerops smoothops* Chatterton et *al.*, 2006. The Saoura species show affinities with those of the Anti-Atlas Mountains.

Taphonomic characters and species diversity suggest several amalgamated generations, which confirm the presence of the phenomenon of taphonomic feedback.

From the paleoecologic point view, the quantitative variation of taphonomic characters and highly developed individuals visual system involve a platform environment (photic zone) for these trilobites levels however; FBV Erg el Djemel is more distal than the one of km30. The frequency of asteropyginae (*Erbenochile erbeni* and *Hollardops mesocristara*) reduces the probability of the presence of coralline level.

Keywords: Trilobites, Saoura-Ougarta, Erg el Djemel, Km 30, Late Emsien, Systematic, Taxinomy, Taphonomy, Paléoécology.

CHAPITRE I

Généralités

	Page
I. Cadre physique	p.1
I.1. Localisation des secteurs d'étude	p.1
I. 1. a) Le secteur de Marhouma (Km 30)	p.1
I.1.b) Le secteur de Erg El Djemel	p.3
II. Cadre structural	p.3
III. Lithostratigraphie du Dévonien de la Saoura	p.3
III.1 La formation de Zeimlet	p.5
III.2 La formation de Saheb El Djir	p.5
III.3 La formation du Dkhissa	p.5
III.4 La formation du Teferguenite	p.6
III.5 La formation de Chefar el Ahmar (140m)	p.7
III.6 La formation des argiles de Marhouma (260m)	p.7
III.7 La formation des grés de Marhouma (110m)	p.7
IV. Historique des recherches	p.7
V. Equivalence du niveau à faune benthique variée (FBV) de la Saoura aux autres terrains dévoniens	p.10
1) Dans les bassins sahariens	p.10
2) Dans les bassins péri-rhéiques	p.12
VI. La taphonomie des trilobites	p.13
A) La détérioration des tissus mous	p.14
B) Les restes articulés	p.14
C) Transport et orientation	p.16
D) La fragmentation et la préservation de squelettes déformés	p.16
E) Abrasion, corrosion et incrustation	p.16
F) Effet de la diagenèse sur les fossiles: traitement géochimique des fossiles potentiels	p.17
G) Les taphofaciès à trilobites	p.18
VII. Méthodologie du travail	p.21

CHAPITRE II

I. Description lithologique des deux coupes étudiées	p.23
I.1. Lithologie de la coupe du « km 30 »	p.23
I.2. Lithologie de la coupe de l'Erg el Djemel	p.25

CHAPITRE III

Paléontologie des trilobites

A. Généralités sur les trilobites	p.28
I. Historique des recherches sur les trilobites	p.28
II. Morphologie externe des trilobites	p.31
II.A. Le céphalon	p.31
1) La glabelle	p.31
2) La région préglabellaire	p.32
2.a) Le cranidium	p.32
2.b) Les joues libres	p.32
3) La face ventrale (ou doublure céphalique)	p.32
3.1) La plaque rostrale (ou rostrum)	p.32
3.2) L'hypostome	p.34
3.3) Le métastome	p.34
4) Les sutures céphaliques	p.34
4.1) La suture faciale	p.34
4.2) La suture hypostomale	p.36
4.3) La suture rostrale	p.36
II.B. Les régions thoraciques (thorax)	p.36
1) L'anneau axial	p.36
2) Les plèvres (pleurites)	p.36
II.C. Le pygidium	p.38
1) Le rachis pygidial	p.38
2) Les lobes pleuraux	p.38
II.D. Les appendices ventraux	p.40
II.E. Les yeux composés	p.40
1) L'œil holochroal	p.42
2) L'œil schizochroal	p.42
3) La cécité	p.42
II.F. La sculpture ou ornementation	p.42
1) L'effacement	p.42
2) Les épines horizontales	p.42
3) Les épines verticales	p.42
4) Les perforations fines (pits)	p.43
5) Les perforations (fossettes)	p.43
6) Les petits granules	p.43
7) Les pseudo-tubercules	p.43
8) Les tubercules épineux	p.43
9) Les gros tubercules	p.44
10) Le tubercule glabellaire médian	p.44
11) Les Terraces lignes	p.44
II.G. L'enroulement	p.44
1) Mécanisme de la flexion	p.45
2) Différents type d'enroulement	p.45
II.H. La mue (ou exuviation)	p.45
1) Le mode olenide (Henningsmoen, 1957)	p.47

SOMMAIRE

2) Le mode phacopide (Speyer, 1988)	p.47
3) Le mode « Ductina »	p.47
II.H. L'écologie des trilobites	p.47
1) Les principaux morphotypes	p.49
B. Systématique et biométrie	p.50
Ordre : Phacopida Salter, 1864	p.50
Famille : Phacopidae Hawle & Corda, 1847	p.50
Sous-famille : Phacopinæ Hawle & Corda, 1847	p.50
Genre : <i>Barrandeops</i> McKellar & Chatterton, 2009	p.50
<i>Barrandeops granulops</i> Chatterton et al., 2006	p.51
<i>Barrandeops sp. B aff. Barrandeops lebesus</i> Chatterton et al., 2006	p.54
<i>Barrandeops sp. C aff. Barrandeops fortleyi</i>	p.56
Genre : <i>Phacops</i> Emmrich, 1839	p.59
<i>Phacops sensu lato sp. D</i>	p.60
Genre : <i>Austerops</i> McKellar & Chatterton, 2009	p.62
<i>Austerops menchikoffi</i> (Le Maître, 1952)	p.63
<i>Austerops sp. E aff. A. speculator punctatus</i> (Mc Kellar et Catterton, 2009)	p.66
<i>Austerops lemaitri new species</i>	p.68
Superfamille : Acastacea Delo, 1935	p.71
Famille : Acastidae Delo, 1935	p.71
Sous-famille : Asteropyginae Delo, 1935	p.71
Genre : <i>Hollardops</i> Morzadec, 1997	p.72
<i>Hollardops mesocristata</i> (Le Maître, 1952)	p.73
Sous-famille : Odontochilinae Sjnadr, 1985	p.75
Genre: <i>Erbenochile</i> Alberti, 1981	p.75
<i>Erbenochile erbeni</i> (Alberti, 1981)	p.76
Ordre : PROETIDA Fortey et Owen, 1975	p.79
Famille : Aulacopleuridae Angelin, 1854	p.79
Sous-famille : Otarioninae Richter et Richter, 1926	p.79
Genre : <i>Cyphaspis</i> Burmeister, 1843	p.79
<i>Cyphaspis hamidi</i> Chatterton et al., 2006	p.80
Famille : Proetidae Salter, 1864	p.84
Genre : <i>Diademaproetus</i> Alberti, 1964	p.84
<i>Diademaproetus sp. Aff. mohamedi</i> Chatterton et al., 2006	p.84
Genre : <i>Gerastos</i> Goldfuss, 1843	p.87
<i>Gerastos tuberculatus</i> (Barrande, 1846)	p.88
<i>Gerastos tuberculatus marocansis</i> Chatterton, 2006	p.88
I. Biométrie de la sous-famille des phacopinæ	p.91
Analyse des résultats	
A. Diagrammes des phacopinæ de la largeur <i>versus</i> la longueur du céphalon	p.91
B. Diagrammes des phacopinæ basé sur le nombre de files oculaires <i>versus</i> la longueur (en mm) du céphalon	p.93

Conclusion	p.95
CHAPITRE IV	
Caractères taphonomiques, diversité spécifique et environnements	
I. Répartition géographique des trilobites récoltés dans le FBV	p.97
Environnements sédimentaires et conditions paléoécologiques	p.99
1) Environnements de dépôts	p.99
a) La coupe du km 30	p.99
b) La coupe de Erg el Djemel	p.99
2) Conditions paléoécologiques	p.101
A) Coupe du Km 30	p.101
B) Coupe de Erg el Djemel	p.103
Conclusion	p.105
Conclusion générale	p.107
Paleobiogéographie	p.108