

**UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TLEMCCEN**  
**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA**  
**TERRE ET DE L'UNIVERS**  
**DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS**

N° d'ordre : 05/DSTU/2013

**MEMOIRE DE MAGISTER**

Option

**Bassins Sédimentaires & Paléoenvironnements**

Présenté par

Louisa SAMAR

---

**LES PALYNOMORPHES DU PASSAGE PLIENSBACHIEN-TOARCIEN :**  
**EXEMPLE DE LA SECTION DE BENZERKA**  
**(TRARAS SEPTENTRIONAUX, ALGERIE NORD OCCIDENTALE)**

---

Soutenu le                                      2013 devant les membres du jury :

Abla AZZOUNI SEKKAL, Professeur, Univ. Tlemcen	Président
Abbas MAROK, Professeur, Univ. Tlemcen	Encadreur
Fatiha KECHID-BENKHEROUF, Professeur, USTHB	Examinateur
Benali KHARROUBI, Maître de Conférences (A), USTO	Examinateur
Houria MEZLAH, Docteur, Division Laboratoires, SONATRACH	Invitée

## TABLE DES MATIERES

<b>AVANT-PROPOS</b> _____	p. 5
<b>RESUME</b> _____	6
<b>ABSTRACT</b> _____	7

### *Premier chapitre : CADRE GENERAL*

<b>I. INTRODUCTION</b> _____	8
<b>II. PROBLEMATIQUE</b> _____	9
<b>III. OBJECTIFS</b> _____	9
<b>IV. METHODOLOGIE</b> _____	10
<b>A. Extraction et analyse du contenu palynologique</b> _____	11
1. Techniques de traitement et récupération du matériel palynologique –	11
2. Préparation des échantillons _____	11
3. Techniques d'observation _____	12
4. Techniques d'analyse du contenu organique _____	12
<b>B. Analyse minéralogique des argiles par DRX : Principe et méthodes</b> _____	13
1. Principe _____	13
2. Méthodes _____	13
<b>C. Géochimie organique</b> _____	14
1. Préparation des échantillons _____	14
2. La teneur en Carbone Organique Total (COT) _____	15
3. La pyrolyse Rock-Eval _____	16
<b>V. ETAT DES CONNAISSANCES SUR LES PALYNOFACIES DU PASSAGE PLIENSBACHIEN-TOARCIEN DANS LA TETHYS OCCIDENTALE</b> _____	19
<b>A. Dans le domaine nord téthysien</b> _____	19
1. Au Portugal _____	20
2. En Espagne _____	20
3. En France _____	21
4. En Grèce _____	21
<b>B. Dans le domaine sud téthysien</b> _____	21
1. Au Maroc _____	22
2. En Algérie _____	23

<b>VI. CLASSIFICATION DES SPORES ET POLLENS</b>	23
<b>A. Types de classification</b>	23
1. Le système naturel	23
2. Le système semi-naturel	23
3. Le système artificiel	23
<b>B. Classifications proposées</b>	23
1. Classification de Potonie & Kremp (1956)	24
2. Classification de Pujol (1969)	24
3. Classification de Reyre (1973)	25
4. Classification de Courtinat & Sebban (1987)	25

*Deuxième chapitre :*

## PRESENTATION DE LA SECTION CONSIDEREE ET INVENTAIRE PALYNOLOGIQUE

<b>I. PRESENTATION DE LA SECTION CONSIDEREE</b>	26
<b>A. Situation géographique et contexte géologique</b>	26
1. Situation géographique	26
2. Contexte géologique	27
<b>B. Description de la section</b>	27
1. Les « Calcaires du Tiseddoûra »	27
2. Les « Marno-calcaires de Bayada »	28
<b>II. INVENTAIRE PALYNOLOGIQUE</b>	29
<b>A. Spores et grains de pollen</b>	29
1. Systématique	29
2. Affinité botanique	46
<b>B. Acritarches</b>	50
1. Systématique	50
2. Affinité botanique	50
<b>C. Algues</b>	51
1. Systématique	51
2. Affinité botanique	52

*Troisième chapitre :*

**ANALYSE DES ASSEMBLAGES PALYNOLOGIQUES ET ATTRIBUTIONS  
BIOSTRATIGRAPHIQUES**

<b>I. ANALYSE DES ASSEMBLAGES PALYNOLOGIQUES</b>	53
<b>A. Analyse qualitative</b>	53
<b>B. Analyse quantitative</b>	55
<b>II. ATTRIBUTIONS BIOSTRATIGRAPHIQUES</b>	58
<b>A. Associations palynologiques et biostratigraphie</b>	58
<b>B. Conclusion</b>	59

*Quatrième chapitre :*

**MINERALOGIE DES ARGILES ET MATIERE ORGANIQUE**

<b>I. INTRODUCTION</b>	60
<b>II. MINERALOGIE DES ARGILES</b>	60
<b>A. Zonation des minéraux argileux</b>	60
<b>B. Zonation des minéraux non argileux</b>	61
<b>C. Conclusion</b>	61
<b>III. MATIERE ORGANIQUE</b>	64
<b>A. Teneurs en Carbone Organique Total (COT)</b>	64
<b>B. La pyrolyse Rock-Eval</b>	64
1. l'index d'hydrogène (IH)	65
2. l'index d'oxygène (IO)	65
3. la maturation thermique (Tmax)	66
4. le potentiel pétrolier de la roche ( $S_1 + S_2$ )	66
5. l'indice d'altération thermique (IAT)	66
<b>C. Conclusion</b>	67

**CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES**

<b>I. CONCLUSIONS GENERALES</b>	68
<b>A. Palynologie</b>	68
<b>B. Sédimentologie</b>	68
<b>C. Géochimie</b>	68



<b>II. PERSPECTIVES</b>	69
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	70
<b>LISTE DES FIGURES</b>	75
<b>LISTE DES TABLEAUX</b>	76
<b>PLANCHES</b>	77

## AVANT-PROPOS

---

Avant d'exposer les résultats de ce mémoire de Magister, je tiens à remercier :

Monsieur **Abbas MAROK**, Professeur à l'Université Abou Bekr Belkaïd-Tlemcen, après avoir suivi ma première année de Magister m'a témoigné sa confiance en me proposant le sujet de ce mémoire. Je suis heureuse de le remercier pour tout le temps et l'attention qu'il a accordé à mon travail.

Madame **Abla AZZOUNI-SEKKAL**, Professeur à l'Université Abou Bekr Belkaïd-Tlemcen qui m'a fait l'honneur de présider le jury.

Madame **Fatiha KECHID-BENKHEROUF** Professeur à l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediène-Alger (USTHB) qui a accepté d'expertiser ce document soumis à son jugement. Je tiens à lui exprimer mes plus vifs remerciements.

Monsieur **Benali KHARROUBI**, Maître de Conférences (A) à l'Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf-Oran (USTO) qui a bien voulu lire et corriger ce présent mémoire. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Madame **Houria MEZLAH**, Docteur en sédimentologie au sein de la Division Laboratoires SONATRACH-Boumerdès qui a bien voulu m'honorer de sa présence dans mon jury.

Je suis particulièrement reconnaissante envers :

Monsieur **Azzedine ADJEB**, Directeur de la Division Laboratoires SONATRACH-Boumerdès et Monsieur **Karim TOUATI**, Directeur des ressources humaines de la même division qui m'ont permis de faire cette formation. Ils ont mis à ma disposition tous les moyens dont j'avais besoin pour la réalisation de ce travail.

Madame **Samya BENCHIKH**, Directeur du laboratoire de géologie de la Division Laboratoires SONATRACH-Boumerdès, qui en plus d'avoir mis à ma disposition les moyens du laboratoire de géologie, m'a encouragé et soutenu le long de cette formation en Post-Graduation.

Je ne serais oublier toutes les personnes du Département des Sciences de la Terre et de l'Univers (Université Abou Bekr Belkaïd-Tlemcen) qui ont participé de loin ou de près à ma formation et au soutien scientifique, en particulier Madame **Fatiha HADJI**.

Mes remerciements vont aussi à mes amis et collègues de la Division Laboratoires et Exploration Boumerdès pour leur aide et encouragements.

## RESUME

---

Dans la section de Benzerka (Monts des Traras, Algérie nord occidentale), quinze (15) échantillons ont été récoltés durant l'intervalle Pliensbachien supérieur-Toarcien inférieur pour une étude palynologique, minéralogique et géochimique. Ainsi, les palynomorphes encore inconnus de cette période des bassins algériens sont bien conservés. Ils sont composés de (09) spores de Ptéridophytes, (12) Gymnospermes, (01) acritarche et (04) algues. L'analyse qualitative et quantitative des assemblages palynologiques a permis de tracer une coupure entre le Pliensbachien supérieur et le Toarcien inférieur. Cette même coupure sera confirmée plus tard par la répartition des minéraux argileux.

Enfin, l'étude de la matière organique (MO) dans cet intervalle chronologique témoigne de l'existence d'une phase anoxique qui mérite d'être confirmée par le lever d'autres sections. D'après les données géochimiques (COT et la Pyrolyse Rock-Eval), il s'agit d'une matière organique immature, d'origine continentale.

**Mots-clés :** Benzerka, Traras, Algérie, Pliensbachien, Toarcien, Palynologie, Minéralogie, MO, COT, Pyrolyse Rock-Eval.

## ABSTRACT

---

In the Benzerka section (Traras Mountains, North-Western Algeria), fifteen (15) samples were collected from the Upper Pliensbachian-Lower Toarcian interval for palynological, mineralogical and geochemical study. Thus, the unknown palynomorphs in the algerian basins during this period are well preserved. They consist of nine (09) spores of Pteridophyta, twelve (12) gymnosperms, one (01) acritarche and four (04) algae. The qualitative and quantitative analysis of pollen assemblages allowed to establish a limit between the Upper Pliensbachian and Lower Toarcian. This boundary will be confirmed later by the distribution of clay minerals.

Finally, the study of organic matter (OM) in this time interval indicates the existence of an anoxic phase which should be confirmed by others sections studies. According to geochemical data (TOC and Rock-Eval Pyrolysis), this organic matter is immature and of continental origin.

**Key-words** : Benzerka, Traras, Algeria, Pliensbachian, Toarcian, Palynology, Mineralogy, OM, TOC, Rock-Eval Pyrolysis.

## Premier chapitre : CADRE GENERAL

### I. INTRODUCTION

La palynologie (*palynos* = poussière ou farine) s'est constituée en science indépendante aux environs de 1920 en Europe septentrionale (*in* Jekhowsky, 1958). Elle traite actuellement tous les microfossiles à paroi organique réfractaire formée soit de chitine soit de sporopollinique. Ces microfossiles également appelés palynomorphes peuvent d'être d'origine continentale ou marine et comprennent : les spores, les grains de pollen, les algues, les acritarches, les chitinozoaires, les dinoflagellés, les scolécodontes, les sphaeromorphes, etc.

-*les spores et les grains de pollen*: ils représentent les organes reproducteurs des végétaux. Ils sont exclusivement continentaux. Leur répartition stratigraphique va du Paléozoïque à l'actuel. L'Ordovicien inférieur à l'actuel pour les spores et le Carbonifère supérieur à l'actuel pour les pollens.

-*les acritarches*: défini en 1963 par Evitt, les acritarches sont des microfossiles de petite taille dont l'affinité biologique est incertaine (Protistes, pontes d'animaux, ou spores de végétaux supérieurs). D'origine marine, Ils sont très abondants dans les sédiments marins et pélagiques traduisant généralement un milieu de dépôt calme. Leur répartition stratigraphique va du Précambrien à l'actuel. La classification de ces micro-organismes se fait selon les caractères de leur test qui possède une cavité centrale, une paroi composée d'une à deux couches, une ouverture (fente ou pylome) des expansions et une ornementation portée par la paroi ainsi que les expansions.

-*les chitinozoaires*: d'origine incertaine (Protistes ou parties d'organes de métazoaires), ces micro-organismes chitineux ont été décrits pour la première fois par Eisenack (1931). Les chitinozoaires exclusivement marins montrent une répartition stratigraphique allant du Cambrien jusqu'au Dévonien.

-*les dinoflagellés*: ils ont été découverts par Ehrenberg en 1838 dans le Crétacé d'Allemagne. Il s'agit d'un groupe de végétaux unicellulaires possédant deux flagelles, entourés d'une coque organique. Les formes fossiles (ou kystes) rencontrées exclusivement dans le milieu marin sont des bons marqueurs stratigraphiques pour la période chronologique Trias-Actuel.

-*les scolécodontes*: ce sont des pièces maxillaires des annélides, dont la morphologie s'apparente à celle de certains conodontes. Durant le Mésozoïque, les scolécodontes sont rares, soit à cause du profond bouleversement biologique qui affecte le monde vivant à la fin du Paléozoïque soit parce qu'ils sont, de fait peu étudiés (Courtinat, 1989).

-les *sphaeromorphes*: ces sphères plus ou moins épaisses à faiblement ornementées, regroupent les tasmanites d'origine marine et les *Leosphaeridia* d'origine continentale.

Aujourd'hui, la palynologie fait figure de discipline éprouvée. Pour les géologues, elle est utilisée d'une manière efficace dans la précision des âges stratigraphiques et dans la reconstitution des paléoclimats et du couvert végétal.

Dans la présente étude palynologique réservée aux des dépôts d'âge Pliensbachien-Toarcien de la section de Benzerka (Traras septentrionaux), il nous a semblé utile, voire nécessaire à élaborer un premier **PALYNO-DATA** pour cet intervalle chronologique. Ce dernier, il sera corrélé à l'échelle de la Téthys occidentale.

## II. PROBLEMATIQUE

Dans l'ensemble des bassins de la Téthys occidentale, la période du Toarcien inférieur est marquée par plusieurs événements paléo-environnementaux et paléo-océanographiques. A titre d'exemple, nous citons : les variations du niveau marin enregistrées au passage Pliensbachien-Toarcien (Haq et *al.*, 1988), l'augmentation de la sédimentation argileuse par rapport au Pliensbachien, la crise de la biosphère marine, l'enregistrement d'un événement anoxique (**T-OAE**)(Baudin et *al.*, 1989 ; Jenkyns, 1988) et enfin les perturbations géochimiques dans les signaux isotopiques de  $\delta^{13}\text{C}$  (Jenkyns & Clayton, 1997) et  $\delta^{15}\text{N}$  (Jenkyns et *al.*, 2001).

En ce qui concerne les bassins sédimentaires algériens, partie intégrante du domaine téthysien, les travaux micropaléontologiques (foraminifères et ostracodes)(Tchenar, 2004 ; Sebane et *al.*, 2007 ; Ouahib, 2012 ; Reolid et *al.*, 2012a ; Reolid et *al.*, 2012b), macropaléontologiques (ammonites et brachiopodes)(Elmi et *al.*, 2009) et géochimiques réalisés dans le Nord-Ouest et le Sud-Ouest ont pu mettre en évidence certains bio-événements au cours du Pliensbachien-Toarcien, en particulier la crise biotique dans l'Atlas saharien occidental (Sebane et *al.*, 2007 ; Reolid et *al.*, 2012a ; Reolid et *al.*, 2012b).

Dans le présent travail, nous nous intéresserons aux palynofaciès qui peuvent caractériser la période Pliensbachien-Toarcien. Une telle étude va nous permettre pour la première fois de répondre à deux (2) questions essentielles :

➤ *Existe-t-il des associations palynologiques marquant la limite ou le passage Pliensbachien-Toarcien dans les Traras (A l'exemple de la section de Benzerka) ?*

➤ *Quelle est l'origine de la matière organique (MO) identifiée ? et quel est le potentiel pétrolier de cette matière organique ?*

## III. OBJECTIFS

En absence des données palynologiques sur le passage Pliensbachien-Toarcien en Algérie, notre choix s'est guidé sur les palynomorphes de cette période géologique en raison des avantages qu'ils présentent sur le plan académique et économique. De ce fait, l'approche que nous envisageons dans ce mémoire a pour but :

-d'inventorier les différents palynomorphes de l'intervalle chronologique Pliensbachien-Toarcien ;

-d'affiner dans la mesure du possible, la biostratigraphie dudit passage à partir des associations palynologiques;

-de reconstituer le paléoenvironnement à partir des quelques palynomorphes déterminés ;

-de reconstituer l'évolution du couvert végétal et de mettre en évidence des changements climatiques, dans la mesure où les spores et grains de pollen sont attribués à des plantes connues ;

-d'interpréter la répartition des constituants minéralogiques (analyse des argiles) de la section de Benzerka;

-de caractériser la nature et l'importance et de la matière organique à partir de l'analyse géochimique ;

#### IV. METHODOLOGIE

La présente étude est basée essentiellement sur un travail de laboratoire. Les échantillons ainsi prélevés (en nombre de 15) seront préparés pour plusieurs analyses (palynologie, analyse des argiles par DRX et géochimie organique). Nous suivrons tout simplement le protocole d'étude proposé par Combaz, 1980 (*in* Durand, 1980).

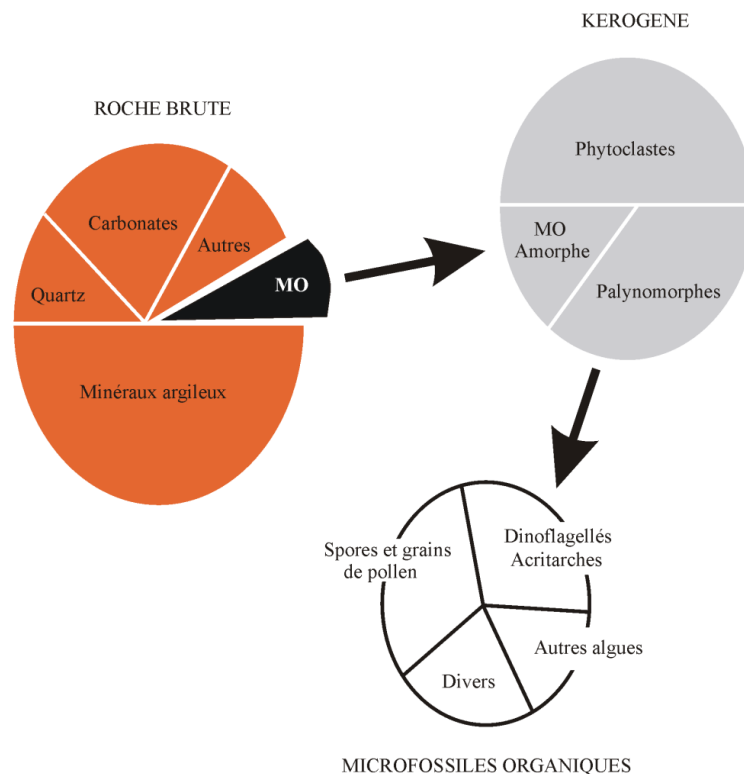


Fig. 1- Principaux groupes de particules organiques observés lors de l'analyse d'un palynofaciès (d'après Combaz, 1980 *in* Durand, 1980).

## **A. Extraction et analyse du contenu palynologique**

Les principes et les techniques entrepris dans ce travail ont fait l'objet de plusieurs publications (Sittler, 1954 ; Jekhowsky, 1958, 1959 ; Reyre, 1973 ; Raynaud & Robert, 1976).

### 1. Techniques de traitement et récupération du matériel palynologique

Les échantillons de la section considérée ont subi un traitement classique pour l'élimination des fractions minérales et organiques dans le but de concentrer et de récupérer un résidu qui sera par la suite étudié au microscope. Ce résidu renferme le plus grand nombre possible de palynomorphes bien conservés.

### 2. Préparation des échantillons

#### a. Sélection des fragments représentatifs

Cela consiste à prélever sur chaque échantillon initial (au nombre de 15) différents fragments (environ 40g par échantillon) dans le but d'homogénéiser l'échantillonnage.

#### b. Broyage des échantillons

Les quinze (15) échantillons de roches (marnes) prélevés sont broyés chacun séparément dans un mortier en porcelaine (facile à laver entre deux préparations ce qui diminue les risques de contaminations et de pollutions). L'utilité du broyage est qu'il facilite l'attaque chimique.

#### c. Traitements chimiques des échantillons

Comme les échantillons analysés sont des marnes, il était nécessaire de les dissoudre chacun dans 150 ml d'acide chlorhydrique (HCL à 37 %) dans 15 béchers en pyrex afin de digérer la fraction carbonatée. A la fin de la réaction, l'acide est éliminé par deux lavages-décantations. Ensuite, les quinze (15) échantillons ont été soumis chacun à l'action de 200 ml d'acide fluorhydrique (HF à 48 %) pendant 24 heures. A l'issue de la réaction, l'application de la méthode lavage-décantation a permis à nouveau d'éliminer toute trace d'acide.

Notons que pour éliminer les particules minérales dont la densité est supérieure à celles des éléments organiques, les résidus d'attaque ont été mis d'abord dans des tubes à essai (contenance 15 ml), puis été soumis à une centrifugation de 2500 tours par minute dans un mélange bromoforme et éthanol de densité 2,1. Le bromoforme n'étant pas miscible à l'eau, les opérations suivantes sont nécessaires :

- Lavage à l'alcool à 50° puis centrifugation pendant 1minute ;
- Lavage à l'alcool à 90° puis centrifugation pendant 1minute ;
- Egouttage du culot de centrifugation pour ne pas modifier la densité de la liqueur dense.
- Lavage à la liqueur dense (bromoforme) puis centrifugation pendant 5 minutes ;
- Lavage à l'alcool à 90° puis centrifugation pendant 1minute ;



- Lavage à l'alcool à 50° puis centrifugation pendant 1 minute ;
- Lavage à l'eau puis centrifugation pendant 1 minute.

Ainsi séparés, les résidus organiques sont stockés dans des petits tubes en verre avec une goutte de glycérine empêchant leurs dessiccations. Une fois la série de traitements terminée, deux lames minces sont systématiquement réalisées par échantillon. Pour cela, une quantité sensiblement constante de résidu organique a été prélevée et mélangée à une goutte de gélatine fondue qui va figer les palynomorphes sur une lame mince. L'ensemble a été recouvert d'une lamelle puis étiqueté.

### 3. Techniques d'observation

Nous avons utilisé pour l'observation et le comptage des palynomorphes un microscope optique équipé d'un appareil numérique de prises de photos, d'oculaires x 10 et d'objectifs x 2,5, x 10, x 40 et x 100.

### 4. Techniques d'analyse du contenu organique

#### a. La taille du résidu

La taille des fractions à étudier était au nombre de deux (02). Les pollens étaient généralement présents dans la fraction supérieure à 20 microns, les spores et les acritarches de petite taille dans la fraction inférieure à 20 microns.

#### b. Analyse au microscope

L'analyse des lames palynologiques s'est portée sur l'identification et la richesse relative des palynomorphes (grains de pollen, spores, acritarches, dinoflagellés, etc.), des débris de kérogène noirâtre, de la matière organique amorphe, des particules ligneuses et des tissus végétaux.

Dans ce contexte, un indice de maturité thermique ou IAT peut être mesuré par la méthode dite optique. Sachant que les palynofaciès comportent une fraction amorphe (la matière organique amorphe) et des éléments figurés (les spores et les pollens). L'étude des palynofaciès au microscope optique en lumière naturelle transmise a permis de déterminer leur stade de maturité. La couleur des palynofaciès déterminée visuellement est mesurable sur l'échelle de référence de l'IAT de Staplin et Correia (1969) avec des valeurs allant de 1 à 5. Chaque couleur correspond à un stade de maturité de la matière organique. A titre d'exemple, l'indice de maturité thermique le plus élevé (5) correspond à la couleur noire et détermine une matière organique la plus mature.

#### c. Méthode statistique

La méthode quantitative en palynologie consiste en l'étude d'assemblage de palynomorphes plutôt que d'individus isolés (méthode qualitative). Elle s'appuie sur le fait que généralement les microfossiles sont présents en grande quantité et diversifiés dans les sédiments propices à leur fossilisation. Ceci permet de réaliser une étude statistique et la représentation biologique la plus continue possible des successions sédimentaires ; mais aussi la mise en évidence de coupures stratigraphiques.

La technique de comptage des microfossiles est généralement laissée à l'appréciation du palynologue qui avec l'accumulation de l'expérience trouvera des méthodes qui lui conviennent le mieux. Néanmoins pour des études quantitatives, le comptage est d'au moins 300 palynomorphes par lame et pour des études qualitatives ou semi-quantitatives, le comptage est de moins de 200 palynomorphes par lame. Basées idéalement sur un grand nombre de microfossiles, (au moins 200 à 300 comptés par lame), les méthodes statistiques quantifiées, dans le cas d'une section de terrain ou d'un puits échantillonné de manière serrée et continue peuvent être à la rigueur basées sur un minimum de 30 spécimens par lame.

Il est à noter que dans l'exploration pétrolière, la palynologie quantitative et qualitative constitue un outil puissant pour résoudre les problèmes stratigraphiques et environnementaux rencontrés lors des campagnes de forage.

## **B. Analyse minéralogique des argiles par DRX : Principe et méthodes**

### **1. Principe**

La **Diffractométrie de Rayons X (DRX)** est une technique d'analyse fondée sur la diffraction des rayons X sur la matière. L'appareil de mesure s'appelle un diffractomètre. Les données collectées forment le diagramme de diffraction ou diffractogramme. Les rayons X sont des ondes électromagnétiques formant une série continue dont les longueurs d'ondes  $\lambda$  varient des ondes radios aux ondes cosmiques. La diffraction des rayons X sur la matière cristalline permet d'avoir accès à des informations physiques sur les cristaux (la texture, les contraintes et les paramètres cristallins).

### **2. Méthodes**

Les méthodes d'analyse des quinze (15) échantillons se résument aux étapes suivantes :

- a. Le broyage
- b. Le traitement acide : dispersion dans une solution d'HCL à 0,1 molaire ;
- c. La centrifugation puis le renouvellement de l'opération jusqu'à disparition des bulles.
- d. On prépare l'échantillon sous la forme d'une poudre aplanie dans une coupelle, ou bien sous la forme d'une plaquette solide plate. On envoie des rayons X sur cet échantillon, et un détecteur fait le tour de l'échantillon pour mesurer l'intensité des rayons X selon la direction.

Pour des raisons pratiques, on fait tourner l'échantillon en même temps, ou éventuellement on fait tourner le tube produisant les rayons X.

e. Les traitements spéciaux : l'analyse aux rayons X des minéraux argileux et non argileux est basée sur la connaissance des distances réticulaires (001). On cherche à renforcer les réflexions (001) en orientant les particules suivant le plan (001) qui est le plan de développement des minéraux argileux. Pour certains minéraux argileux, les distances réticulaires (001) varient d'une manière caractéristique après certains traitements.

f. Les diagrammes de diffraction obtenus sont :

-Diagramme normal : pas de traitement. Il est enregistré à partir d'une lame séchée à l'air.

-Diagramme chauffage : on chauffe l'échantillon à 490°C pendant quatre (04) heures pour détruire la Kaolinite, les vermiculites et les smectites se déshydratent.

-Diagramme éthylène glycol : les lames sont placées une nuit dans le vide en présence d'éthylène glycol. Ce traitement a pour effet d'intercaler les molécules organiques entre les feuillets (exemples les smectites gonflent).

### C. Géochimie organique

La géochimie organique est l'étude de la matière organique, sa composition, son origine et sa variation depuis son incorporation dans les sédiments jusqu'à sa transformation, sa maturation, son accumulation et sa migration sous forme d'huile ou de gaz vers les roches réservoirs. La matière organique (MO) est à l'origine de nos ressources énergétique. Elle constitue également un enregistrement de la vie passée.

Dans cette optique, une étude géochimique intégrée d'une région donnée aboutit généralement à une évaluation quantitative des hydrocarbures générés ainsi que l'identification des roches mères.

Pour les besoins de la présente étude, quinze (15) échantillons de marnes (Bz7' à Bz57') prélevés dans les «Calcaires de Tiseddoûra» et les «Marno-calcaires de Bayada» ont fait l'objet d'une analyse géochimique. Les paramètres analysés sont : le COT, S1, S2, IH, IO, Tmax et le PRV (Pouvoir réflecteur de la vitrinite). Cet ensemble de valeurs constituera notre base de données.

#### 1. Préparation des échantillons

Les étapes de préparation des échantillons consistent à :

##### a. L'attaque

Il s'agit de l'attaque de 800 mg d'échantillon broyé par l'acide chlorhydrique (HCl, 2N) afin d'éliminer les carbonates et par l'acide fluorhydrique (à 30 %) pour éliminer les silicates.

##### b. La neutralisation

Elle consiste à étalonner le pH-mètre en prenant trois (03) béchers contenant 5 ml d'acide chlorhydrique (HCl) et de l'eau distillée. Ensuite, nous les mettons un par un dans le pH-mètre afin de les étalonner à une valeur de 7-7,5 et on neutralise les échantillons en ajoutant une base (NaOH à N 1,33) pour éliminer l'acide chlorhydrique (HCl).

### c. La filtration

L'échantillon est mis dans un creuset en porcelaine (filtrant) et à l'aide d'une pompe à vide on aspire le maximum de liquide contenu dans l'échantillon.

### d. Le séchage

Les échantillons sont mis dans une étuve sous une température qui ne dépasse pas 50°C. Après cette opération on commence le dosage.

## 2. La teneur en Carbone Organique Total (COT)

Nous rappelons que le dosage du carbone organique est un critère important d'évaluation de la richesse d'une roche en matière organique. Le carbone organique total (COT) est mesuré à l'aide de 2 appareils:

- Doseur de carbone LECO WR- 112 pour le Carbone Organique Total (COT).
- Doseur du Carbone et du Soufre (SC 444).

Notons que, la teneur pondérale en carbone organique dans une roche sédimentaire est exprimée en pourcentage carbone organique par gramme de roche. Elle nous donne une idée sur la richesse en matière organique, permettant ainsi d'établir la classification suivante (tabl. 1).

A la fin de cette opération, on calcule le pourcentage du carbone minéral dans notre échantillon par la formule:

$$\% \text{ CM} = \frac{0.6 [(V\text{HCl} \times N\text{HCl}) - (V\text{NaOH} \times N\text{NaOH})]}{P}$$

A noté : VHCl: volume de l'acide chlorhydrique (ml), NHCl: normalité de l'acide chlorhydrique, VNaOH: volume de la soude (ml) ; NNaOH: normalité de la soude ; P: poids de l'échantillon (mg).

Carbone organique total (%) (Argiles)	Carbone organique total (%) (Carbonate)	Classification
< 0.5	< 0.12	Roche pauvre
0.5- 1	0.12- 0.25	Roche moyenne
1- 2	0.25- 0.5	Roche bonne
2 - 4	0.5- 1	Roche très bonne
> 4	> 1	Roche excellente

Tabl. 1- Classification des roches en fonction du (%) en Carbone Organique Total.

### 3. La pyrolyse Rock-Eval

C'est l'analyse de la matière organique (**MO**) par dégradation thermique expérimentale du kérogène contenu dans les roches sédimentaires sous atmosphère inerte (Hélium). Elle simule en un temps très court (20 minutes) la genèse naturelle d'huile dans les sédiments. Elle permet également de mesurer le contenu en hydrocarbures libres ( $S_1$ ), en hydrocarbures potentiels ( $S_2$ ), en  $CO_2$  organique ( $S_3$ ) dans les roches et la température atteinte au sommet du pic ( $S_2$ ) [ $T_{max}$ ].

Les paramètres obtenus sont utilisés pour caractériser la qualité de la matière organique (type) et son état d'évolution (maturation).

#### a. Principe de la pyrolyse

La pyrolyse permet de déterminer, à la fois :

- La nature et le type de la matière organique ;
- Son état d'évolution ou degré de maturation,
- Ses potentiels pétroliers ;

La pyrolyse a été réalisée à l'aide de l'appareil: ROCK-EVAL II. Le principe de cet appareil consiste en premier au calibrage de l'appareil. Ensuite, il faut chauffer un petit échantillon de roche broyée (100 mg), contenu dans une nacelle poreuse, dans un four de pyrolyse traversé par un courant d'Hélium. Le four est tout d'abord porté à une température isotherme de 300°C pendant 3 minutes et ensuite amené à 550°C à raison de 25 % C/ mm. Le cycle d'analyse dure environ 20 minutes.

#### b. Paramètres obtenus par la pyrolyse

Les paramètres obtenus par la pyrolyse sont :

- $S_1$ : il représente la quantité des hydrocarbures libres (liquides ou gazeux) exprimée en  $mg.g^{-1}$  de roche ;

- $S_2$ : c'est la quantité de composés hydrocarbonés provenant du craquage entre 300 et 600°C du kérogène, exprimé en milligramme d'HC par gramme de roche (tabl. 2).

Paramètres géochimiques	Notions	Intervalle es valeurs	Estimation qualitative
Quantité des HC issus du craquage du Kérogène ( $mg.g^{-1}$ de roche)	$S_2$	0 - 0.5	pauvre
		0.5 - 1	moyen
		1 - 2	bon
		> 2	très bon

Tabl. 2- Quantité des hydrocarbures (HC) issue du craquage du kérogène (mg d'HC/ g de roche).

-Le Tmax : il s'agit de la température en degré Celsius dans le four au sommet du pic S<sub>2</sub>, c'est-à-dire au moment du maximum de production des hydrocarbures. Ce paramètre est un indicateur d'évolution de la matière organique, car en règle générale, on observe un accroissement des valeurs de Tmax lorsque l'état d'évolution des matières organiques augmente. C'est dans le cas des matières organiques de type III (charbon, etc.) que l'augmentation de Tmax au cours de la maturation est plus importante (tabl. 3).

Paramètres géochimiques	Notions	Intervalle des valeurs		Estimation qualitative
Maturation	Tmax	Type I	< 430°C 430- 445°C > 445°C	Immature Huile Condensât- gaz
		Type II	< 430°C 430- 450°C > 450°C	Immature Huile Condensât- gaz
		Type III	<430°C 430- 465°C 465- 540°C > 540°C	Immature Huile Condensât-gaz humide Gaz - sec

Tabl. 3- Types de la matière organique.

-S<sub>3</sub>: c'est la quantité de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) piégé séparément lors du craquage du kérogène. Elle est exprimée en mg de CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> de roche.

-S<sub>4</sub>: il correspond au CO<sub>2</sub> issu de la combustion de l'échantillon de roche sous air à 600°C. Cette teneur en carbone organique résiduel, mesuré par oxydation est exprimée en mg de COT par g<sup>-1</sup> de roche et elle est calculée par la formule suivante:

$$S_4 = COT \times 10 - 0.82 (S_1 + S_2)$$

c. Paramètres calculés de la pyrolyse

-l'index d'hydrogène IH: il est calculé par l'équation suivante :

$$IH = (S_2/COT) \times 100$$

Il est exprimé en (mg HC.g<sup>-1</sup> COT) qui a la même signification que le rapport H/C de la composition chimique élémentaire de la matière organique dans le diagramme de Van Krevelen. L'IH peut aussi nous donner une idée sur le type de matière organique (tabl.4 et 5).

Faible	Moyen	Fort	Très fort
0 - 100	101 - 300	301 - 600	> 600

Tabl. 4- Valeurs de l'indice d'hydrogène (IH).

Type de la matière organique (MO)	Valeur de d'indice d'hydrogène (IH)
Type I - lacustre	> 600
Type II - marin	150 - 600
Type III - continental	< 150

Tabl. 5- Valeurs des IH en fonction du type de la matière organique.

-l'indice d'oxygène IO: comparable au rapport O/C du kérogène, cet indice peut nous donner une idée sur le milieu de dépôt de la matière organique (tabl. 6). Il calculé selon la formule ci-après et exprimé en (mg CO<sub>2</sub>.g<sup>-1</sup> COT).

$$IO = (S_3/COT) \times 100$$

Très faible	Faible	Moyen	Fort	Très fort
0 - 50	51 - 100	101 - 200	201 - 400	> 400

Tabl. 6- Valeurs de l'indice d'oxygène (IO).

Il faut juste souligner qu'il existe une bonne corrélation entre la valeur des indices (IH et IO) et la lithologie : les sédiments bioturbés et clairs présentent généralement les valeurs d'IH les plus faibles et les valeurs d'IO les plus fortes, alors que les faciès noirs et laminés présentent la situation inverse (Baudin et *al.*, 2007).

-l'indice de production (IP): il donne une idée sur la migration (variation positive ou négative des indices) et l'accumulation (lorsque la valeur de IP est supérieure à une valeur d'un stade d'évolution considéré) des hydrocarbures à partir de la roche mère.

Ce paramètre est calculé par la formule suivante:

$$IP = S_1 / (S_1+S_2)$$

- le potentiel pétrolier de la roche (PP): il s'agit de la somme  $S_1 + S_2$  exprimé en milligramme d'hydrocarbures (HC) par gramme de roche ou en  $\text{kg HC.t}^{-1}$  de roche (tabl. 7).

Très faible	Faible	Moyen	Bon	Très bon
0,01 – 0,5	0,51 - 2	2,01 - 5	5,01 - 20	> 20

Tabl. 7- Valeurs du potentiel pétrolier de la roche.

-la teneur en carbone pyrolysé (PC): elle est donnée en % de carbone organique dans la roche. Ce paramètre peut être calculé comme suit:

$$PC = K (S_1 + S_2)$$

A noté  $K = 0.82$

En somme, les différents paramètres (COT, Tmax, IH et IO) sont représentés sous forme de diagramme permettant de mieux interpréter les résultats. Ainsi :

- IH / IO: donne une idée sur le type de la matière organique ;
- IH / T max: donne aussi le type de la matière organique et son degré de maturité ;
- Profondeur / COT: montre la variation du matériel organique avec la profondeur.

## V. ETAT DES CONNAISSANCES SUR LES PALYNOFACIES DU PASSAGE PLIENSBACHIEN-TOARCIEN DANS LA TETHYS OCCIDENTALE

Dans l'ensemble du domaine téthysien occidental, les travaux palynologiques sur les dépôts jurassiques en général et liasiques en particulier restent fragmentaires et parfois inexistantes pour certains bassins sédimentaires. De plus, les palynomorphes (à l'exception des kystes de dinoflagellés) du passage Pliensbachien-Toarcien sont utilisés souvent comme des données stratigraphiques complémentaires à d'autres microfossiles tels que : les foraminifères, les ostracodes et les nannofossiles.

### A. Dans le domaine nord téthysien

Avant d'exposer les résultats publiés ça et là, nous tenons à présenter la synthèse de Palliani & Riding (2003) sur la biostratigraphie et le provincialisme des dinoflagellés de l'Europe au cours du Pliensbachien-Toarcien. Dans cette synthèse considérée comme référence pour les corrélations stratigraphiques, dix huit (18) taxons marquent la limite (Spinatum- Tenuicostatum). Il s'agit de la disparition au Toarcien inférieur (zone à Tenuicostatum = Polymorphum) des espèces : *Mendicodinium reticulatum* au Danemark, *Freboldinium regalum*, *Parascrinocassis krumbeckii*, *Valvaeodinium limbafibrosum* en Allemagne, *Maturodinium inornatum*, *Valvaeodinium armutum* en Grande Bretagne et en Allemagne.



Par ailleurs, l'apparition des espèces dans la même zone est marquée par : *Nannoceratopsis globiformis*, *Nannoceratopsis magnicornus*, *Nannoceratopsis symmetrica* en Grande Bretagne, *Nannoceratopsis ambonis* en France et au Portugal, *Valvaeodinium koessenium*, *Umbriadinium mediterraneense*, *Valvaeodinium perpunctatum* en Italie, en Grèce et en Hongrie, *Valvaeodinium stipulatum*, *Jansonia* sp. en Italie, *Valvaeodinium hirsutum*, *Valvaeodinium scalatum* en Italie et en Grèce, et enfin *Susadinium scrofoides* en Italie et au Portugal.

## 1. Au Portugal

Dans une d'étude basée sur les nannofossiles calcaires et les palynomorphes, Oliveira *et al.* (2007) ont essayé d'apporter de nouvelles données micropaléontologiques sur la section de Peniche (bassin Lusitanien), proposée par Elmi (2007) comme le **G.S.S.P.** (**Global Stratotype Section and Point**) du Toarcien. La distribution des palynomorphes identifiés au cours de l'intervalle Pliensbachien-Toarcien est donnée dans le tableau ci-après.

STAGES	A M M O N I T E ZONES (Rocha <i>et al.</i> , 2006)	SAMPLES	SAMPLE ABUNDANCE		PRESERVATION	SPORES					POLLEN GRAINS					ACRITARCHS		DINOFLLAGELLATES CYSTS			OTHERS		
						<i>Dicriophyllidites mortoni</i>	<i>Deltoidospora</i> sp.	<i>Lycopodiumsporites</i> sp.	<i>Striatella seeburgensis</i>	<i>Cyathidites minor</i>	<i>Dicriophyllidites</i> sp.	<i>Corollina torosa</i>	<i>Exesipollenites tumulus</i>	<i>Exesipollenites scabratus</i>	<i>Spheriipollenites scabratus</i>	<i>Arnucaeriacites</i> sp.	<i>Alsporites</i> sp.	<i>Cycadapites follicularis</i>	<i>Microstridium</i> sp.	<i>n. i. Acritarch</i>	<i>Mancodinium semitubulatum</i>	<i>Nannoceratopsis gracilis</i>	<i>n. i. Dinoflagellate</i>
Lower Toarcian	<i>Levisoni</i>	P42	A	G/M	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		P31	A	G/M	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	<i>Polymerophum</i>	P1	C	M/P	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Upper Pliensbachian	<i>Spiratum</i>	PE983T	R	M/P	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		PE981	R	M/P	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		PE979	A	M/P	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		PE977	R	M/P	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		PE975	C	M/P	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		PE965	R	M/P	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
		PE951T	A	M/P	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		PE951B	A	G/M	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		PE949	R	M/P	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
		PE947	R	M/P	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

P = Poor                      R = Rare 1-5                      R  
 M = Moderate                C = Common 6-20                C  
 G = Good                      A = Abundant >21                A

Tabl. 8- Distribution des palynomorphes du Pliensbachien supérieur-Toarcien inférieur dans la section de Peniche (Bassin Lusitanien, Portugal).

## 2. En Espagne

L'étude palynologique du passage Pliensbachien-Toarcien dans la section de la Rambla del Salto (Montagne de Palomera, Province de Teruel) a permis à Barron (1999) de mettre en évidence deux assemblages palynologiques (grains de pollen, spores, dinokystes et acritarches) marqués plutôt par une variation quantitative que qualitative :

-Assemblage I (Pliensbachien supérieur : zone à Emaciatum) : *Micrhystridium* sp., *Crassosphaera hexagonalis*, *Tasmanites* sp., *Deltoidospora australis*, *Deltoidospora minor*, *Distyophyllidites* sp., *Lycopodiumsporites* sp., *Ischyosporites* sp., *Leptolepidites* sp., *Pilosisorites* sp., *Osmundacidites* sp., *Convruccosporites* sp., *Corollina*, *Spheripollenites* et *Araucarites australis*.

-Assemblage II (Toarcien inférieur : zones Polymorphum- Levisoni): *Micrhystridium*, *Crassosphaera hexagonalis*, *Tasmanites* sp., *Deltoidospora australis*, *Deltoidospora minor*, *Ischyosporites* sp., *Corollina*, *Spheripollenites* et *Araucarites australis*.

Quelques années plus tard, Barron et *al.*, (2010), publient les données palynologiques de la section de Fuentelsaz. Dans cette section proposée comme le **G.S.S.P.** de l'Aalénien, l'équipe signale l'existence d'une association de palynomorphes marquant la base du Toarcien (*Callialasporites turbatus*, *Callialasporites minus*, *Chlamydroporella* sp., *Ischyosporites pseudoreticulatus*, *Leptolepidites macroverrucosus*).

### 3. En France

Les données palynologiques récentes sur le Lias français sont rares et ne concernent que quelques travaux. Mais pour avoir une idée sur le registre palynologique de la période Pliensbachien-Toarcien, nous avons choisi de citer les données du stratotype du Toarcien (coupes de Thouars et Airvault)(Galbrun et *al.*, 1994). La base de la zone à *Tenuicostatum* comprend des dinokystes (*Nannoceratopsis gracilis*, *Nannoceratopsis senex*, *Mancodinium semitabulatum*, *Mendicodinium reticulatum*, *Ellipsoidictyum cinctum*, *Scriniocassis weberi*, des Acritarches (surtout des *Micrhystridium*) et des éléments sporopolliniques représentés par : *Classopollis* sp., *Spheripollenites*, *Cerebropollenites mesozoicus*, *Cyathidiites australis*, *Cyathidiites minor*, *Araucariacites australis* et *Deltoidospora toralis*.

### 4. En Grèce

Dans cette partie de l'Europe, les travaux palynologiques sur le passage Pliensbachien-Toarcien sont très rares. Nous nous contentons de citer ici un seul travail récemment présenté par Kouli et *al.* (2010). Leurs résultats préliminaires sur les assemblages palynologiques des dépôts Toarcien de Lonian (partie occidentale de la Grèce) ont permis d'identifier essentiellement des spores : *Cyathidites* sp., *Deltoidospora*, *Ischyosporites* et *Uvaesporites*, des grains de pollens : *Chasmatosporites* sp., *Classopollis* sp., *Cycadophites*, *Eucommiides* et *Spheripollenites* et enfin un groupe planctonique constitué de *Tasmanites* et des kystes de dinoflagellés.

## **B. Dans le domaine sud téthysien**

Hormis les quelques données marocaines, les informations palynologiques sur la l'intervalle chronologique Pliensbachien-Toarcien en Algérie ou encore en Tunisie sont inconnues à ce jour.

## 1. Au Maroc

En 1986, Courtinat et Le Marrec publient des nouvelles données palynologiques sur les «couches rouges» du Jurassique moyen de la région de Demnat (Haut-Atlas). Au passage, les auteurs signalent au sein des formations d'Aït Chitachen (Pliensbachien supérieur) et de Wazzant (Toarcien) dans la région de Demnat (Haut-Atlas) la présence essentielle des grains de pollen produits par les Hirmerellacées et Cupressacées.

A partir de deux coupes levées en détail dans le Toarcien des rides sud-rifaines et le Moyen Atlas, Bassoullet et *al.* (1991) ont pu déterminer une riche association palynologique formée de spores, de pollens et de dinoflagellés.

- Coupe de Moulay Idriss (secteur du Dhar en Nsour)

Au Pliensbachien supérieur, cette coupe a livré de rares *Classopollis* associés à des Tasmanites et à quelques kystes de dinoflagellés : *Mancodinium semitabulatum* et *Mendicodinium reticulatum*. Par ailleurs, dans le Toarcien inférieur (zone à Polymorphum) sont présents de nombreux spores et grains de pollen. Les kystes de dinoflagellés sont très rares. La deuxième zone du Toarcien inférieur (zone à Levisoni) a révélé une microflore diversifiée : *Leptolepidites major*, *Leptolepidites macroverrucosus*, *Leptolepidites bossus*, *Deltoidospora toralis*, *Deltoidospora minor*, *Deltoidospora neddni*, *Stereisporites stereoides*, *Chasmatosporites major*, *Chasmatosporites hians*, *Applanopsis dampieri*. Les mégaspores sont représentées par *Trileites pinguis*, *Trileites murrayi*, *Minerisporites richardsoni*, *Horstisporites reticuliferus*, *Horstisporites harrisi* et *Horstisporites areolatus*. Notons que les kystes de dinoflagellés sont rares.

- Coupe d'Issouka (Moyen-Atlas)

Durant le Toarcien inférieur (zone à Levisoni), l'association palynologique est composée de : *Verrucosisporites klukiformis*, *Chasmatosporites elegans*, *Leptolepidites equatibossus*, *Cyathidites australis*, *Vitreisporites pallidus*, *Pinuspollenites globosaccus*, *Mancodinium semitabulatum*, *Mendicodinium reticulatum* et de très rares *Nannoceratopsis senex*.

Dans une étude consacrée à la palynostratigraphie des dépôts jurassico-crétacés de deux sondages, Aadjour et *al.*, 2005 n'ont pu décrire et caractériser durant l'intervalle stratigraphique Pliensbachien-Toarcien que des pollens et des spores. Les dinoflagellés sont totalement absents.

- Sondage MAC-1(bassin de Doukkala)

Ce sondage a livré l'association palynologique suivante : *Classopollis* sp., *Callialasporites dampieri* et *Callialasporites turbatus*.

- Sondage ADM-1 (bassin d'Essaouira)

L'association palynologique est composée de microflore à *Classopollis* associée à *Araucariacites* sp. Les miospores sont représentées par *Kraeuselisporites reissingerii*.

## 2. En Algérie

Contrairement à certains bassins nord et sud téthysiens, les données palynologiques en Algérie sont inexistantes pour certains intervalles chronostratigraphiques. A titre d'exemple, pour toute la période du Mésozoïque, seul le rapport de Biens & Magloire (1966) sur la répartition des principales formes palynologiques du Mésozoïque d'Algérie et le chef d'œuvre de Reyre (1973) peuvent être consultés pour avoir une idée sur la systématique et la répartition stratigraphique des spores et des pollens. REYRE expose également dans son document, les résultats paléobotaniques et paléogéographiques de l'étude palynologique.

## VI. CLASSIFICATION DES SPORES ET POLLENS

Dans ce mémoire, le matériel analysé se compose essentiellement de spores et de grains de pollen associés à quelques algues et acritarches. A cet effet, un rappel sur la classification des spores et des pollens reste nécessaire pour mieux comprendre l'évolution des concepts taxinomiques. Il est à noter que toutes classifications proposées sont basées sur *le caractère génétique* (se traduisant dans le type de fissure) et sur *les caractères strictement morphologiques* (ornementation de l'exine, la taille, etc...).

### A. Types de classification

Nous retenons trois systèmes différents

#### 1. Le système naturel

Il est basé sur la comparaison morphologique entre les formes fossiles et les spores et les pollens de plantes actuelles. D'après Courtinat (1977), les ressemblances morphologiques n'impliquent pas nécessairement une identité ou une parenté botanique.

#### 2. Le système semi-naturel

Ce système suggère une affinité avec les taxons actuels grâce à leur juxtaposition à des suffixes tels que : *ites*, *idites*, *sporites* ou *pollenites*.

#### 3. Le système artificiel

La morphologie des individus constitue la base de ce système souvent très contesté. Ainsi, l'ordre attribué aux divers caractères détermine les groupes, les sous-groupes, etc...

### B. Classifications proposées

Depuis 1937, plusieurs classifications ont été citées dans la littérature. Certaines ont été sévèrement critiquées, alors que d'autres ont été adoptées par les palynologues. Pour mieux comprendre les concepts utilisés par les uns et les autres, nous avons sélectionné trois types de classifications.

## 1. Classification de Potonie & Kremp (1956)

Le système de classification proposé par les deux auteurs réside dans les changements des lettres dans le radical pour montrer les différences de fente germinale. Ainsi, la lettre (i) est réservée aux Triletes, (o) aux Monoletes et (a) aux Aletes (tabl. 9). Notons que cette classification a été légèrement modifiée par Alpern (1959) et par Corsin et *al.* (1965).

Groupe	Division	Subdivision	Série
<b>Anteturma</b>	<b>Turna</b>	<b>Subturma</b>	<b>Infraturma</b>
SPORONITES			
SPORITES	TRILETES	AZONOTRILETES	Laevigati
			Apiculati
		Murornati	
	ZONALES	LAGENOTRILETES	
		AURITOTRILETES	Auriculati
			Appendiciferi
		ZONOTRILETES	Cingulati
	MONOLETES		Zonati
AZONOMONOLETES			
	ZONOMONOLETES		
CYSTITES			
POLLENITES	SACCITES	POLYSACCITES	
		MONOSACCITES	
		DISACCITES	
	NAPITES	AZONALETES	
		ZONALETES	
	PRAECOLPATES		
	MONOCOLPATES		

Tabl. 9- Classification des spores et pollens  
(d'après Potonie & Kremp, 1956).

## 2. Classification de Pujol (1969)

En intégrant d'autres critères de classification (-la présence ou l'absence de différenciation équatoriales,-la forme de l'ouverture germinale,- le type de l'ornementation), l'auteur propose une nouvelle classification largement différente que celle de Potonie & Kremp (1956)(tabl. 10).

Super-division		Division	Sous-division	
Différenciation équatoriale		Ouverture germinale	Ornementation	
AZONATES		MONOLETES	Psilate	
		TRILETES	Psilate	
			Verrucate	
			Baculate-echinate	
			Réticulate	
			Striate-Corrugate	
			Régulate	
		Foveolate		
MONOCOLPATES	Psilate			
PRAECOLPATES	Psilate			
ALETES	Psilate			
ZONATES	Cindulum	TRILETES	Psilate	
			Striate-Corrugate	
	Auriculae	TRILETES	Psilate	
			Verrucate	
			Baculate-echinate	
			Striate- Verrucate	
			Foveolate	
	Frassa	TRILETES	Baculate-echinate	
			Réticulate	
			Foveolate	
		mono	ALETES	Psilate
	Vesiculaedi	MONOCOLPATES	Psilate	
Verrucate				
Régulate				
	poly	PORATES	Psilate	
Canaliculatus		PORATES		

Tabl. 10- Classification des spores et pollens  
(d'après Pujol, 1969).

### 3. Classification de Reyre (1973)

Après plusieurs modifications de sa première classification, Reyre adopte finalement une classification basée sur la morphologie des individus (-la fissure germinale, -l'ornementation des spores et pollens, -la taille des spores et pollens). Ainsi, les individus sont classés en groupes, sous-groupes, genres et espèces. En ce qui concerne les spores et les pollens, l'auteur préconise un système de classement artificiel sans souci de l'appartenance ou de l'affinité botanique. Il souligne quand même la présence de quelques groupes morphologiques ayant une signification botanique très vague. C'est le cas des Disaccites (pollens des Coniférales), ou encore, les Polyplicates (pollens d'Ephédrales ou de Gnétales).

### 4. Classification de Courtinat & Sebban (1987)

Les différents individus des sporomorphes sont classés en groupe (Anteturna), division (Turna) et genre.

*Deuxième chapitre :*  
**PRESENTATION DE LA SECTION CONSIDEREE ET INVENTAIRE  
PALYNOLOGIQUE**

**I. PRESENTATION DE LA SECTION CONSIDEREE**

**A. Situation géographique et contexte géologique**

1. Situation géographique

La section dite de Benzerka se situe dans le secteur d'Aïn Killoun, partie occidentale des Traras septentrionaux (fig. 2). Elle est levée sur la rive gauche de l'Oued Takriset, au sud-ouest du Douar Ouled Daoud. Elle a pour coordonnées UTM.

a	b
X : 27 863,501	X : 27 880,317
Y : 3684 546,789	Y : 3684 517,023

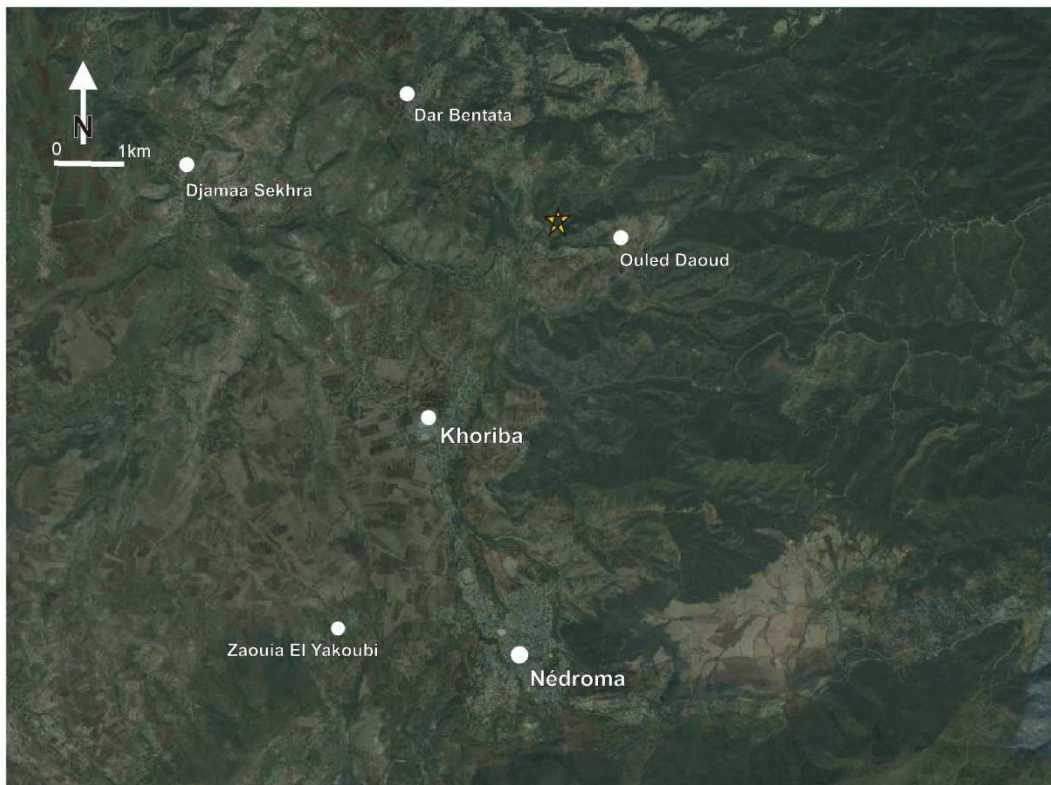


Fig. 2- Emplacement de la section de Benzerka (voir étoile).

## 2. Contexte géologique

Sur le plan géologique, la section considérée est levée dans les assises liasiques du compartiment II des Beni Menir- Beni Khaled (fig. 3). Les ensembles lithostratigraphiques ainsi défini dans cette partie du bassin des Traras montrent une répartition régionale, contrôlée par une tectonique syn-sédimentaire qui s'intègre dans la dynamique de l'ouverture de la Téthys (Ameur, 1988).

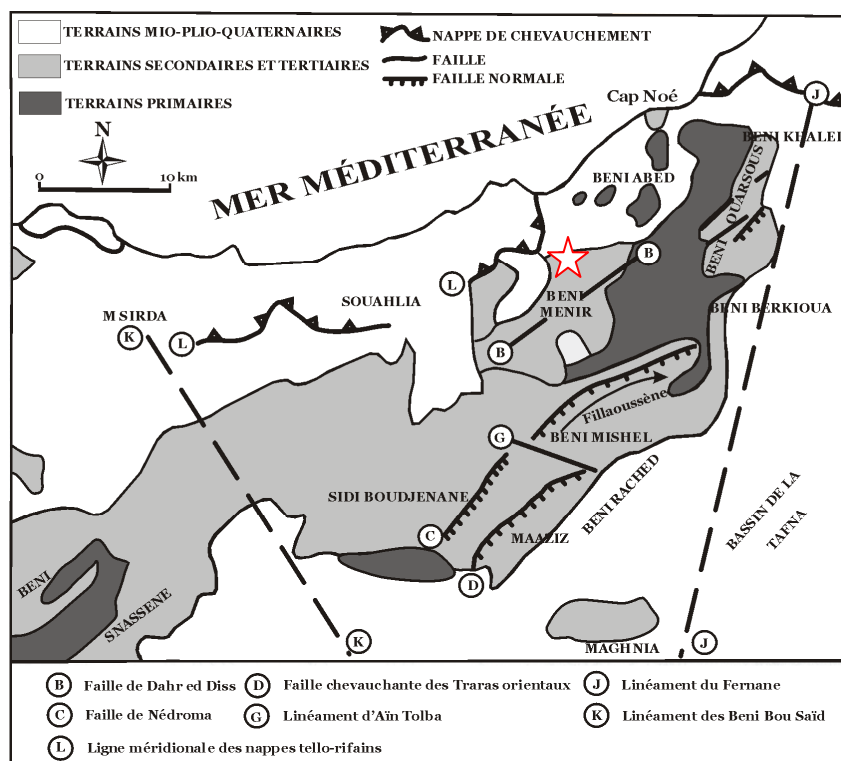


Fig. 3- Carte géologique des Monts des Traras  
(in Hammouda & Soulimane, 2004).

### B. Description de la section

Levée pour la première fois par Ameur (1988, n° 3, fig. 47), la section de Benzerka a été reprise récemment par Ouahib (2012) pour l'étude du passage Pliensbachien-Toarcien. Dans l'ordre ascendant, cette section de 32,65 m d'épaisseurs, montre la succession lithostratigraphique suivante (fig. 4) :

#### 1. Les « Calcaires du Tisseddouïra »

Cette formation de 5,90 m d'épaisseurs est représentée par des calcaires bréchiques, bioclastiques, auxquels font suite des calcaires argileux. Vers le haut, elle passe à des alternances marno-calcaires. Les arguments macropaléontologiques, en particulier, les brachiopodes : *Tetrarhynchia ageri* (ROUSSELLE) et *Spiriferina* sp. (Ameur, 1988, p. 126) d'une part et micropaléontologiques, à savoir les foraminifères benthiques: *Bolivina liasica* et *Ichthyolaria sulcata* (Ouahib, 2012, p. 30) d'autre part donne un âge Pliensbachien supérieur (zone à *Algovianum*).



## 2. Les « Marno-calcaires de Bayada »

Avec une épaisseur totale de 26,75 m, il s'agit essentiellement d'une alternance marno-calcaires montrant la succession suivante :

-5, 95 m : Alternance de marnes et de calcaires noduleux, bioturbés vers le haut. Ces calcaires renfermant une riche faune représenté surtout par les rostrés de bélemnites.

-12, 75 m : Alternance de marnes tendres et grumeleuses et de calcaires légèrement bioclastique et souvent bioturbés. Notons toujours l'abondance des rostrés de bélemnites.

-8,05 m : Alternance marno-calcaire régulière, marquée vers le haut par la présence des bancs contournés (slumps).

Il est à noter que dans cette section, la formation dite des « Marno-calcaires de Bayada » est représentée seulement par son membre inférieur. La récolte d'une faune de brachiopodes : *Linguithyris aspasia* (ZITTEL) et la présence d'une importante association des foraminifères (Ouahib, 2012, p. 32) attribuent à ce membre un âge Pliensbachien supérieur (Zone à Emaciatum)- Toarcien inférieur (Zone à Polymorphum- Zone à Levisoni).

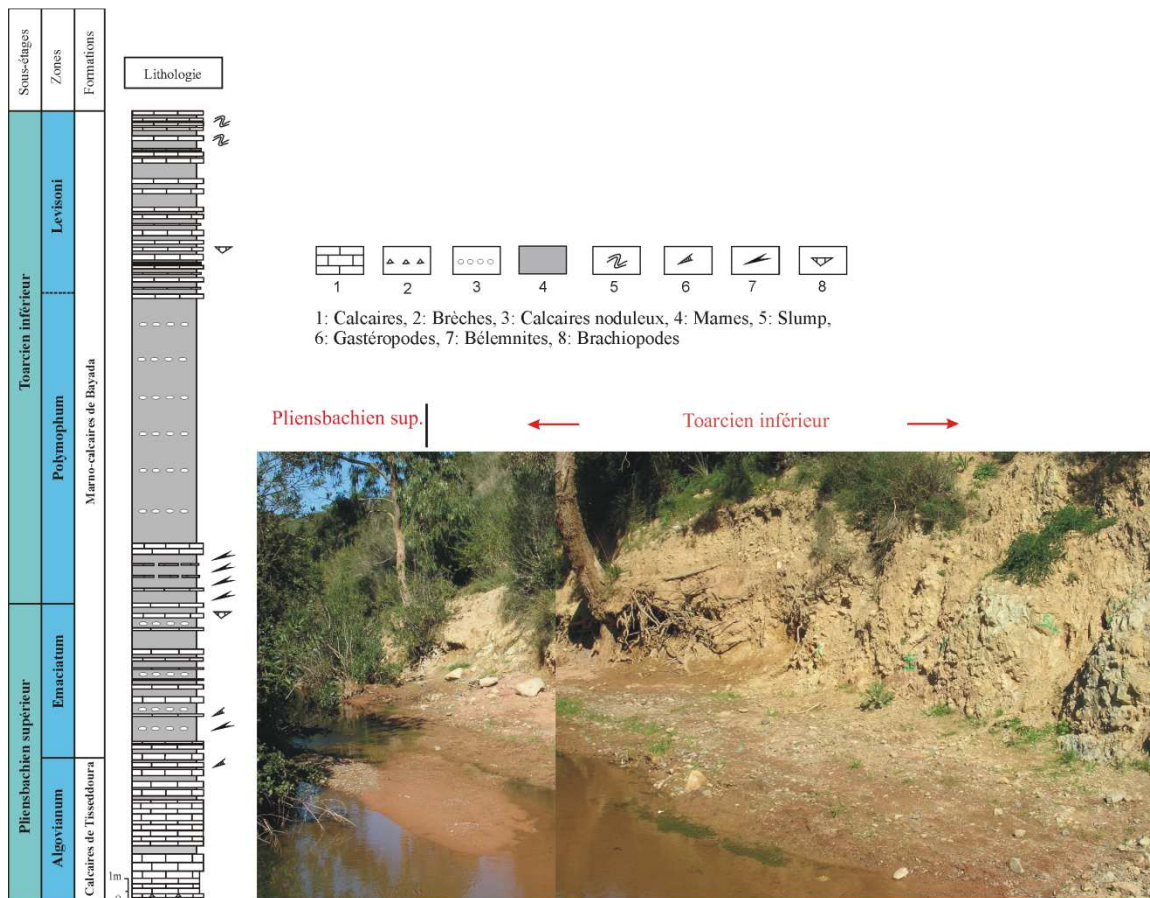


Fig. 4- Section de Benzerka (secteur d'Aïn Killoun, Traras septentrionaux).

## II. INVENTAIRE PALYNOLOGIQUE

Cet inventaire comprend des spores, des grains de pollen, des acritarches et des algues. Et comme toute étude paléontologique, nous insistons sur le rôle important de la systématique pour guider et préciser nos attributions stratigraphiques.

### A. Spores et grains de pollen

#### 1. Systématique

Pour les spores et les grains de pollen inventoriés, nous suivrons la classification adoptée par Ziaja (2006), Traverse (2007) et Raine *et al.* (2011).

##### a. Les spores

***Anteturma Sporites* H. Potonié, 1893**

***Turna Triletes* Reinsch ex Schopf emend. Dettmann, 1963**

***Suprasubturma Acavatitriletes* Dettmann, 1963**

***Subturma Azonotriletes* Luber emend. Dettmann, 1963**

***Infraturma Apiculati* Bennie & Kidston emend. R. Potonié, 1956**

***Genre Rotverrusporites* Döring, 1964**

***Rotverrusporites tenuis* Döring, 1964 (pl. 1, fig. 1)**

#### **Description**

Spore trilète arrondie ou à contour triangulaire convexe. Sur la surface apparaissent des verrues hémisphériques, polygonales irrégulières, certaines sont arrondies. Les verrues sont très rapprochées et se touchent à la base formant ainsi une ornementation dense.

#### **Dimensions**

Diamètre équatorial de 35 à 70 µm.

Diamètre polaire de 30 à 70 µm.

#### **Répartition stratigraphique**

Jurassique.

## Genre *Cyathidites* Couper, 1953

### *Cyathidites australis* Couper, 1953 (pl. 1, fig. 2)

- 1953 *Cyathidites australis* sp. nov., Couper, p. 27, pl. 2, figs 11-12.  
1958 *Cyathidites australis* Couper; Couper, pp. 138,139, pl. 20, fig. 8.  
1963 *Cyathidites australis* Couper; Dettmann, p. 22, pl. 1, figs 1-3.  
1965 *Cyathidites australis* Couper; Playford & Dettmann, p. 131.  
1967 *Cyathidites australis* Couper; Norris, p. 86, pl. 10, fig. 1.  
1968 *Cyathidites australis* Couper; Tralau, p. 31, pl. 9, fig 1.  
1971 *Cyathidites australis* Couper; Guy, pp. 15,16, pl. 1, fig. 1.  
1972 *Cyathidites australis* Couper; Tralau & Artursson p. 58, fig. 2B.  
1973 *Deltoidospora australis* (Couper) Pocock ; Orbell, p. 6, pl. 3, fig. 2.  
1974 *Cyathidites australis* Couper; McKellar, p. 4, pl. 1, fig. 9.  
1975 *Cyathidites australis* Couper; Arjang, p. 106, pl. 1, fig. 14.  
1975 *Cyathidites australis* Couper; Filatoff, p. 60, pl. 10, figs 5-6.  
1975 *Deltoidospora australis* (Couper) Pocock ; Vigran & Thusu, p. 9, pl. 1, fig. 3.  
1977 *Cyathidites australis* Couper; Ashraf, p. 26, pl. 1, figs 18-20.  
1977 *Cyathidites australis* Couper; Bjaerke & Manum, p. 26.  
1977 *Deltoidospora mesozoicus* (Thiergart) comb. Nov., Schuurman, p. 182, pl. 1, fig. 5.  
1978 *Cyathidites australis* Couper; Guy-Ohlson, p. 17, pl. 3, fig. 26.  
1981 *Cyathidites australis* Couper; Achilles, p. 16, pl. 2, fig. 1.  
1981 *Cyathidites australis* Couper; Shang, p. 430.  
1982 *Cyathidites australis* Couper; Guy-Ohlson, p. 8.  
1983 *Cyathidites australis* Couper; Orłowska-Zwolinska, p. 9, pl. 1, figs 1-2.  
1984 *Cyathidites australis* Couper; Achilles et al., p. 35, pl. 1, fig. 16.  
1985 *Cyathidites australis* Couper; Guy-Ohlson & Malmquist, p. 19, fig. 2.  
1985 *Deltoidospora australis* (Couper) Pocock; Hoelstad, p. 119, pl. 1, fig. 6.  
1986 *Cyathidites australis* Couper; Guy-Ohlson, p. 10, pl. 1, fig. 1, pl. 11, figs 1-3.  
1987 *Cyathidites australis* Couper; Schrank, p. 257, pl. 2, fig. 9.  
1989 *Cyathidites australis* Couper; Weiss, pp. 18-19.  
1990 *Cyathidites australis* Couper; Rauscher & Schmitt, pp. 111, 132, 134, 136, 138, 140,  
pl. 1, figs 2-3.,  
1991 *Deltoidospora australis* (Couper) Pocock; Dybkjaer, p. 18.  
1991 *Cyathidites australis* Couper; Shang & Li, p. 358, pl. 1, fig. 1; pl. 3, fig. 1.  
1991 *Cyathidites australis* Couper; Mohsen, pp. 714, 716, fig. 4.4.  
1992 *Cyathidites australis* Couper; Mohr & Gee, p. 304, pl. 9, fig. 12.  
1992 *Cyathidites australis* Couper; Dolding, p. 318, fig. 7a.  
1992 *Cyathidites australis* Couper; Fijalkowska, pp. 203-206, pl. 1, fig. 10.  
1992 *Cyathidites australis* Couper; Kimyai, pp. 38-39, pl. 4, fig. 10.  
1992 *Cyathidites australis* Couper; Kumar, p. 88, pl. 3, fig. 11.  
1993 *Cyathidites australis* Couper; Mandaokar, pp. 134-135, pl. 2, fig. 22.  
1993 *Cyathidites australis* Couper; Liu, p. 34, pl. 1, figs 39, 40.  
1993 *Cyathidites australis* Couper; Jameossanaie & Lindsley-Griffin, pp. 12-13, pl. 1, fig.  
14.  
1994 *Cyathidites australis* Couper; Schrank, p. 109, pl. 1, fig. 12.

- 1994 *Cyathidites australis* Couper; Archangelsky & Villar de Seoane, pp. 42-43, pl. 1, fig. 1.
- 1994 *Cyathidites australis* Couper; tekballi, pp. 300-301, pl. 1, fig. 5.
- 1994 *Cyathidites australis* Couper; Mildenhall, pp. 11, 54, pl. 3, fig. 8.
- 1994 *Cyathidites australis* Couper; Kedves, p. 20, pl. 2, figs 3, 4.
- 1996 *Cyathidites australis* Batten, p. 811, pl. 1, fig. 12.
- 1996 *Cyathidites cf. australis* Couper; Ji & Ouyang, p. 23, pl. 1, figs 2-4.
- 1996 *Cyathidites australis* Couper; Duane, p. 262, pl. 9, fig. 1.
- 1996 *Cyathidites australis* Couper; Tiwari et al., p. 183, pl. 1, fig. 4; pl. 2, fig. 2.
- 1996 *Cyathidites australis* Couper; Ibrahim & Schrank, pp. 620, 626, pl. 1, fig. 1; pl. 4, fig. 1.
- 1996 *Cyathidites australis* Couper; Ercegovac et al., p. 110, pl. 3, fig. 4.
- 1997 *Cyathidites australis* Couper; Vijaya, p. 843, fig. 4.8.
- 1997 *Cyathidites australis* Couper; de Villiers & Cadman, pp. 75-76, fig. 5.11.
- 1997 *Cyathidites australis* Couper; Samant & Phadtare, p. 8, pl. 1, fig. 2.
- 1997 *Cyathidites australis* Couper; Bera & Banerjee, pp. 53, 66, pl. 3, fig. 1.
- 1997 *Deltoidospora australis* (Couper) Pocock; Ruiz & Quattrocchio, pp. 19, 27, pl. A, fig. 1.
- 1997 *Cyathidites australis* Couper; Chandra & Kumar, p. 65, pl. 2, fig. 18.
- 1998 *Cyathidites australis* Couper; Liu, p. 165, pl. 1, figs 13, 16.
- 1998 *Cyathidites australis* Couper; Campos et al., p. 10, pl. 1, fig. 5.
- 1999 *Cyathidites australis* Couper; Prasad & Pundi, pp. 107-108, pl. 3, fig. 10; pl. 6, fig. 3.
- 1999 *Cyathidites australis* Couper; Song et al., p. 62, pl. 13, figs 19, 20.
- 2000 *Cyathidites australis* Couper; Atta-Peters, p. 255, pl. 3, fig. M.
- 2000 *Cyathidites australis* Couper; Mandaokar, pp. 180, 183, pl. 1; figs 4, 9.
- 2000 *Cyathidites australis* Couper; Samant, pp. 104-105, pl. 1, fig. 1.
- 2000 *Cyathidites australis* Couper; Liu, p. 68, pl. 1, figs 36, 37.
- 2000 *Cyathidites australis* Srivastava & Bhattacharyya, p. 377, pl. 2, fig. 1.
- 2000 *Cyathidites australis* Couper; Song et al., p. 11, pl. 3, figs 24-26, 30.
- 2000 *Cyathidites australis* Couper; Gao et al., pp. 222, 224, pl. 8, fig. 1; pl. 10, fig. 29.
- 2001 *Deltoidospora australis* (Couper) Pocock; Bettar & Meon, p. 110, pl. 1, fig. 4.
- 2001 *Deltoidospora australis* (Couper) Pocock; Martinez et al., pp. 50-51, pl. 4, fig. 6.
- 2001 *Deltoidospora australis* Couper (sic.); Vajda, p. 417, fig. 10A.
- 2001 *Deltoidospora australis* (Couper) Srivastava; Waksmundzka, p. 216, pl. 4, fig. 1.
- 2001 *Cyathidites australis* Couper; Vallati, p. 180, pl. 1, fig. 2.
- 2001 *Cyathidites australis* Couper; Bramnan, p. 58, pl. 1, fig. 3.
- 2002 *Cyathidites cf. australis* Zhu et al., p. 66, pl. 1, fig. 5.
- 2002 *Cyathidites australis* Couper; Sajjadi & Playford, p. 18, pl. 1, figs 18, 19, 21.
- 2002 *Cyathidites australis* Couper; Ibrahim, p. 781, fig. 7E.
- 2002 *Cyathidites australis* Couper; Yi & Batten, p. 693, fig. 5F.
- 2003 *Deltoidospora australis* (Couper) Pocock; Archangelsky & Llorens, p. 73, fig. 2D.
- 2003 *Cyathidites australis* Couper; Chen & Zhang, p. 305, pl. 1, figs 6-8.
- 2003 *Deltoidospora australis* (Couper) Pocock; Quattrocchio et al., p. 66, pl. 1, fig. 1.
- 2004 *Cyathidites australis* Couper; Chen & Zhang, p. 205, pl. 1, figs 7, 8.

- 2005 *Cyathidites australis* Couper; Li, p. 94, pl. 1, fig. 2.  
 2005 *Cyathidites australis* Couper; Li et al., p. 613, fig. 6F.  
 2006 *Deltoidospora australis* (Couper) Pocock; Quattrocchio et al., p. 594, fig. 6E.  
 2006 *Cyathidites australis* Couper; Macphail & Cantrill, p. 619, pl. 1, fig. 11.  
 2006 *Cyathidites australis* Couper; Wu, p. 558, pl. 1, fig. 6.  
 2006 *Cyathidites australis* Couper; Jiang et al., pp. 383, 395, pl. 1, fig. 2; pl. 5, figs 1, 19.  
 2006 *Cyathidites australis* Couper; Li & Du, p. 506, pl. 1, figs 13, 14.  
 2006 *Cyathidites australis* Couper; Ji & Ouyang, p. 487, pl. 1, figs 5, 6.  
 2006 *Deltoidospora australis* (Couper) Pocock; Bettar & Meon, p. 617, pl. 2, fig. 9.  
 2006 *Cyathidites australis* Couper; Fernandez-Marron et al., p. 376, pl. 1, figs 1, 2.  
 2007 *Cyathidites australis* Couper; Said et al., p. 24, fig. 2.2.  
 2008 *Cyathidites australis* Couper; Li et al., p. 297, fig. 3E.  
 2008 *Cyathidites australis* Couper; Sajjadi et al., p. 402, pl. 1, fig. 15.  
 2008 *Cyathidites australis* Couper; Jiang et al., p. 341, pl. 1, figs 3, 4.  
 2009 *Cyathidites australis* Couper; Mantle, p. 24, pl. 1, fig. 8.  
 2009 *Deltoidospora australis* (Couper) Pocock; Nanez et al. p. 682, fig. 8.1.  
 2010 *Cyathidites australlis* (sic) Couper; El-Soughier et al., p. 46, pl. 1, fig. 10.  
 2010 *Cyathidites australis* Couper; Barron et al., p. 22, pl. 2, fig. 3.  
 2010 *Cyathidites australis* Vajda & Raine, p. 364, fig. 5D.  
 2010 *Cyathidites australis* Couper; Krassilov & Schrank, p. 22, fig. 7D.  
 2010 *Cyathidites australis* Willumsen & Vajda, p. 534, fig. 6B.  
 2010 *Cyathidites australis* Couper; Ding et al., p. 168, pl. 2, fig. 24.  
 2010 *Cyathidites australis* Couper; Tripathy & Srivastava, p. 4, pl. 1, fig. 1.  
 2011 *Cyathidites australis* Couper; Legrand et al., p. 95, fig. 5G.  
 2011 *Deltoidospora australis* (Couper) Srivastava; Srivastava, p. 151, pl. 3, fig. 5.

## Description

Spore trilète, triangulaire allongée, peu épaisse avec des côtés presque rectilignes. L'exine est lisse. La spore est fissurée le long de la marque tétrade.

## Dimensions

Diamètre équatorial est de 90 µm.

Diamètre polaire est de 80 µm.

## Répartition stratigraphique

Trias supérieur-Crétacé supérieur.

### *Cyathidites minor* Couper, 1953 (pl. 1, fig. 3)

1953 *Cyathidites minor* sp. nov., Couper, p. 28, pl. 2, fig. 13.

1954 *Coniopteris* sp., Rogalska, p. 10, fig. 10.

1958 *Cyathidites minor* Couper; Couper, p. 139, pl. 20, figs 9-10.

- 1962 *Cyathidites minor* Couper; Pocock, p. 43, pl. 4, figs 57–58.
- 1963 *Cyathidites minor* Couper; Dettmann, pp. 22, 23, pl. 1, figs 4–5.
- 1965 *Cyathidites minor* Couper; Norris, p. 239, figs 1a, 5–6.
- 1967 *Cyathidites minor* Couper; Norris, p. 86, pl. 10, fig. 2.
- 1968 *Cyathidites minor* Couper; Tralau, pp. 31, 32, pl. 10, fig. 8.
- 1970a *Deltoidospora minor* (Couper) comb. nov., Pocock, p. 28, pl. 5, fig. 3.
- 1970 *Cyathidites minor* Couper, Azéma & Ters, p. 269, pl. 1, fig. A.
- 1971 *Cyathidites minor* Couper; Guy, p. 16, pl. 1, fig. 2.
- 1974 *Cyathidites minor* Couper; McKellar, pp. 4, 5, pl. 1, fig. 11.
- 1975 *Cyathidites minor* Couper; Arjang, p. 106, pl. 1, figs 11–13.
- 1975 *Cyathidites minor* Couper; Filatoff, p. 60, pl. 10, fig. 7.
- 1975 *Deltoidospora minor* (Couper) Pocock; Vigran & Thusu, p. 9, pl. 1, figs 1–2.
- 1976 *Cyathidites minor* Couper; Rogalska, pl. 4, fig. 71.
- 1977 *Cyathidites minor* Couper; Ashraf, p. 26, pl. 2, figs 4–6.
- 1977 *Deltoidospora minor* (Couper) Pocock; Lund, p. 50, pl. 1, fig. 6.
- 1977 *Cyathidites minor* Couper; Bjærke & Manum, p. 26, pl. 1, fig. 2.
- 1977 *Deltoidospora minor* (Couper) Pocock; van Erve, pp. 49, 50, pl. 1, figs 1–2.
- 1978 *Cyathidites minor* Couper; Guy-Ohlson, p. 17, pl. 3, fig. 28.
- 1981 *Cyathidites minor* Couper; Achilles, p. 16, pl. 2, fig. 5.
- 1981 *Cyathidites minor* Couper; Guy-Ohlson, p. 235, fig. 6H.
- 1981 *Cyathidites minor* Couper; Shang, p. 430, pl. 1, figs 5–7.
- 1982 *Cyathidites minor* Couper; Guy-Ohlson, p. 8.
- 1983 *Cyathidites minor* Couper; Orłowska-Zwolińska, p. 9, pl. 1, figs 3–4.
- 1984 *Cyathidites minor* Couper; Achilles et al., p. 35, pl. 1, fig. 18.
- 1985 *Cyathidites minor* Couper; Guy-Ohlson & Malmquist, p. 20, fig. 2.
- 1985 *Deltoidospora minor* (Couper) Pocock; Hoelstad, p. 119, pl. 1, figs 3–4.
- 1985 *Deltoidospora minor* (Couper) Pocock; Lund & Pedersen, p. 376, pl. 1, fig. 1.
- 1986 *Cyathidites minor* Couper; Guy-Ohlson, p. 10, pl. 1, fig. 2.
- 1986 *Cyathidites minor* Couper; Ichas, pp. 10–11, pl. 1, figs 1–3.
- 1987 *Cyathidites minor* Couper; Schrank, p. 257.
- 1989 *Cyathidites minor* Couper; Weiss, pp. 21–22.
- 1990 *Cyathidites minor* Couper; Rauscher & Schmitt, pp. 111, 132, 134, 136, 138, pl. 1, fig. 1.
- 1991 *Deltoidospora minor* (Couper) Pocock; Dybkjær, p. 18, pl. 1, fig. 2.
- 1991 *Cyathidites minor* Couper; Shang & Wang, p. 108, pl. 1, fig. 6.
- 1991 *Cyathidites* cf. *minor* Couper; El-Saadwai & Kedves, pp. 25–27, pl. 1.6, figs 5, 6.
- 1991 *Cyathidites minor* Couper; Shield, p. 94, pl. 1, fig. 1.
- 1991 *Cyathidites minor* Couper; Burden & Langille, pp. 92–93, pl. 1, fig. 7.
- 1991 *Cyathidites minor* Couper; Fijalkowska, p. 206, pl. 1, fig. 4.
- 1991 *Cyathidites minor* Couper; Dong et al., p. 179, pl. 1, figs 2, 3, 5, 6.
- 1991 *Cyathidites minor* Couper; Mohsen, pp. 714, 716, figs 4.5, 4.6.
- 1991 *Cyathidites minor* Couper; Shang, p. 421, pl. 1, fig. 2.
- 1991 *Deltoidospora minor* Couper; Pantic et al., p. 108, pl. 1, fig. 1.
- 1991 *Cyathidites minor* Couper; Zhang & Zhan, p. 72, pl. 1, figs 7–15; pl. 45, fig. 1.
- 1992 *Cyathidites minor* Couper; Tysdal & Nichols, p. 14, fig. 3B.
- 1992 *Cyathidites minor* Couper; Mohr & Gee, p. 269, pl. 2, fig. 2.
- 1992 *Cyathidites minor* Couper; Mohr & Gee, p. 304, pl. 9, fig. 13.

- 1992 *Cyathidites minor* Couper; Zhang & Qian, p. 21, pl. 1, fig. 8.
- 1992 *Cyathidites minor* Couper; Li, p. 187, pl. 1, fig. 19.
- 1992 *Cyathidites minor* Couper; Alley & Clarke, p. 118, fig. 4B.
- 1992 *Cyathidites minor* Couper; Kar & Bhattacharya, p. 251, pl. 1, fig. 1.
- 1992 *Cyathidites minor* Couper; Dolding, p. 318, fig. 7b.
- 1992 *Cyathidites minor* Couper; Brenner & Bickoff, p. 158, pl. 3, fig. 5.
- 1992 *Cyathidites minor* Couper; Li *et al.*, p. 457, pl. 1, fig. 13.
- 1992 *Deltoidospora minor* (Couper) Pocock; Ottone *et al.*, p. 262, pl. 1, fig. 6.
- 1992 *Cyathidites minor* Couper; Fijalkowska pp. 203-206, pl. 1, fig. 2.
- 1992 *Cyathidites minor* Couper; Kimyai, pp. 38-39, pl. 4, fig. 11.
- 1992 *Cyathidites minor* Couper; Liu & Sun, p. 644, pl. 1, figs 1-3.
- 1993 *Cyathidites minor* Couper; Koppelhus & Pedersen, pp. 720, 726, fig. 9b.
- 1993 *Cyathidites minor* Couper; Mandaokar, pp. 132-134, pl. 1, fig. 16; pl. 2, fig. 1.
- 1993 *Deltoidospora minor* (Couper) Pocock; Vallati, pp. 350-352, fig. 5.1.
- 1993 *Cyathidites minor* Couper; Zhang, p. 155, pl. 1, fig. 11.
- 1993 *Deltoidospora minor* (Couper) Pocock; Palliani & Cirilli, pp. 140-141, fig. 6n.
- 1993 *Cyathidites minor* Couper; Liu, p. 34, pl. 1, figs 13-16.
- 1993 *Cyathidites minor* Couper; Jameossanaie & Lindsley-Griffin, pp. 14-15, 24-25, pl. 2, fig. 1; pl. 7, fig. 11.
- 1993 *Cyathidites minor* Couper; Kimyai, pp. 104-106, pl. 1, fig. 5.
- 1994 *Cyathidites minor* Couper; Archangelsky & Villar de Seoane, p. 42
- 1994 *Deltoidospora minor* (Couper) Pocock; Archangelsky & Villar de Seoane, pp. 44-45, pl. 1, fig. 3.
- 1994 *Cyathidites minor* Couper; Tekbali, pp. 300-301, pl. 1, fig. 4.
- 1994 *Cyathidites minor* Couper; Mildenhall, pp. 11, 54-55, pl. 3, fig. 10, 11.
- 1994 *Cyathidites minor* Couper; Beeston, p. 141, fig. 12.
- 1994 *Sphenopteris travisii* type (C. minor Couper) Dettmann, p. 146, fig. 8.3p.
- 1994 *Cyathidites minor* Couper; Duane, p. 262, pl. 9, fig. 3.
- 1994 *Cyathidites minor* Couper; Gao *et al.*, p. 674, pl. 2, fig. 16.
- 1995 *Cyathidites minor* Couper; Huang, p. 191, pl. 1, figs 16, 17.
- 1996 *Cyathidites minor* Couper; Liu *et al.*, p. 97, pl. 1, figs 1-5.
- 1996 *Cyathidites minor* Couper; Saxena & Rao, p. 46, pl. 1, fig. 1.
- 1997 *Cyathidites minor* Couper; El-Shamma *et al.*, pp. 145-146, fig. 4.4.
- 1997 *Cyathidites minor* Couper; Shang, p. 185, pl. 1, figs 4-6.
- 1997 *Cyathidites minor* Couper; Shang, p. 173, pl. 1, fig. 4.
- 1997 *Deltoidospora minor* (Couper) Pocock; Ruiz & Quattrocchio, pp. 19, 27, pl. A, fig. 2.
- 1997 *Deltoidospora minor* (Couper) Pocock; Palliani, p. 121, pl. 1, fig. 5.
- 1997 *Cyathidites cf. minor* Couper; Song, p. 269, pl. 1, fig. 1.
- 1997 *Cyathidites minor* Couper; de Villiers & Cadman, p. 76, fig. 5.6.
- 1998 *Cyathidites minor* Couper; Liu, p. 165, pl. 1, fig. 14.
- 1998 *Cyathidites minor* Couper; Geleta, pp. 34ff, pl. 15, fig. 1.
- 1998 *Cyathidites minor* Couper; Campos *et al.*, p. 10, pl. 1, fig. 6.
- 1998 *Cyathidites minor* Couper; Song, p. 344, pl. 1, figs 9-13.
- 1998 *Cyathidites minor* Couper; Liu *et al.*, p. 87, pl. 1, figs 1-4.

- 1999 *Cyathidites minor* Couper; Barreda et al., p. 58, pl. 1, fig. 4.
- 1999 *Cyathidites minor* Couper; Macphail, p. 209, pl. 1, fig. 15.
- 1999 *Cyathidites minor* Couper; Song et al., pp62-63, pl. 13, figs 8, 9; pl. 28, fig. 21.
- 2000 *Cyathidites minor* Couper; Mautino & Anzotegui, p. 14, figs 2K, 2N.
- 2000 *Cyathidites minor* Couper; Dettmann & Clifford, p. 290, fig. 5G.
- 2000 *Deltoidospora minor* (Couper) Pocock; Atta-Peters, p. 255, pl. 3, fig. F.
- 2000 *Cyathidites minor* Couper; Wang, p. 305, pl. 1, figs 22, 23.
- 2000 *Cyathidites minor* Couper; Kimyai, p. 202, pl. 1, fig. 17.
- 2000 *Cyathidites minor* Couper; Liu, p. 68, pl. 1, figs 24-27.
- 2000 *Cyathidites minor* Couper; Liu, p. 450, pl. 1, fig. 12.
- 2000 *Cyathidites minor* Couper; Huang, p. 82, pl. 1, figs 14-16, 25.
- 2000 *Cyathidites minor* Couper; Huang, p. 468, pl. 1, figs 13, 14-18.
- 2000 *Cyathidites minor* Couper; Askin, p. 170.
- 2000 *Cyathidites minor* Couper; Song et al., p. 13, pl. 3, figs 7-10.
- 2000 *Cyathidites minor* Couper; Gao et al., pp. 221, 222, 224, 225, 231, 238, pl. 7, fig. 1; pl. 8, fig. 2; pl. 10, fig. 1; pl. 11, fig. 2; pl. 19, fig. 6; pl. 26, fig. 3.
- 2001 *Cyathidites minor* Couper; Huang, p. 83, pl. 1, fig. 6.
- 2001 *Cyathidites minor* Thorn, p. 281.
- 2001 *Cyathidites minor* Couper; Li, p. 169, pl. 1, fig. 5.
- 2001 *Cyathidites minor* Couper; Braman, p. 58, pl. 1, fig. 6.
- 2002 *Cyathidites minor* Couper; Sajjadi & Playford, pp. 18-19, pl. 1, fig. 5.
- 2002 *Deltoidospora minor* (Couper) Pocock; Martinex et al., pp. 90-91, pl. 1, fig. 3.
- 2002 *Deltoidospora minor* (Couper) Pocock; Pramparo & Volkheimer, p. 398, fig.3A.
- 2002 *Deltoidospora minor* (Couper) Pocock; Papu, p.418, fig. 2A.
- 2002 *Cyathidites minor* Couper; Yi & Batten, p. 693, figs 5G, 5H.
- 2003 *Cyathidites minor* Couper; Chen & Zhang, p. 305, pl. 1, figs 1-3.
- 2003 *Cyathidites minor* Couper; Kong et al., p. 413, pl. 1, fig. 1.
- 2004 *Cyathidites minor* Couper; Zamaloa, pp. 218-220, fig. 4F.
- 2004 *Cyathidites minor* Couper; Van Itterbeeck et al., p. 404, figs 5P, 5U.
- 2004 *Cyathidites minor* Couper; Li & Batten, p. 536, fig. 4K.
- 2004 *Cyathidites minor* Couper; Itzstein-Davey, p. 173, figs 11.2, 11.5.
- 2004 *Deltoidospora minor* Buratti & Carrillat, p. 111, pl. 2, fig. 10.
- 2004 *Cyathidites minor* Couper; Huang & Xu, p. 272, pl. 1, fig. 1.
- 2004 *Cyathidites minor* Couper; Chen & Zhang ,p. 205, pl. 1, figs 5, 6.
- 2005 *Cyathidites minor* Couper; Li, p. 94, pl. 2, fig. 4.
- 2006 *Cyathidites minor* Couper; Warny et al., p. 170, pl. 6, fig. 1.
- 2006 *Cyathidites minor* Couper; Huang, p. 264, pl. 1, fig. 23.
- 2006 *Cyathidites cf. minor* Couper; Huang, p. 52, pl. 1, fig. 15.
- 2006 *Cyathidites minor* Couper; Wu, p. 558, pl. 1, fig. 5.
- 2006 *Cyathidites minor* Couper; Jiang et al., p. 383-5, pl. 1, fig. 1; pl. 2, figs 2, 3, 5; pl. 5, fig. 11.
- 2006 *Cyathidites minor* Couper; Li & Du, p. 506, pl. 1, figs 8, 9.
- 2006 *Deltoidospora minor* (Couper) Pocock; Bettar & Meon, p. 617, pl. 2, fig. 8.
- 2007 *Cyathidites minor* Couper; Umetsu & Sato, p. 18, pl. 1, fig. 1.



- 2007 *Cyathidites minor* Couper; Said et al., p. 24, fig. 2.3.
- 2007 *Deltoidospora* sp. (aff. *Cyathidites minor* Couper); Mahmoud & Schrank, p. 606, pl. 1, fig. 1.
- 2007 *Cyathidites minor* Couper; Zhan et al., p. 23, pl. 1, figs 1, 2.
- 2007 *Cyathidites minor* Couper; Wu & Lei, p. 95, pl. 1, fig. 11.
- 2007 *Cyathidites minor* Couper; Huang & Li, p. 187, pl. 1, figs 26-28.
- 2007 *Cyathidites minor* Couper; Jiang et al., p. 256, pl. 1, fig. 1.
- 2008 *Cyathidites minor* Couper; Li et al., p. 298, fig. 4P.
- 2008 *Cyathidites* sp. cf. *C. minor* Couper; Llorens, p. 158, fig. 2.7.
- 2008 *Deltoidospora minor* (Couper) Pocock; Narvaez & Sabino, p. 477, fig. 4.3.
- 2008 *Cyathidites minor* Couper; Eisawi & Schrank, p. 122, pl. 7, fig. 10.
- 2008 *Cyathidites minor* Couper; Huang & Long, p. 88, pl. 1, fig. 14.
- 2008 *Cyathidites minor* Couper; Jiang et al., p. 341, pl. 1, figs 1, 2.
- 2009 *Cyathidites minor* Couper; Mantle, p. 25, pl. 1, fig. 10.
- 2009 *Cyathidites minor* Couper; Pole & Vajda, p. 934, fig. 19D.
- 2009 *Deltoidospora minor* (Couper) Pocock; Nanez et al., p. 682, fig. 8.2.
- 2009 *Cyathidites minor* Couper; Wei et al., p. 168, pl. 1, figs 2, 3.
- 2010 *Cyathidites minor* Couper; Li et al., p. 9, figs 2N, 2O.
- 2010 *Cyathidites minor* Couper; Li, p. 49, pl. 1, figs 3, 4.
- 2010 *Cyathidites minor* Couper; Ding et al., p. 168, pl. 2, fig. 22.
- 2011 *Cyathidites minor* Couper; Legrand et al., p. 95, fig. 5F.
- 2011 *Deltoidospora minor* Couper (sic); Mendes et al., p. 156, pl. 1, figs 1, 2.
- 2011 *Deltoidospora minor* (Couper) Pocock; Srivastava, p. 151, pl. 3, fig. 6.

## Description

Spore trilète, triangulaire avec des sommets arrondis et des côtés concaves. L'exine est lisse.

## Dimensions

Diamètre équatorial est de 30 à 50 µm.

Diamètre polaire est de 20 à 30 µm.

## Répartition stratigraphique

Trias supérieur- Crétacé supérieur.

## Genre *Verrucosisporites* (Ibrahim) Smith & al., 1964

*Verrucosisporites* sp. (pl. 1, fig. 4)

## Description

Spore trilète à contour équatorial subcirculaire. L'exine est uniformément ornée de petites verrues hémisphériques qui sont très rapprochées les unes des autres et même souvent contigües. Ceci donne à la spore une apparence réticulée.

## Dimensions

Un seul spécimen.  
Diamètre équatorial est de 100  $\mu\text{m}$ .  
Diamètre polaire est 80  $\mu\text{m}$ .

## Répartition stratigraphique

Trias-Jurassique inférieur.

**Subturma *Cingulati* Potonié & Klaus, 1954**

**Infraturma *Murornati* Potonié & Kremp, 1954**

**Genre *Reticulatisporites* Ibrahim, 1933**

***Reticulatisporites castellatus* Pocock, 1962 (pl. 1, fig. 5)**

- 1962 *Reticulatisporites castellatus* Pocock; p. 35, pl. 1, fig. 14.  
1969 *Reticulatisporites castellatus* Pocock; Vagvolgyi & Hills, p. 166, pl. 1, figs 15, 16.  
1971 *Reticulatisporites castellatus* Pocock; Phillips & Felix, p. 285, pl. 1, fig. 4.  
1972 *Reticulatisporites* sp. cf. *R. castellatus* Pocock; Waterhouse & Norris, pp. 4-5.  
1986 *Reticulatisporites castellatus* Pocock; Ashraf & Erben, p. 133, pl. 5, fig. 11.

## Description

Spore trilète globulaire dont l'exine est formée de 02 couches qui forment un réticulum en hexagones réguliers.

## Dimensions

Un seul spécimen.  
Diamètre équatorial est de 90  $\mu\text{m}$ .  
Diamètre polaire est de 83  $\mu\text{m}$ .

## Répartition stratigraphique

Lias-Crétacé.

*Reticulatisporites* sp. (pl. 1, fig. 6)

**Description**

Spore ronde de petite taille. Marque trilète n'est pas visible. Réticulation couvrant toute la surface de la spore.

**Dimensions**

Diamètre équatorial est de 42,60 à 60 µm.

Diamètre polaire est de 36,75 à 40 µm.

**Répartition stratigraphique**

Lias-Crétacé.

**Infraturma *Murornati* R potonié & Kremp, 1954**

**Genre *Lycopodiumsporites* Thiergart, 1938 emend. Delcourt & Sprumont, 1955**

***Lycopodiumsporites reticulatum* (Couper, 1953), Evans, 1970 (pl. 1, fig. 7)**

1959 *Retitriletes reticulumsporites* Rouse; p. 309, pl. 2, figs. 1, 2.

1963 *Lycopodiumsporites reticulumsporites* (Rouse, 1959); Dettmann, p. 45, pl. 7, figs. 4-7.

1968 *Lycopodiumsporites reticulumsporites* Tralau; p. 51, pl. 2, figs. 2,3.

1971 *Lycopodiumsporites reticulumsporites* Singh; p. 43-44, pl. 3, figs. 1,2.

1971 *Lycopodiumsporites reticulumsporites* Guy; p. 28,29, pl. 2, fig. 6.

1975 *Lycopodiumsporites reticulumsporites* Arjang; p. 121, pl. 5, fig. 8.

1975 *Lycopodiumsporites reticulumsporites* Filatoff; p. 53, pl. 7, figs. 9-11; pl. 8, figs. 1,2.

1989 *Lycopodiumsporites reticulumsporites* WEISS, p. 65.

1990 *Lycopodiumsporites reticulumsporites* Guy-Ohlson; p. 220, tabl. 1.

1990 *Lycopodiumsporites reticulumsporites* Rauscher & Schmitt; p. 111, pl.2, fig.8.

**Description**

Spore trilète et de forme circulaire. L'exine est fine et claire et le réticulum est en relief.

**Dimensions**

Un seul spécimen.

Diamètre équatorial est de 41 µm.

Diamètre polaire est de 41 µm.

**Répartition stratigraphique**

Lias-Crétacé.

***Lycopodiumsporites clavatoides* Couper, 1958** (pl. 1, fig. 8)

- 1958 *Lycopodiumsporites clavatoides* Couper ; p. 132, pl. 15, figs. 10,11.  
1958 *Lycopodiumsporites clavatoides* Lantz; p. 923, pl. 2, fig. 17,18.  
1963 *Lycopodiumsporites clavatoides* Schulz (pl. 3, fig. 1-3)  
1967 *Lycopodiumsporites clavatoides* emend. Schulz; p. 575, pl. 8, figs. 7-9; pl. 25, fig. 3.  
1968 *Lycopodiumsporites clavatoides* Tralau; p. 49, pl. 1, figs. 3-5.  
1971 *Lycopodiumsporites clavatoides* : Guy; p. 28, pl. 2, fig. 8.  
1975 *Lycopodiumsporites* cf. *clavatoides* Arjang; p. 121, pl. 5, figs. 4-6.  
1977 *Retitriletes clavatoides* Vanerve; p. 56, pl. 4, figs. 2-4.  
1989 *Lycopodiumsporites clavatoides* Weiss; p. 64, pl. 4, figs. 13,14.  
1990 *Lycopodiumsporites clavatoides* Guy-Ohlson; p. 221, tab. 1.  
1990 *Lycopodiumsporites clavatoides* Rauscher & Schmitt; p. 111, pl. 2, fig. 8.  
1996 *Retitriletes clavatoides* Burger; pl. 1, fig. N.  
2011 *Retriletes clavatoides* Couper, Döring et al., in Krutzsch, Srivastava, p. 158, pl. 6, figs 6,7.

**Description**

Spore trilète, triangulaire, radiosymétrique et avec des côtés convexes à arrondis, parfois droits. L'exine est sculptée par un réseau de polygones hexagonaux.

**Dimensions**

Diamètre équatorial est de 40 à 60 µm.

Diamètre polaire est de 35 à 53 µm.

**Répartition stratigraphique**

Lias.

***Lycopodiumsporites* sp.**

**Description**

Spore circulaire. Marque trilète pas clairement visible. L'exine réticulée et mince.

**Dimensions**

Un seul spécimen

Diamètre équatorial de 60 µm.

Diamètre polaire 40 µm.

**Répartition stratigraphique**

Lias-Néogène.

b. Les grains de pollen

**Anteturma *Pollenites* Potonié, 1931**

**Turma *Saccites* Erdtman, 1947**

**Subturma *Monosaccites* Chitaley 1951 emend. Potonié & Kremp, 1954**

**Genre *Zonalapollenites* Pflug, 1953**

*Zonalapollenites* sp. (pl. 2, fig. 1)

**Description**

Pollen de forme circulaire zoné avec un corps central, entouré d'une vésicule équatoriale continue tout autour du grain de pollen.

**Dimensions**

Un seul spécimen  
Diamètre 20,4 µm.

**Répartition stratigraphique**

Jurassique.

**Turma *Monoporates* Iverson & Troels-Smith, 1950**

**Genre *Perinopollenites* Couper, 1958**

*Perinopollenites* sp. (pl. 2, fig. 2)

**Description**

Pollen circulaire avec un pore pas toujours visible. L'exine est constituée de deux couches différentes. Une couche externe très mince et fragile et une autre interne plus épaisse.

**Dimensions**

Un seul spécimen.  
Diamètre 25,6 µm.

**Répartition stratigraphique**

Trias-Crétacé.

**Turma *Kryptoaperturates* Potonié, 1960**

**Subturma *Circumpolles* Pflug 1953, emend. Klaus, 1960**

**Genre *Classopollis* Pflug, 1953 emend. Pocock & Jansonius, 1961**

***Classopollis torosus* (Reissinger, 1950) (pl. 2, fig. 3)**

- 1950 *Pollenites torosus* sp. nov., Reissinger, pp. 114–115, pl. 14, fig. 20.  
1953 *Classopollis declassis* sp. nov., Pflug, p. 92, pl. 16, figs 16–19.  
1953 *Classopollis classoides* sp. nov., Pflug, p. 91, fig. 4, j–m, pl. 16, figs 20–25, 29–37.  
1953 *Circumpollis pharisaeus* sp. nov., Pflug, p. 92, pl. 17, figs 28–30.  
1953 *Circumpollis philosophus* sp. nov., Pflug, p. 92, pl. 17, figs 31–36  
1953 *Canalopollis maturus* sp. nov., Pflug, p. 93, pl. 17, figs 48–60.  
1954 *Cheirolepidiaceae*, Rogalska, p. 23, pl. 11, figs 1–10.  
1955 *Classopollis* cf. *classoides* Pflug; Krutzsch, p. 72, pl. 2, fig. 23.  
1955 *Classopollis* Pflug; Krutzsch, p. 74, pl. 4, fig. 42.  
1955 cf. *Classopollis* Pflug; Krutzsch, p. 74, pl. 4, figs 51–52.  
1955 Un-named specimens, Krutzsch, p. 74, pl. 4, figs 43–44, 48–50, 53–54.  
1957 *Classopollis* cf. *torosus* Reissinger, Balme, pp. 37, 38, pl. 11, figs 114–119.  
1958 *Classopollis torosus* Reissinger; Couper, pp. 156, 157, pl. 28, figs 2–7.  
1958 *Classopollis torosus* (Reissinger) Couper; Nilsson, pp. 74, 75, pl. 7, figs 6–8.  
1960 *Corollina torosus* Reissinger comb. nov., Klaus, pp. 167–168.  
1962 *Classopollis torosus* (Reissinger) Balme; Chaloner, pp. 19–23, pl. 2, figs 1, 2.  
1962 *Classopollis classoides* (Pflug) Pocock & Jansonius; Pocock, p. 71, pl. 11, figs 171–175.  
1963 *Classopollenites classoides* (Pflug) Pocock & Jansonius, nov. nom., Danzé-Corsin & Laveine, pp. 105–106, pl. 11, figs 3–6.  
1964a *Classopollenites classoides* (Pflug) Pocock & Jansonius; Levet-Carette, p. 279, pl. 11, figs 9–11.  
1965 *Classopollis torosus* (Reissinger) Couper; Döring, p. 61, pl. 17, fig. 3.  
1965 *Classopollis torosus* (Reissinger) Balme; Norris, pp. 259, 260, figs 64–66, 68.  
1965 *Classopollis classoides* (Pflug) Pocock & Jansonius; Playford & Dettmann, p. 159, pl. 17, figs 59–60.  
1965 *Classopollis torosus* (Reissinger) Couper; Wall, p. 166.  
1967 *Classopollis torosus* (Reissinger) Balme; Norris, p. 110, pl. 18, fig. 24.  
1970b *Classopollis classoides* (Pflug) Pocock & Jansonius; Pocock, pp. 103–104, pl. 23, figs 9, 12, 14, 22.  
1970 *Classopollis torosus* (Reissinger) Couper; Kemp, p. 125, pl. 29, fig. 12.  
1970 *Classopollis chateaunovi* sp. nov., Reyre, p. 313, pl. 55, figs 11–14.  
1972 *Classopollis torosus* (Reissinger) Balme; Fisher, pl. 8, figs 15–16.

- 1973 *Classopollis torosus* (Reissinger) Balme; Orbell, p. 16, pl. 1, fig. 7.
- 1975 *Classopollis torosus* (Reissinger) Balme emend., Morbey, pp. 32, 34, pl. 12, figs 1–4, pl. 13, figs 3–5.
- 1975 *Classopollis chateaunovi* Reyre; Filatoff, p. 85, pl. 26, figs 10–11, pl. 27, figs 8–11, pl. 28, figs 3, 4.
- 1976 *Classopollis torosus* (Reissinger) Couper; Rogalska, pp. 24, 41, 55, 57, pl. 48, figs 598–600, pl. 49, figs 601–606, 608–610.
- 1977 *Classopollis torosus* (Reissinger) Morbey; Ashraf, pp. 64–65, pl. 17, figs 11–15.
- 1977 *Corollina torosus* (Reissinger) Klaus; Lund, pp. 69, 70, pl. 7, figs 2–4b.
- 1980 *Corollina torosus* (Reissinger) Klaus; Pedersen & Lund, p. 46, pl. 21, figs 1–2.
- 1981 *Corollina torosus* (Reissinger) Klaus; Achilles, pp. 48–49, pl. 14, figs 4–5.
- 1981 *Corollina torosus* (Reissinger) Klaus; Guy-Ohlson, p. 235, fig. 4I–J.
- 1984 *Corollina torosus* (Reissinger) Klaus; Achilles et al., pp. 68–69, pl. 9, figs 16–17.
- 1985 *Corollina torosus* (Reissinger) Klaus; Hoelstad, p. 129, pl. 4, fig. 19.
- 1985 *Corollina torosus* (Reissinger) Klaus; Lund & Pedersen, p. 382.
- 1989 *Classopollis torosus* (Reissinger) Morbey; Weiss, pp. 119–120, pl. 10, figs 6–7.
- 1989 *Corollina torosa* (Reissinger) Courtinat; p. 128, pl. 10, figs 8–16.
- 1991 *Corollina torosus* (Reissinger) Klaus; Dybkjær, p. 29, pl. 15, figs 2–5.

### **Description**

Pollen circulaire à ovale avec un cryptopore circulaire (3,2 à 4,8 µm de diamètre). Des stries équatoriales sont visibles.

### **Dimensions**

Diamètre est de 20 à 40,30 µm.

### **Répartition stratigraphique**

Trias supérieur- Crétacé.

### ***Classopollis* sp.**

### **Description**

Pollen de forme ovale à circulaire. Sur la partie subéquatoriale de certains spécimens, on remarque la présence des rainures circulaires, parallèles à l'équateur du grain de pollen.

### **Dimensions**

Diamètre est de 30,4 à 36,8 µm.

**Turma *Aletes* Ibrahim, 1933**

**Suprasubturma *Acavataletes* Dettmann, 1963**

**Subturma *Azonaletes* Luber emend. Potonié & Kremp, 1954**

**Infraturma *Laevigati* Bennie & Kidson, 1886 emend. Potonié & Kremp, 1954**

**Genre *Inaperturopollenites* Pflug & Thomson in Thomson & Pflug, 1953**

***Inaperturopollenites* sp. (pl. 2, fig. 4)**

**Description**

Pollen de forme irrégulière, plus ou moins ovale, sans ouvertures. L'exine mince et plus moins granuleuse, avec des plis secondaires irréguliers, transversaux, longitudinaux ou obliques.

**Dimensions**

Diamètre est de 22 à 51,70 µm.

**Répartition stratigraphique**

Jurassique inférieur et moyen.

**Suprasubturma *Acavataletes* Dettmann, 1963**

**Subturma *Azonaletes* Luber emend. Potonié & Kremp, 1954**

**Genre *Araucariacites* Cookson, 1947 emend. Couper 1953**

***Araucariacites liasicus* Cookson, 1947 (pl. 2, fig. 5)**

Seul le spécimen décrit par Cookson, 1947

**Description**

Pollen avec un contour subcirculaire. L'exine est ornée de petites épines. Notons la présence de l'exine secondaire pliée.

**Dimensions**

Un seul spécimen.

Diamètre est de 22,36 µm.



## *Araucariacites* sp.

### **Description**

Pollen de forme ovale à circulaire, partiellement cassé, sans ouvertures. Exine secondaire pliée. Plis longitudinaux et transversales. Exine granulée avec des verrues.

### **Dimensions**

Diamètre est de 50,1 à 76,5 µm.

### **Répartition stratigraphique**

Jurassique-Crétacé.

### **Turma *Aletes* Ibrahim, 1933**

### **Subturma *Azonaletes* Luber, 1935 emend. Potonié & Kremp, 1954**

### **Genus *Spheripollenites* Couper, 1958**

### ***Spheripollenites subgranulatus* Couper, 1958 (pl. 2, fig. 6)**

- 1958 *Spheripollenites subgranulatus* sp. nov., Couper, pp. 158–159, pl. 31, figs 9–11.  
1962 *Spheripollenites subgranulatus* Couper; Pocock, p. 73.  
1967 *Spheripollenites subgranulatus* Couper; Schulz, pp. 599–600, pl. 19, fig. 5.  
1968 *Spheripollenites subgranulatus* Couper; Tralau, pp. 89–90, pl. 16, fig. 5.  
1971 *Spheripollenites subgranulatus* Couper; Guy, p. 67, pl. 5, fig. 15.  
1971 *Spheripollenites* (= *Exesipollenites*) *subgranulatus* Couper; van Konijnenburg-van Cittert, p. 59, pl. 13, fig. 5.  
1976 *Spheripollenites subgranulatus* Couper; Rogal-ska, pl. 53, figs 673, 675.  
1977 *Spheripollenites subgranulatus* (Couper) Jansonius; Ashraf, p. 64, pl. 17, figs 9–10.  
1978 *Spheripollenites subgranulatus* Couper; Guy-Ohlson, pp. 18, 24, pl. 6, fig. 57.  
1981 *Spheripollenites subgranulatus* Couper; Guy-Ohlson, p. 235.  
1985 *Spheripollenites subgranulatus* Couper; Guy-Ohlson & Malmquist, pp. 15, 20.  
1986 *Spheripollenites subgranulatus* Couper; Guy-Ohlson, p. 31, pl. 6, fig. 4, pl. 14, fig. 2.  
1990 *Spheripollenites subgranulatus* Couper; Rau-scher & Schmitt, pp. 115, 134, 138, pl. 3, fig. 2.  
1991 *Spheripollenites subgranulatus* Couper; Dybkjær, pp. 27–28.

### **Description :**

Pollen circulaire à ovale, sans ouvertures distinctes. L'exine est sculptée avec de petits granules.

### **Dimensions**

Diamètre est de 22,4 à 38  $\mu\text{m}$ .

### **Répartition stratigraphique**

Trias supérieur-Crétacé inférieur.

### ***Sphaeripollenites* sp.**

### **Description :**

Pollen circulaire à subcirculaire. Cassé le long de la ligne radiale. L'exine est lisse.

### **Dimensions :**

Diamètre est de 29,6 à 52  $\mu\text{m}$ .

### **Répartition stratigraphique**

Jurassique-Crétacé.

### **Turma *Aletes* Ibrahim, 1933**

### **Suprasubturma *Acavataletes* Dettmann, 1963**

### **Subturma *Azonaletes* Luber emend. Potonié & Kremp 1954**

### **Infraturma *Laevigati* Bennie & Kidston, 1886 emend. Potonié, 1956**

### **Genre *Exesipollenites* Balme, 1957**

### ***Exesipollenites* sp. (pl.2, fig. 7)**

### **Description**

Pollen circulaire à ovale avec un pseudo-pore circulaire. L'exine est finement granuleuse.

### **Dimensions**

Diamètre est de 18,75  $\mu\text{m}$ .

### **Répartition stratigraphique**

Jurassique-Crétacé inférieur.

**Genre *Cerebropollenites* Nilsson, 1958**

***Cerebropollenites* sp.**

**Description**

Pollen circulaire à elliptique. L'exine boursouflée est d'allure cérébroïde.

**Dimensions**

Diamètre est de 39 à 46,8  $\mu\text{m}$ .

**Répartition stratigraphique**

Lias.

**Turma *Plicates* Naumova, 1939 emend. Potonié, 1960**

**Subturma *Monocolpates* Iversen & Troels-Smith, 1950**

**Genre *Monosulcites* Cookson, 1947 emend. Couper, 1953**

***Monosulcites* sp. (pl. 2, fig. 8)**

**Description**

Pollen monocolpate bilatéralement symétrique est de forme elliptique allongé avec des extrémités arrondies aux extrémités équatoriales. Un sillon s'étendant tout au long de la longueur totale de grain de pollen avec deux plis. L'exine est lisse.

**Dimensions**

Longueur est de 36 à 38,4  $\mu\text{m}$ .

Largeur est de 18,4 à 22  $\mu\text{m}$ .

**Répartition stratigraphique**

Lias-Albien.

**2. Affinité botanique**

La population sporopollinique trouvée à Benzerka (secteur d'Aïn Killoun, Traras septentrionaux) est soumise à une interprétation paléobotanique qui reste très difficile, en raison du problème de la classification biologique actuelle.

Ainsi, nous avons remarqué que la majorité des spores déterminées appartiennent aux **Ptéridophytes** (tabl. 11), alors que les pollens représentent surtout un groupe important des végétaux appelé les **Gymnospermes** (tabl. 12). Nous tenons à souligner que les aspects paléoclimatiques et paléoenvironnementaux seront discutés plus loin.

#### a. Les Ptéridophytes

Ce sont des cryptogames vasculaires, car ils possèdent des vaisseaux du bois de type scalariforme. Les Ptéridophytes vivent en général dans les milieux humides et certains sont aquatiques (e.g. *Azolla*). Certaines formes comme *Ceterach* peuvent résister à la sécheresse. Dans les forêts tropicales, les fougères sont arborescentes. On trouve de nombreuses espèces de Ptéridophytes fossiles, ce qui est une preuve de leur épanouissement pendant les périodes du Carbonifère et du Permien (les restes forment le charbon). Les Ptéridophytes comportent: les Psilophytes, les Lycopodes, les Equisétinées et les Filicopsides.

#### b. Les Bryophytes

Les Bryophytes ont besoin d'eau pour se reproduire et elles n'ont pas de tissus conducteurs pour amener l'eau du sol aux parties aériennes de la plante. Elles dériveraient de plantes terrestres primitives du Dévonien. Actuellement, les Bryophytes sont de petits végétaux terrestres colonisant tous les milieux naturels ou artificiels, depuis l'équateur jusqu'aux régions polaires, à l'exception du milieu marin dont elles sont totalement absentes. Les Bryophytes sont omniprésentes et constituent parfois l'essentiel de la biomasse.

Cette plante terrestre joue avec les lichens, un rôle essentiel dans la reconstitution de la plupart des écosystèmes végétaux, au moins dans les stades initiaux. Leur rôle est particulièrement remarquable dans la colonisation des milieux très inhospitaliers. L'embranchement **Bryophyta** Braun & Ascherson, 1860 est divisé en 8 classes :

- Takakiopsida
- Sphagnopsida (les sphaignes)
- Andreaeopsida (les andréales)
- Andreaebryopsida
- Oedipodiopsida
- Polytrichopsida
- Tetraphidopsida
- Bryopsida (les mousses vraies)

Taxon palynologique	Affinité botanique suggérée
<i>Rotverrusporites tenuis</i>	Selaginellaceae ( <b>Ptéridophytes</b> )
<i>Cyathidites australis</i>	Cyathéaceae ou Dicksoniaceae ( <b>Ptéridophytes</b> )
<i>Cyathidites minor</i>	Cyathéaceae ou Dicksoniaceae ( <b>Ptéridophytes</b> )
<i>Verrucosporites</i> sp.	Filicopodes ( <b>Ptéridophytes</b> )
<i>Reticulatisporites castellatus</i>	Filicopodes ou Bryophytes ( <b>Ptéridophytes</b> ) ou ( <b>Bryophytes</b> )
<i>Reticulatisporites</i> sp.	Filicopodes ou Bryophytes ( <b>Ptéridophytes</b> ) ou ( <b>Bryophytes</b> )
<i>Lycopodiumsporites reticulatum</i>	Lycopodiaceae ( <b>Ptéridophytes</b> )
<i>Lycopodiumsporites clavatoïdes</i>	Lycopodiaceae ( <b>Ptéridophytes</b> )
<i>Lycopodiumsporites</i> sp.	Lycopodiaceae ( <b>Ptéridophytes</b> )

Tabl. 11- Spores identifiées et leurs affinités botaniques.

### c. Les Gymnospermes

Ce sont des plantes faisant partie d'un sous-embranchement des phanérogames (plante à graines) qui inclut les plantes dont l'ovule est à nu. Apparues bien avant les Angiospermes, les Gymnospermes sont en voie de disparition. Ce groupe prend le maximum d'ampleur au Jurassique. Dans l'état actuel des connaissances, on estime leur nombre à quelques 600 espèces, contre 250 000 Angiospermes. De nombreux Gymnospermes ne sont connus qu'à l'état de fossiles, parmi lesquels nous citons : les Bennettiales, les Cordaitales ou encore les Ptéridospermales.

#### c<sub>1</sub>. Les Cheirolepidiacées

D'après Courtinat (1989), les Cheirolepidiacées émettent les grains de pollen du genre *Corollina* (= *Classopollis*). Selon certains auteurs, la présence de ce genre dans les sédiments peut indiquer des habitats et des conditions climatiques très divers. Pocock & Jansonius (1961) évoquent des dépôts de bordure de mer, sous un climat sèche, tandis que Sah & Jain (1965) propose la thèse des conditions d'eaux douces avec un climat humide. Pour Vakhrameev (1970), l'abondance du genre *Classopollis* témoigne en faveur d'une phase transgressive et d'un réchauffement climatique.

Mais selon Courtinat (1989, p. 133), les Cheirolepidiacées étaient adaptées à tous les milieux et étaient capables de résister à des conditions diverses (aridité, oxygène ou sels minéraux).

### C<sub>2</sub>. Les Araucariacées

La famille des Araucariacées est une famille des plantes gymnospermes

### C<sub>3</sub>. Le Cycadales

Les Cycadales sont des Gymnospermes apparues au Permien. Durant, le Jurassique, ils recouvraient avec leurs ancêtres les fougères et les plantes cryptogamiques la plupart des régions chaudes du globe.

Taxon palynologique	Affinité botanique suggérée
<i>Zonalapollenites</i> sp.	Podocarpaceae ( <b>Gymnospermes</b> )
<i>Perinopollenites</i> sp.	Taxodiaceae ? ( <b>Gymnospermes</b> )
<i>Classopollis</i> torosus	Cheirolepidiaceae ( <b>Gymnospermes</b> )
<i>Classopollis</i> sp.	Cheirolepidiaceae ( <b>Gymnospermes</b> )
<i>Inaperturopollenites</i> sp.	Cycadophytæ ? ( <b>Gymnospermes</b> )
<i>Araucariacites</i> liasicus	Araucariaceae ( <b>Gymnospermes</b> )
<i>Araucariacites</i> sp.	Araucariaceae ( <b>Gymnospermes</b> )
<i>Spheripollenites</i> subgranulatus	<b>Gymnospermes</b>
<i>Spheripollenites</i> sp.	<b>Gymnospermes</b>
<i>Exesipollenites</i> sp.	Cycadophytæ ? ( <b>Gymnospermes</b> )
<i>Cerebropollenites</i> sp.	Araucariaceae ou Tsugales ( <b>Gymnospermes</b> )
<i>Monosulcites</i> sp.	Ginkgoales ou Cycadales ( <b>Gymnospermes</b> )

Tabl. 12- Pollens identifiés et leurs affinités botaniques.

## B. Acritarches

### 1. Systématique

Dans la majorité des ouvrages consultés (e.g. Traverse (2007)), la position systématique du spécimen identifié est bien précise.

#### Incertae Sedis

#### Groupe *Acritarcha* Evitt, 1963

#### Sous groupe *Acanthomorpha* Downie, Evitt & Sarjeant, 1963

#### Genre *Micrhystridium* Deflandre, 1937 emend. Sarjeant, 1967

#### *Micrhystridium* sp. (pl. 3, fig. 1)

### Description

De forme sphérique, le test est lisse avec des épines simples, droites ou courbées.

### Dimensions

Diamètre : 12 à 17  $\mu\text{m}$ .

**Remarque** : Le genre *Micrhystridium* est rencontré en France : le Toarcien inférieur de Thouars et Airvault, deux –Sèvres)(Galbrun et *al.*, 1994), le Kimméridgien du Jura Méridional (Courtinat, 1989), le Rhétien de la région lyonnaise (Courtinat et *al.*, 1997), en Italie : le Jurassique inférieur de la partie Nord-Est des Alpes (Van Erve, 1977), en Espagne : le Pliensbachien supérieur-Toarcien inférieur de la région de Sierra Palomera (Barron et *al.*, 1999) et en Portugal : le Pliensbachien supérieur du bassin Lusitanien (Oliveira et *al.*, 2007).

### 2. Affinité botanique (tabl. 13)

Taxon palynologique	Affinité botanique suggérée
<i>Micrhystridium</i> sp.	Acritarcha

Tabl. 13- Acritarche identifié et son affinité botanique.

## **C. Algues**

### **1. Systématique**

Pour la classification des quelques spécimens inventoriés, nous avons adopté celle de Felix (1965).

#### **Classe Chlorophyceae**

#### **Famille *Tasmannaceae* Sommer, 1956**

#### **Genre *Tasmanites* Newton, 1875**

*Tasmanites* sp. (pl. 3, fig. 2)

#### **Description**

Le test est presque ovoïde, relativement à paroi épaisse et presque incolore.

#### **Dimensions**

Diamètre : 94 µm.

**Remarque :** Le genre *Tasmanites* a été cité en France : le Lias inférieur de Lorraine (Taugourdeau-Lantz, 1968) et le Toarcien inférieur de Thouars et Airvault, deux – Sèvres)(Galbrun et *al.*, 1994), en Angleterre : le Lias inférieur du Dorset et le Toarcien inférieur du Lincolnshire et du Yorkshire (Wall, 1965), en Italie : le Jurassique inférieur de la partie Nord-Est des Alpes (Van Erve, 1977), au Maroc : le Pliensbachien inférieur des rides sud-rifaines (Bassoullet et *al.*, 1991), en Espagne : le Pliensbachien supérieur-Toarcien inférieur de la région de Sierra Palomera (BARRON et *al.*, 1999) et enfin en Grèce : le Toarcien inférieur de Lonian (Kouli et *al.*, 2010).

#### **Genre *Tythodiscus* Norem, 1955**

*Tythodiscus* sp. (pl. 3, fig. 3)

#### **Description**

Forme sphérique, globuleuse, aplatie dont le bord est légèrement relevé, composé de segments radiaux allongés perpendiculaires à la surface. La surface est lisse ou granuleuse.

#### **Dimensions**

Diamètre : 40 à 100 µm.



**Famille *Botryococcaceae* Wille, 1909**

**Genre *Botryococcus* Kützing, 1849**

*Botryococcus* sp. (pl. 3, fig. 4)

**Description**

Les contours et la morphologie sont sub-circulaires à circulaire voir lobées.

**Dimensions**

Diamètre équatorial : 49 à 50  $\mu\text{m}$ .

Diamètre polaire : 35,83 à 36  $\mu\text{m}$ .

**Remarque** : des spécimens ont été rencontrés en Italie : le Jurassique inférieur de la partie Nord-Est des Alpes (Van Erve, 1977) et en France : le Rhétien de la région lyonnaise (Courtinat et *al.*, 1997).

**Famille *Leiosphaeridiaceae* (Timofeev) Madler, 1963**

**Genre *Prasinophytes* Laenen, 1991**

*Prasinophytes* sp. (pl. 3, fig. 5)

**Description**

Corps sphérique à sub-sphérique avec une paroi mince, lisse, hyaline et pliée. Notons la présence de plis irréguliers sur la surface.

**Dimensions**

Diamètre : 40  $\mu\text{m}$ .

2. Affinité botanique (tabl. 14)

Taxon palynologique	Affinité botanique suggérée
<i>Tasmanites</i> sp.	Prasinophyceae
<i>Prasinophytes</i> sp.	Prasinophyceae
<i>Tythyodiscus</i> sp.	Prasinophyceae
<i>Botryococcus</i> sp.	Dictyosphaeriaceae ?

Tabl. 14- Algues identifiées et leurs affinités botaniques.

*Troisième chapitre :*  
**ANALYSE DES ASSEMBLAGES PALYNOLOGIQUES ET  
ATTRIBUTIONS BIOSTRATIGRAPHIQUES**

Le but de ce chapitre consiste à chercher l'existence d'un signal palynologique au passage Pliensbachien-Toarcien dans cette partie du bassin des Traras, à travers une analyse qualitative et quantitative.

## **I. ANALYSE DES ASSEMBLAGES PALYNOLOGIQUES**

Quinze (15) échantillons ont fait l'objet de cette étude palynologique. Ils ont été prélevés dans la section de Benzerka. Il s'agit des échantillons (notés Bz7', Bz15' et Bz19')(Fm : Calcaires de Tiseddoûra) et des échantillons (notés de Bz20' à Bz57')(Fm : Marno-calcaires de Bayada) (fig. 5).

### **A. Analyse qualitative**

Les trois (3) échantillons (Bz7', Bz15' et Bz19') prélevés dans les « Calcaires de Tiseddoûra » (Zone à *Algovianum*) ont livré des spores et des grains de pollens constitués de : *Rotverrusporites tenuis*, *Reticulatisporites* sp., *Lycopodiumsporites reticulatum*, *Classopollis* sp., *Inaperturopollenites* sp., *Spheripollenites subgranulatus*, *Spheripollenites* sp., *Exesipollenites* sp., *Cerebropollenites* sp., associés à des acritarches : *Micrhystridium* sp., des algues : *Tasmanites* sp., *Tythydiscus* sp., *Prasinophytes* sp. et des formes dont la détermination reste malheureusement très difficile (*Incertae Sedis*).

Par ailleurs, les résidus palynologiques de douze (12) échantillons de la formation des « Marno-calcaires de Bayada » ont livrés les assemblages palynologiques suivants :

-Bz20' - Bz27' (Zone à *Emaciatum*) : Dans cet intervalle chronologique, le matériel palynologique très riche et diversifié est composé des spores et des grains de pollens : *Cyathidites minor*, *Verrucosisporites* sp., *Reticulatisporites castellatus*, *Reticulatisporites* sp., *Lycopodiumsporites clavatoides*, *Zonalappollenites* sp., *Perinopollenites* sp., *Classopollis* sp., *Inaperturopollenites* sp., *Araucariacites liasicus*, *Araucariacites* sp., *Spheripollenites subgranulatus*, *Spheripollenites* sp., *Exesipollenites* sp., *Cerebropollenites* sp., *Monosulcites* sp. Les acritarches et les algues toujours présentes sont représentées par les mêmes taxons identifiés dans les niveaux précédents.

-Bz29' - Bz31' (Zone à *Polymorphum*) : L'assemblage palynologique est relativement pauvre. Il comprend quelques spores et des grains de pollen (*Cyathidites australis*, *Cyathidites minor*, *Lycopodiumsporites clavatoides*, *Classopollis* sp., *Inaperturopollenites* sp., *Araucariacites* sp., *Spheripollenites* sp.) associés à des algues (*Tasmanites* sp., *Tythydiscus* sp., *Botryococcus* sp., *Prasinophytes* sp.) et des formes indéterminées (*Incertae Sedis*).

-Bz32' - Bz57' (Zone à Levisoni) : L'association palynologique est dominée par les spores et les grains de pollen: *Cyathidites minor*, *Reticulatisporites* sp., *Lycopodiumsporites clavatoides*, *Lycopodiumsporites* sp., *Classopollis* sp., *Classopollis torosus*, *Araucariacites* sp., *Spheripollenites* sp., *Exesipollenites* sp., *Cerebropollenites* sp., accompagnés des acritarches (*Micrhystridium* sp.) et des algues (*Tasmanites* sp., *Tythyodiscus* sp., *Prasinophytes* sp.).

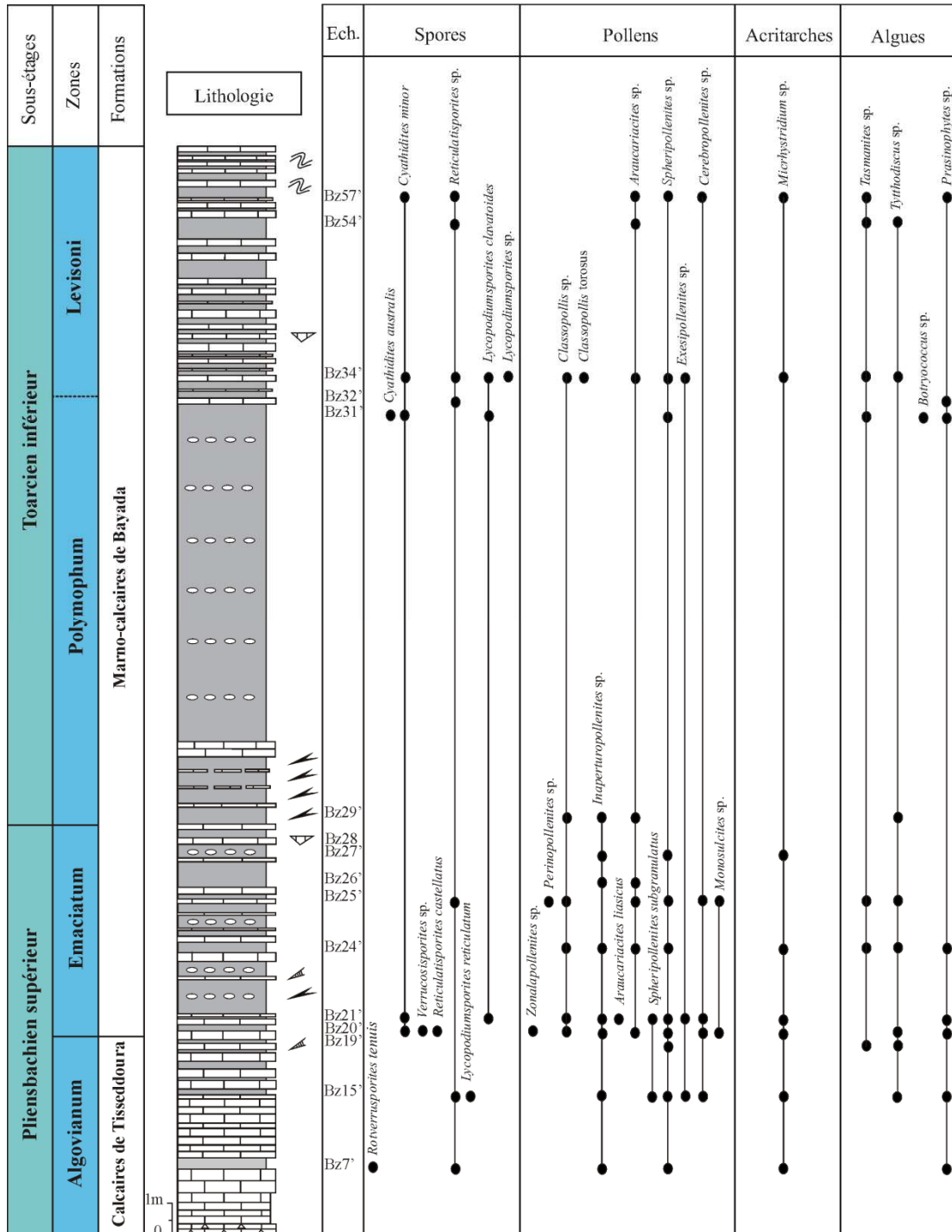


Fig. 5- Distribution verticale des palynomorphes dans la section de Benzerka.

## B. Analyse quantitative

L'analyse quantitative a montré le long de l'intervalle chronologique Pliensbachien supérieur-Toarcien inférieur une prédominance des éléments terrestres représentés par les spores et les grains de pollen. Ainsi, nous avons pu relever les variations quantitatives suivantes (fig. 6):

### -Bz7' - Bz19' : Pliensbachien supérieur (Zone à Algovianum)

Au cours de cette période, la fréquence des spores et des pollens diminue vers le sommet de la zone (51 à 6 %) avec une prédominance de *Reticulatisporites* sp. chez les spores et *Classopollis* sp. chez les pollens. Pour les acritarches représentés dans toute la section par un seul taxon (*Micrhystridium* sp.) sont absents au sommet de la zone. Leur fréquence est très faible (2 à 11 %). Par ailleurs, les algues relativement diversifiées enregistrent une augmentation vers le sommet (15 à 39 %), avec une dominance de *Prasinophytes* sp.

### -Bz20' - Bz27' : Pliensbachien supérieur (Zone à Emaciatum)

Contrairement à l'intervalle sous-jacent, la fréquence des spores et des pollens atteint 100 % pendant cette période (Bz 26'). L'association sporopollinique très diversifiée est dominée chez les pollens par *Classopollis* sp. et *Spheripollenites* sp. Les acritarches représentés par *Micrhystridium* sp. montrent une fréquence variable. De 9 à 3 % (Bz 20' - (Bz 24')) et de 0 à 22 % (Bz 25' - Bz 27'). Pour les algues, la situation est presque la même. On enregistre une augmentation de la fréquence de bas en haut (de 4 à 33 %)(Bz 21'-Bz 25') et une absence totale des taxons dans les niveaux supérieurs (Bz 26' - Bz 27'). Ces algues sont représentées surtout par l'association (*Tythyodiscus* sp. et *Prasinophytes* sp.).

### -Bz29' - Bz31' : Toarcien inférieur (Zone à Polymorphum)

Durant cette période importante de l'histoire géodynamique du Toarcien inférieur, on assiste à un nouveau scénario sur la fréquence et la diversité des palynomorphes. Ainsi, la fréquence des spores et des pollens diminue vers le sommet (de 50 à 42 %). Ils sont dominés par les spores (*Lycopodiumsporites clavatoides*). Les acritarches sont complètement absents, alors que les algues plus abondantes et diversifiées (*Tasmanites* sp., *Tythyodiscus* sp., *Prasinophytes* sp., *Botryococcus* sp.) présentent un pic à 58 % au niveau Bz31'.

### -Bz32' - Bz57' : Toarcien inférieur (Zone à Levisoni)

Pendant cet intervalle chronologique, la fréquence des spores et des pollens atteint son maximum à la base de cette zone (68 %) avec une prédominance de *Reticulatisporites* sp. chez les spores et *Spheripollenites* sp., *Classopollis torosus*, *Classopollis* sp., *Araucariacites* sp. chez les pollens. Les acritarches sont peu abondants (pic de 11 % à Bz57'). Les algues peu diversifiées (*Tasmanites* sp., *Tythyodiscus* sp.) et relativement abondantes montrent un pic de 50 % à Bz54'.

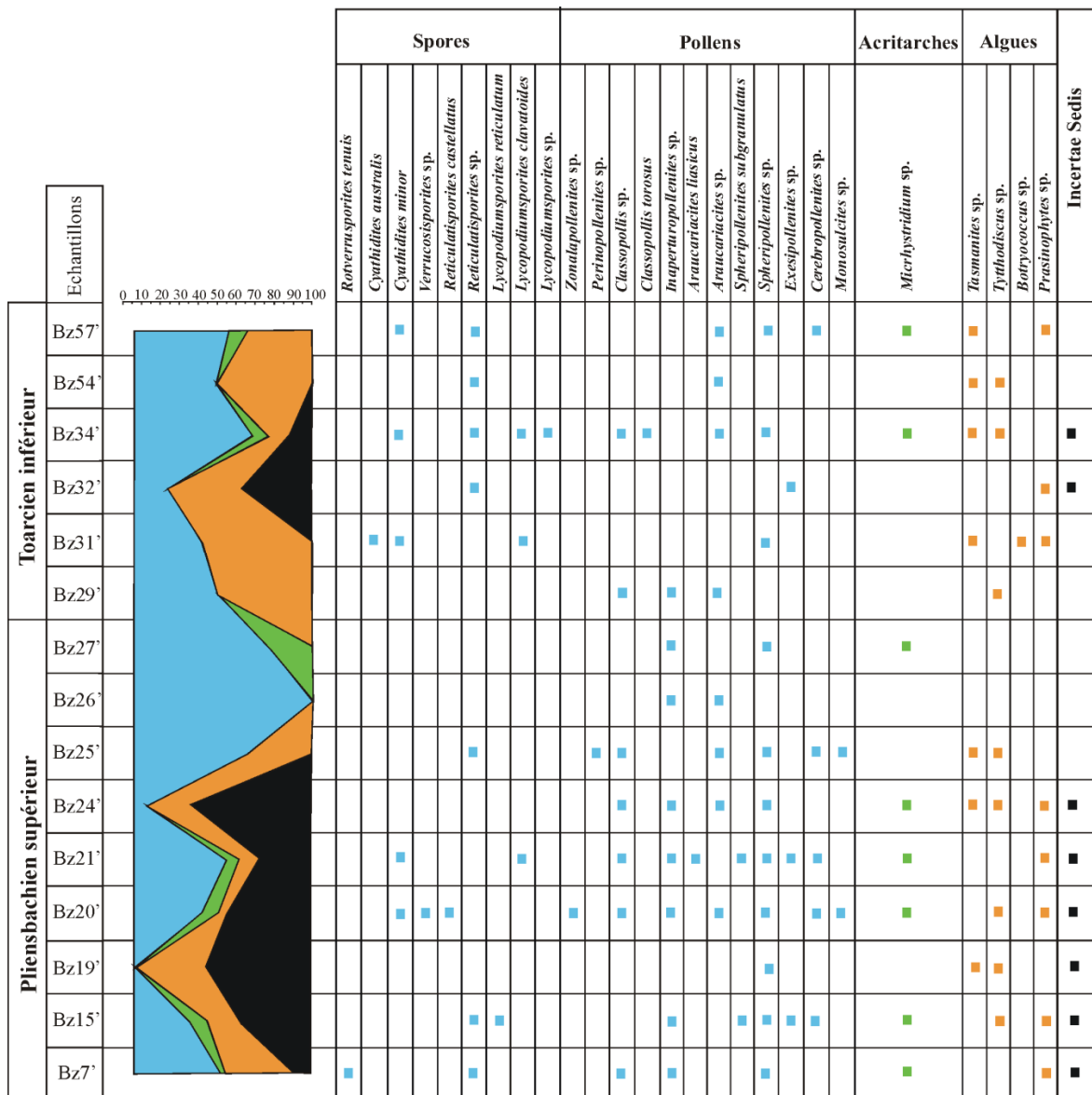


Fig. 6- Analyse quantitative des principaux groupes de palynomorphes dans la section de Benzerka.

En somme, l'assemblage palynologique étudié comprend à la fois des éléments d'origine continentale et marine (fig. 7).

- Eléments d'origine continentale

Plus abondants et plus diversifiés, ils sont représentés par les microfossiles allochtones d'origine terrestre : spores et grains de pollen. On note également des microfossiles des eaux douces ou saumâtres : *Botryococcus* sp. et *Tasmanites* sp.

- Eléments d'origine marine

Il s'agit en particulier des acritarches (*Microhystridium* sp.), quelques algues et des scolécodontes (pl. 3, fig. 6) qui constituent le matériel autochtone.

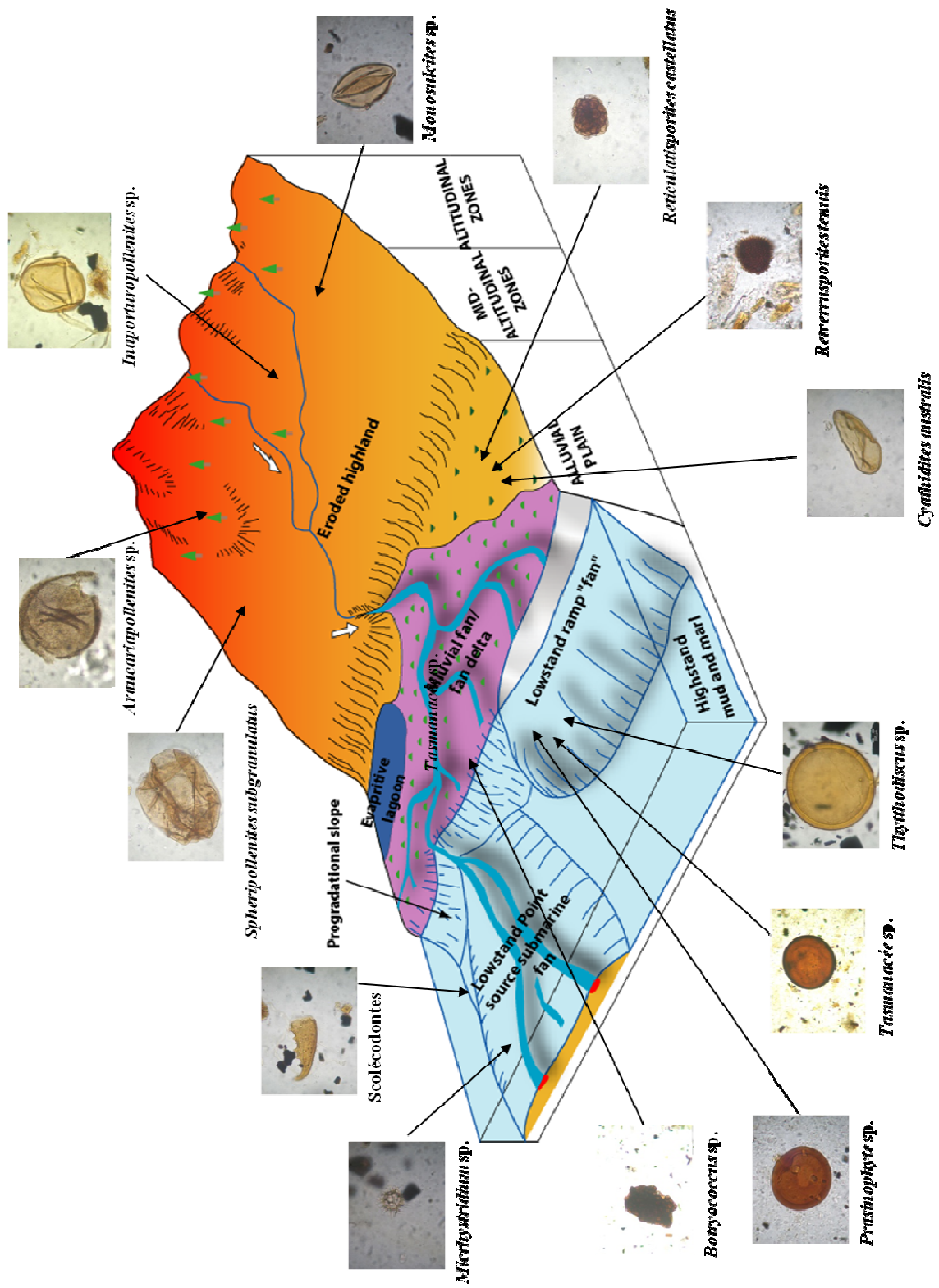


Fig. 7 - Reconstitution Paléoenvironnementale de quelques palynomorphes étudiés.

## II. ATTRIBUTIONS BIOSTRATIGRAPHIQUES

En absence des dinoflagellés qui sont des bons marqueurs stratigraphiques pour le passage Pliensbachien-Toarcien (Morbey, 1978; Davies, 1983 ; Woollam & Riding, 1983 ; Bucefalo Palliani & Riding, 2003), nous avons essayé avec prudence d'apporter des précisions stratigraphiques complémentaires sur cet intervalle chronologique déjà daté par les foraminifères et les brachiopodes (Ouahib, 2012). Il faut souligner au passage que les études palynologiques (e.g. Palynozone) sur le Jurassique inférieur de l'Algérie sont inexistantes.

### A. Associations palynologiques et biostratigraphie

En règle générale, la paléontologie stratigraphique (Biostratigraphie) est fondée sur le principe des premières et dernières apparitions des espèces index (FADs et LADs). Ce principe est souvent contesté par les paléontologues qui privilégient pour certains groupes de microfossiles la notion d'association pour la biozonation. Dans la présente étude palynologique, nous avons pu répertorier (21 formes de spores et de pollens et 1 forme d'acritarches). Quelques formes inventoriées ici sont restées en nomenclature ouverture. Devant cette situation, seules les spores et les grains de pollen seront utilisés pour tenter de proposer des écozonations (= palynozones).

#### 1. Ecozone A (Bz7' - Bz27')

Cette première écozone est caractérisée par l'abondance et la grande diversité des spores et des grains de pollen. Elle est marquée surtout par les apparitions de 5 taxons de spores (*Cyathidites minor*, *Verrucosisporites* sp., *Reticulatisporites castellatus*, *Lycopodiumsporites reticulatum*, *Lycopodiumsporites clavatooides*) et de 7 taxons de grains de pollen (*Zonalappollenites* sp., *Perinopollenites* sp., *Classopollis* sp., *Araucariacites liasicus*, *Araucariacites* sp., *Spheripollenites subgranulatus*, *Monosulcites* sp.). Une telle association sporopollinique indique fort bien le Pliensbachien supérieur (= Domérien pour les anciens auteurs).

#### 2. Ecozone B (Bz29' - Bz57')

La seconde écozone se distingue par une association sporopollinique moins riche et peu variée. Elle est marquée par l'apparition des taxons : *Cyathidites australis* pour les spores et *Classopollis torosus* pour les grains de pollen. Par contre, une seule disparition est enregistrée (*Lycopodiumsporites clavatooides*). Cette association très pauvre en matière d'individus, donne avec beaucoup de réserve un âge Toarcien inférieur. Les corrélations que nous avons faites avec les sections de Rambla del Salto (Sierra Palomera, Espagne) (Barron et al., 1999), la section de Peniche (bassin de Lusitanien, Portugal)(Oliveira et al., 2007) et la section de Armação Nova (Borges et al., 2011) confirment cette attribution stratigraphique qui mérite d'être affinée par l'étude d'autres matériels palynologiques provenant de la marge sud téthysienne.

## **B. Conclusion**

Il ressort de cet essai d'écozonation établi par les associations palynologiques du Pliensbachian supérieur- Toarcien inférieur les remarques suivantes :

-dans ce travail, les formes laissées en nomenclature ouverte doivent être déterminées avec certitude pour pouvoir confirmer les écozones proposées.

-les deux écozones proposées méritent d'être confirmées par une étude de dinoflagellés.

-les zonations liasiques proposées par Goubin (1965) et Wall (1965) et établies par les spores et les grains de pollen ne permettent pas d'effectuer des corrélations stratigraphiques, car il s'agit des domaines paléogéographiques différents.

-dans le domaine téthysien occidental, l'absence des palynozones basées sur les spores et les grains de pollen pour le Jurassique inférieur constitue un sérieux handicap biostratigraphique.



*Quatrième chapitre :*  
**MINERALOGIE DES ARGILES ET MATIERE ORGANIQUE**

## **I. INTRODUCTION**

Afin de compléter les informations paléoclimatiques qui peuvent être fournies par les spores et les grains de pollen, les minéraux argileux utilisés pour reconstituer le contexte géodynamique régional des bassins sédimentaires (Igmoullan & Daoudi, 2003) reflètent souvent les influences du climat régnant dans la région.

Par ailleurs, l'étude de la matière organique sédimentaire a été entreprise dans ce travail pour définir sa nature et son origine continentale ou marine.

## **II. MINERALOGIE DES ARGILES**

Dans la section de Benzerka, l'analyse de la fraction argileuse de quinze (15) inter-bancs par diffractométrie des rayons X a permis d'identifier cinq (5) minéraux argileux dont quatre sont simples (kaolinite, illite, chlorite et vermiculite) et un (1) correspondant à un édifice interstratifié (illite-montmorillonite). Par contre, les minéraux argileux associés sont le quartz détritique, la calcite et le plagioclase. Notons que la présence dans certains échantillons d'une faible quantité d'orthose, de sidérite et parfois de dolomite n'a pas été prise en considération.

### **A. Zonation des minéraux argileux**

L'illite, la vermiculite, la chlorite et la kaolinite sont la composition minéralogique principale. L'illite est la plus abondante (35 à 85 %), suivi par la vermiculite (5 à 40 %) et la chlorite (5 à 25 %). L'interstratifié I-M (illite-montmorillonite) ne dépasse pas les 10 %, alors que la kaolinite est très faible (0 à 5 %). De bas en haut, nous avons relevé la succession suivante (fig. 8) :

- Bz7' - Bz19' : Pliensbachien supérieur (Zone à Algovianum)

Cet intervalle montre à la fois une augmentation de l'illite (45 à 70 %) et de chlorite (15 à 20 %) et une diminution de la vermiculite (30 à 5 %) et de l'interstratifié (I-M) (10 à 5 %). La kaolinite est absente.

-Bz20' - Bz27' : Pliensbachien supérieur (Zone à Emaciatum)

Le sommet de l'intervalle Pliensbachien supérieur est marqué par un évènement géodynamique régional. Il s'agit de la dislocation de la plate-forme carbonatée qui est accompagnée par une crise des carbonates et un important apport argileux. Dans la section de Benzerka, cet apport est caractérisé par des variations importantes de l'illite (de 50 à 85 %), du chlorite (de 5 à 25 %), de la vermiculite (de 5 à 25 %) et de l'interstratifié (I-M) (de 5 à 10 %). La kaolinite apparaît d'une façon sporadique dans le niveau Bz24' (5%).

-Bz29' - Bz31' : Toarcien inférieur (Zone à Polymorphum)

Le début du Toarcien inférieur à prédominance argileuse montre une diminution de l'illite (65 à 45 %) et du chlorite (20 à 10 %). En même temps, on assiste à une augmentation de la vermiculite (10 à 40 %), à la stabilité de l'interstratifié (I-M) (5 %) et à la réapparition de kaolinite dans le niveau Bz31' (5%).

-Bz32' - Bz57' : Toarcien inférieur (Zone à Levisoni)

En général, cet intervalle se distingue par une stabilité des teneurs des minéraux tels que la kaolinite présente dans tous les niveaux (5 %), la chlorite (15 %) ou encore l'interstratifié (IM) (10 %). L'illite toujours abondante, ne représente ici que (38 %) de la fraction argileuse. Enfin, la vermiculite montre un apport accru qui varie entre 30 et 35 %.

### **B. Zonation des minéraux non argileux**

Le long de l'intervalle Pliensbachien supérieur-Toarcien inférieur, les minéraux non argileux (quartz, calcite et plagioclase) ne présentent pas des variations notables (fig. 9).

-le quartz : les teneurs en silice varient de 26 à 39 % pour le Pliensbachien supérieur et de 32 à 52 % pour le Toarcien inférieur. On assiste donc à une augmentation des apports détritiques durant le Toarcien inférieur, en particulier durant la Zone à Levisoni.

-la calcite : contrairement à la silice, les teneurs en carbonates montrent une évolution inverse. Les teneurs varient de 41 à 59 % au Pliensbachien supérieur et de 31 à 51 %) au Toarcien inférieur.

-le plagioclase : on observe des teneurs relativement faibles qui varient de 2 à 6 % pendant le Pliensbachien supérieur et de 1 à 2 % au cours du Toarcien inférieur.

### **C. Conclusion**

L'interprétation du cortège minéralogique de la section de Benzerka montre une prédominance d'illite et de la vermiculite qui témoignent de l'érosion directe de la roche mère (complexe granitique de Nedroma) sous un climat probablement chaud et sec. La quantité notable du quartz détritique et le plagioclase viennent confirmer ledit scénario.

Par ailleurs, les coupures minéralogiques tracées durant l'intervalle chronologique Pliensbachien supérieur-Toarcien inférieur enregistrent des événements géodynamiques régionaux (évolution paléogéographique de la Téthys qui connaît une distension importante à cette période). Nous citons, l'augmentation des apports détritiques au Toarcien inférieur, ainsi que la diminution de la production carbonatée sur la plate-forme. Il faut toutefois citer la présence et la stabilité de la quantité de la kaolinite durant le Toarcien inférieur. Cette stabilité peut être liée aux conditions géochimiques du milieu.

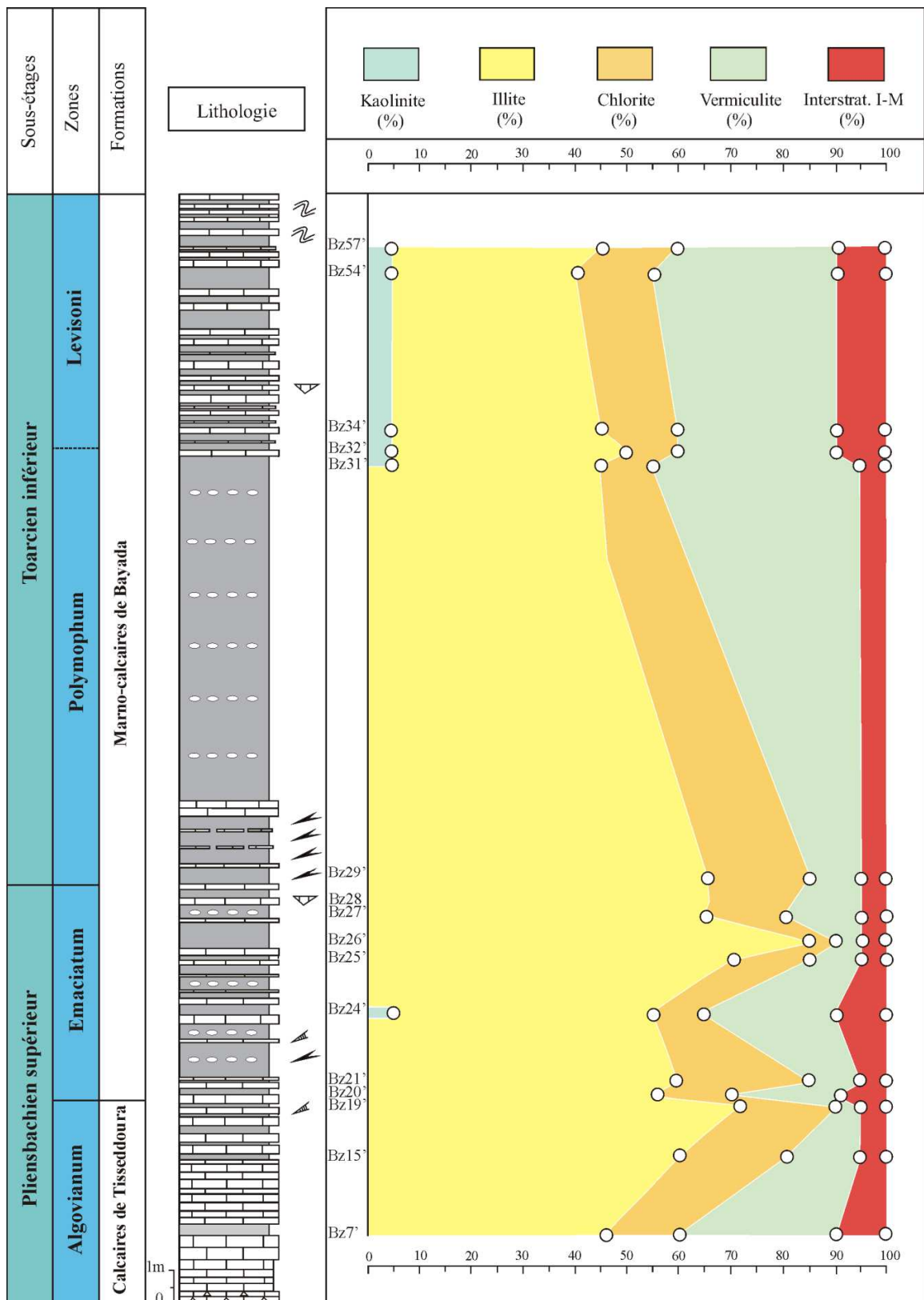


Fig. 8- Evolution verticale des minéraux argileux dans la section de Benzerka.

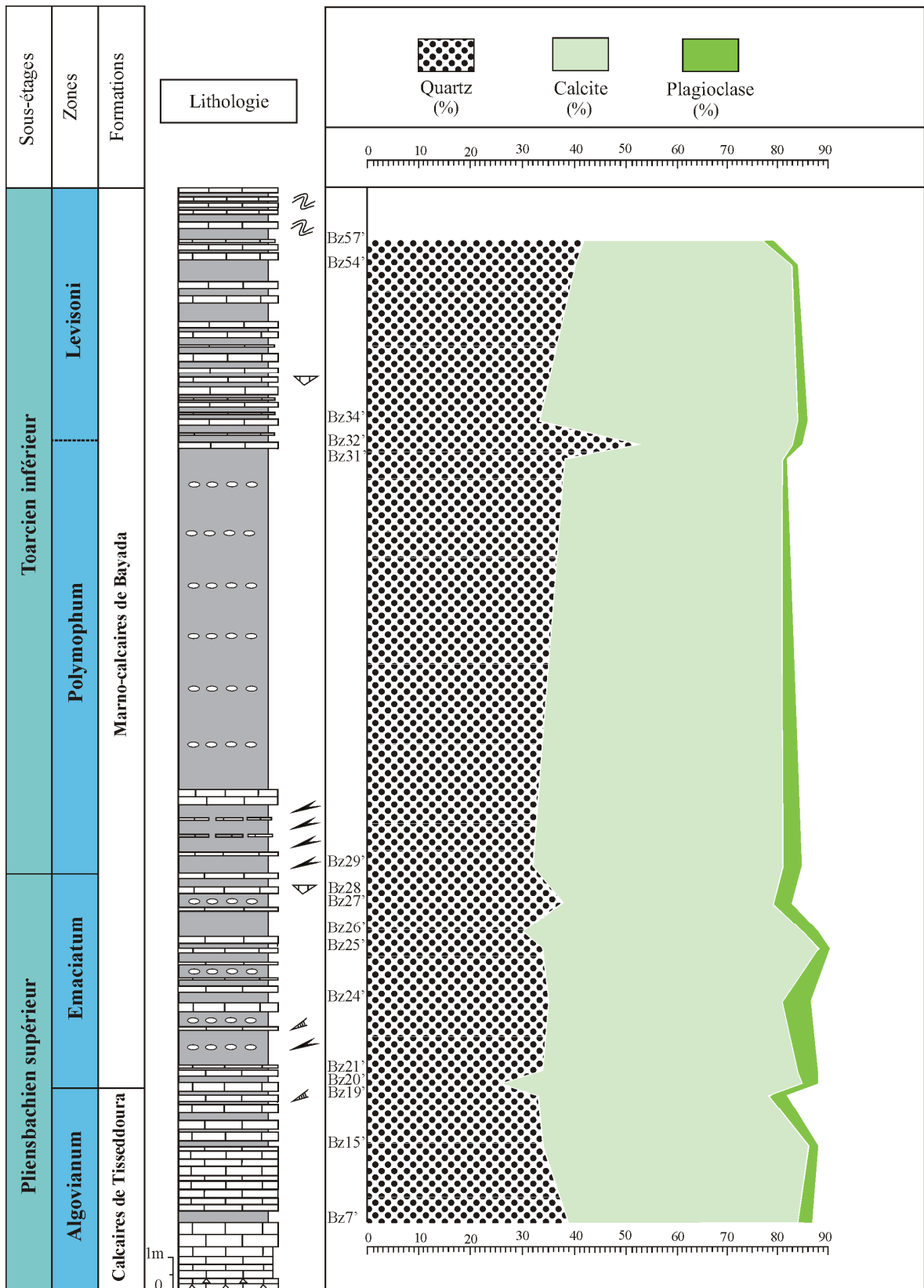


Fig. 9- Evolution verticale des minéraux non argileux dans la section de Benzerka.

### III. MATIERE ORGANIQUE

L'accumulation de la matière organique (MO) dans les roches sédimentaires (argiles, marnes ou calcaires) provient de la décomposition des organismes vivants, d'origine animale ou végétale. Elle est constituée principalement d'une fraction soluble dans les solvants organiques (bitume) et une autre fraction insoluble (kérogène).

Dans cette optique, une série d'analyses géochimiques (COT et Pyrolyse Rock-Eval) a été réalisée sur quinze (15) échantillons prélevés long de l'intervalle chronologique Pliensbachien supérieur-Toarcien inférieur. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 15.

Ech.	COT (%)	Soufre (%)	S1	S2	S3	Tmax (%)	IH (mg HC/g COT)	IO (mg CO <sub>2</sub> /g COT)	PP	IAT
Bz57'	0,12	0,023	–	–	–	–	–	–	–	2-2,5
Bz54'	0,18	0,025	–	–	–	–	–	–	–	
Bz34'	0,05	0,020	–	–	–	–	–	–	–	
Bz32'	<b>1,32</b>	0,000	0	0	0,17	340	0	13	0	
Bz31'	0,21	0,025	–	–	–	–	–	–	–	
Bz29'	<b>2,06</b>	0,002	0	0	0,61	345	0	30	0	
Bz27'	0,27	0,046	–	–	–	–	–	–	–	
Bz26'	<b>2,59</b>	0,000	0,01	0	4,27	290	0	165	0,01	2-2,5
Bz25'	<b>0,69</b>	0,065	0,04	0,67	2,34	416	98	342	0,71	
Bz24'	0,37	0,046	–	–	–	–	–	–	–	
Bz21'	0,48	0,000	0,05	0,06	1,12	335	12	233	0,11	
Bz20'	0,59	0,001	0,03	0,04	0,92	341	7	157	0,07	
Bz19'	0,28	0,034	–	–	–	–	–	–	–	
Bz15'	0,32	0,052	–	–	–	–	–	–	–	
Bz7'	0,31	0,052	–	–	–	–	–	–	–	

Tabl. 15- Teneurs en matière organique des échantillons de la section de Benzerka (voir la position des échantillons sur la figure 10).

#### A. Teneurs en Carbone Organique Total (COT)

Sur les quinze (15) échantillons analysés, quatre (4) seulement ont enregistré des teneurs qui varient entre 0,69 et 2,59 %. Ils proviennent tous de la formation des « Marno-calcaires de Bayada ». Les niveaux analysés dans la formation des « Calcaires du Tiseddoûra) sont les plus pauvres. Le COT étant compris entre 0,28 et 0,32 %.

#### B. La pyrolyse Rock–Eval

Les résultats fournis par la pyrolyse Rock–Eval sont (fig. 10) :

## 1. l'index d'hydrogène (IH)

Les échantillons analysés sont très faibles. Les valeurs comprises entre 7 et 98 mg HC/g COT sont enregistrées dans trois (3) échantillons (Bz20', Bz21' et Bz25') de la formation des « Marno-calcaires de Bayada ».

## 2. l'index d'oxygène (IO)

Les valeurs de cet index sont très variables : 13 à 342 mg CO<sub>2</sub>/g COT. Il s'agit de six (6) échantillons situés dans la formation des « Marno-calcaires de Bayada ».

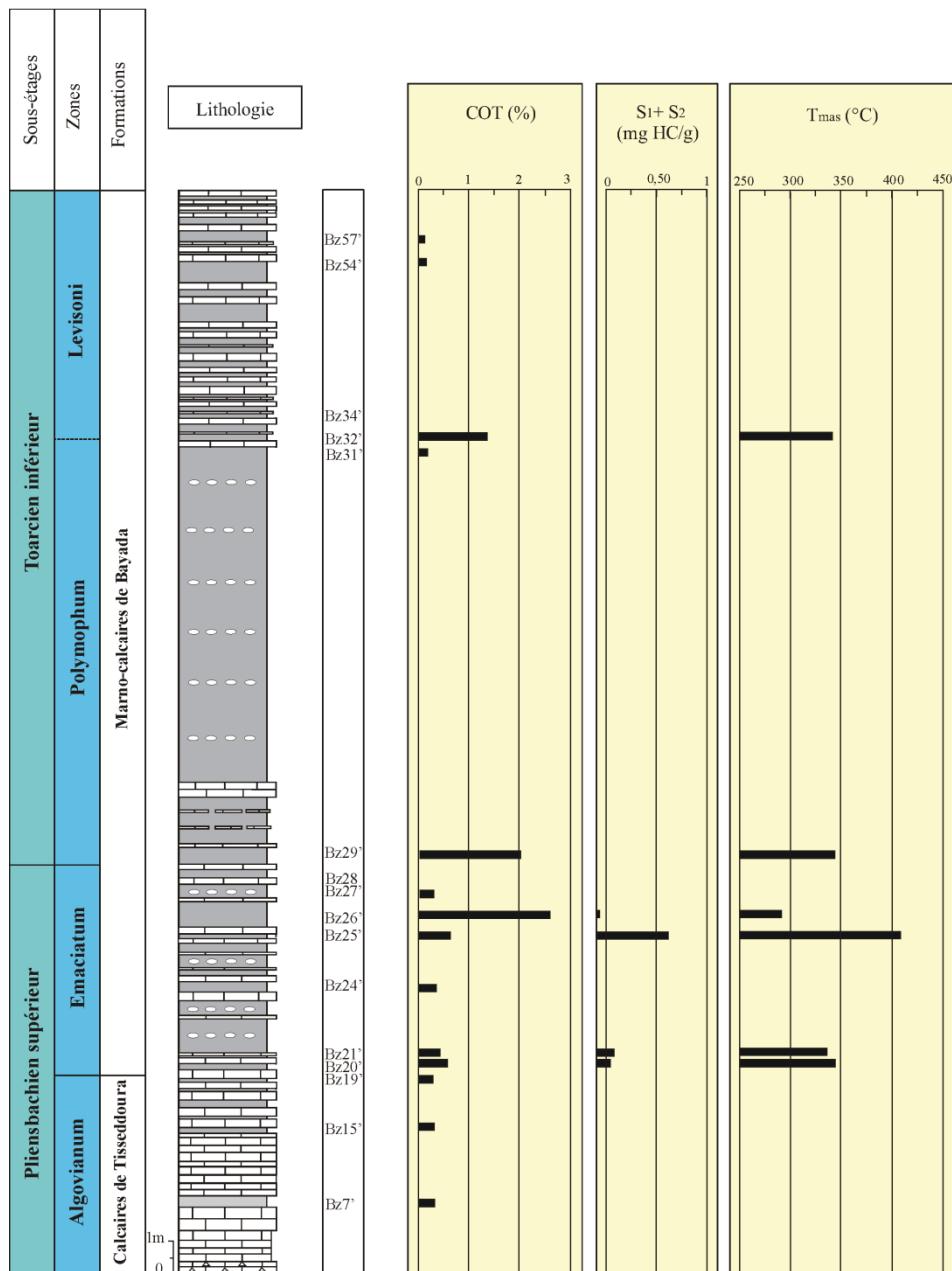


Fig. 10- Distribution verticale des principaux paramètres géochimiques.

### 3. la maturation thermique (Tmax)

Dans les six (6) échantillons de la formation des « Marno-calcaires de Bayada », les valeurs maximales de la Tmax à 416 °C indiquent que la matière organique est immature (diagenèse thermique faible) comme le montre bien les observations optiques qui donne un IAT de 2 à 2,5.

### 4. le potentiel pétrolier de la roche (S<sub>1</sub> + S<sub>2</sub>)

Ce paramètre est marqué par une valeur maximale de 0,71 mg d'hydrocarbure par g de roche au niveau de l'échantillon (Bz25').

### 5. l'indice d'altération thermique (IAT)

L'indice d'altération thermique des trois (3) échantillons mesuré au microscope optique est estimé entre 2 et 2,5.

Il est à noter que le calcul des rapports IH/IO des trois échantillons Bz20', Bz21' et Bz25' a permis de caractériser le type de la matière organique (MO) et son degré de maturité en le situant dans le diagramme de Van Krevelen (fig. 11). Ainsi, nous remarquons que seul l'échantillon Bz25' présente un faible potentiel pétrolier. Le kérogène qui est de type III est représenté par un palynomorphe d'origine continentale, composé de la matière organique amorphe, de débris de végétaux, des spores, des grains de pollen et d'algues (fig. 12).

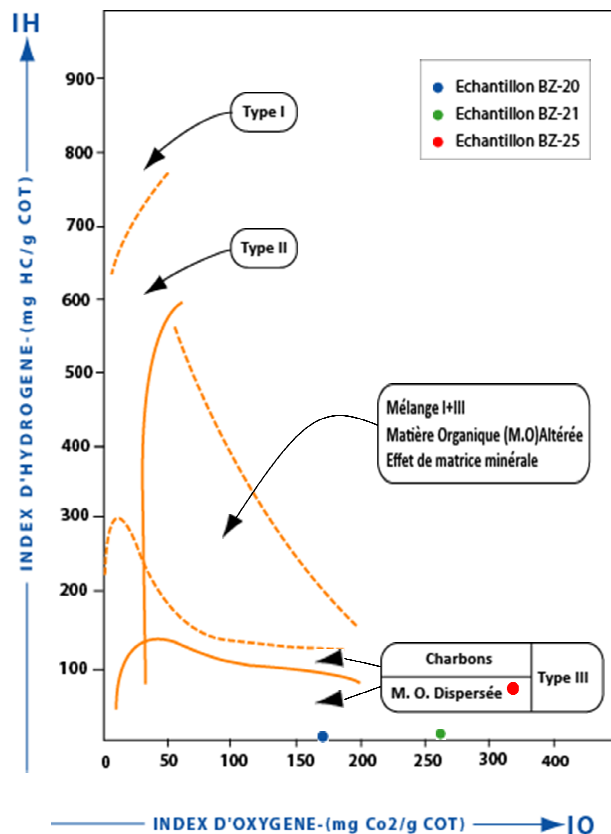


Fig. 11- Teneur et répartition de la matière organique de la section de Benzerka dans le diagramme IH-IO.

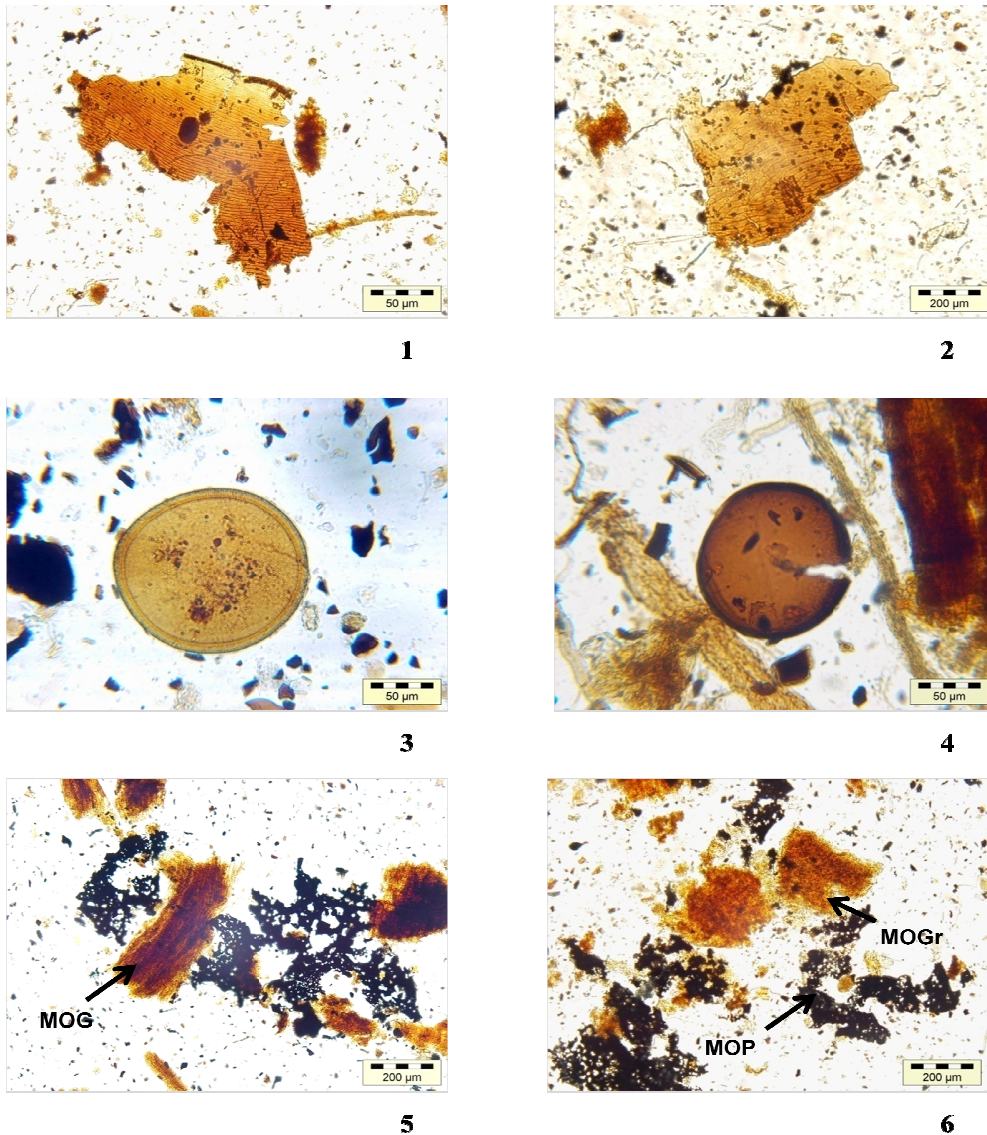


Fig. 12- Exemple d'un palynofaciès des « Marno-calcaires de Bayada », Pliensbachien supérieur, Ech. Bz25'.

1 et 2: Fragment de végétaux (cuticule) ; 3 : Algue de type *Tythodiscus* sp., 4 : Algue de type *Tasmanites* sp., notons le degré de la matière organique ; 5 : Matière organique gélifiée (MOG) ; 6 : Matière grumeleuse (MOGr) et pelliculaire (MOP).

### C. Conclusion

L'étude du contenu en matière organique de la section de Benzerka a permis d'identifier une matière organique résiduelle ou d'origine continentale dispersée et souvent altérée (fig. 12). La présence des débris des végétaux (pl. 3, fig. 7 et 8), des spores et des pollens confirme probablement l'origine détritique de cette matière organique. Toutefois, il apparaît nécessaire d'étudier d'autres échantillons pour pouvoir se prononcer sur l'importance des conditions anoxiques qui permettaient la préservation de la matière organique.



## CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES

### I. CONCLUSIONS GENERALES

A l'échelle du domaine téthysien, le passage Pliensbachien-Toarcien a été largement étudié sur le plan paléontologique, sédimentologique et géochimique. Les principaux évènements enregistrés çà et là sont en particulier, l'accumulation accrue de la matière organique (Jenkyns, 1988 ; Baudin, 1995), accompagnée de changements climatiques importants (Bailey *et al.*, 2003).

Dans ce modeste travail, nous avons essayé à travers l'étude pluridisciplinaire du passage Pliensbachien supérieur – Toarcien inférieur de la section de Benzerka (Traras septentrionaux) d'apporter des informations nouvelles sur l'extension régionale et/ou globale des événements précités. Ainsi, les principaux résultats obtenus seront ici brièvement résumés.

#### A. Palynologie

Pour la première fois en Algérie, une étude palynologique a été réalisée sur le passage Pliensbachien supérieur – Toarcien inférieur. Elle a permis d'identifier : neuf (09) spores de Ptéridophytes, douze (12) Gymnospermes, un (1) acritarce et quatre (4) algues. Certains spécimens sont restés en nomenclature ouverte, en raison du manque des spécialistes. Les associations palynologiques de plusieurs taxons ont permis de proposer deux écozones pour l'intervalle Pliensbachien supérieur-Toarcien inférieur. Cette proposition mérite d'être confirmée ultérieurement. Dans la section considérée, les associations palynologiques montrent une prédominance des éléments terrestres représentés par les spores et les grains de pollen, sous un climat probablement chaud.

#### B. Sédimentologie

L'approche sédimentologique a été consacrée à l'analyse minéralogique des inter-bancs argileux par DRX. Ainsi, l'interprétation du cortège minéralogique de la section de Benzerka montre une prédominance d'illite et de la vermiculite qui témoignent en faveur de l'érosion directe de la roche mère (complexe granitique de Nedroma). Par ailleurs, l'évolution verticale des minéraux argileux et non argileux a permis de tracer une coupure dite minéralogique entre le Pliensbachien et le Toarcien. Une telle coupure constitue une réponse à un événement géodynamique global lié à l'évolution de la Téthys.

#### C. Géochimie

Dans la section de Benzerka, les données géochimiques (COT et la Pyrolyse Rock-Eval) ont révélé l'existence d'une matière organique (MO) immature, d'origine continentale. Bien que la quantité de cette matière organique soit très faible cela n'exclut pas la présence d'une phase anoxique au passage Pliensbachien-Toarcien qui mérite aujourd'hui d'être confirmée par des analyses complémentaires.

## II. PERSPECTIVES

Suite aux premiers résultats palynologiques obtenus dans ce travail, quelques perspectives nous apparaissent :

- Etablir un PALYNO-DATA pour l'intervalle Pliensbachien-Toarcien dans les bassins mésozoïques algériens.
- Compléter cette étude palynologique par des levés d'autres sections appartenant à des domaines paléogéographiques différents.
- Valider les écozones proposées en cherchant des espèces sporopolliniques index dans les bassins sud téthysiens.
- Confirmer la présence d'une crise anoxique au passage Pliensbachien-Toarcien dans les domaines tlemcenien et pré-atlasique.
- Caractériser la nature de la matière organique accumulée durant la période Pliensbachien supérieur-Toarcien inférieur dans l'ensemble du bassin des Traras.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AADJOUR M., SLIMANI H., FEDAN B., ELZAROUG R.F., RASUL S., THUSU B. & MORABET A.** (2005)- Palynostratigraphie des dépôts jurassico-crétacés des sondages MAC-1 (bassin de Doukkala) et ADM-1 (bassin d'Essaouira), Ouest du Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, n° 27, pp. 1-15.
- AMEUR M.** (1988) - Histoire d'une plate-forme carbonatée de la marge Sud-Téthysienne: L'autochtone des Traras (Algérie occidentale) du Trias supérieur jusqu'au Bathonien moyen. *Thèse Doct. d'État Es Sciences, Univ. Cl. Bernard, Lyon I*, 551 p., 188 fig., 24 pl.
- BAILEY T.R, ROSENTAL Y., Mc ARTHUR J.M., VAN DE SCHOOTBRUGGE B. & THIRLWALL M.F.** (2003)- Paleooceanographic changes of the Late Pliensbachian-Early Toarcian interval: a possible link to the genesis of an Oceanic Anoxic Event. *Earth and Planetary Science Letters*, n° 212, pp. 307-320.
- BARRON E., COMAS-RENGIFO M.J. & TRINCAO P.** (1999)- Estudio palinológico del tránsito Pliensbachense – Toarciense en la Rambla del Salto (Sierra Palomera, Teruel, España). *Cuadernos de Geología Ibérica*. n° 25, pp. 171-187.
- BARRON E., URETA S., GOY A. & LASSALETTA L.** (2010)- Palynology of the Toarcian-Aalenian Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) at Fuentelsaz (Lower-Middle Jurassic, Iberian Range, Spain). *Review of Palaeobotany and Palynology*, n° 162, pp. 11-28.
- BASSOULLET J.P., LACHKAR G., BAUDIN F., BENSILI K., BLANC Ph., BOUTAKIOUT M., DEPECHE F., ELMI S. & RUGET C.** (1991)- Stratigraphie intégrée dans le Toarcien du Maroc (rides sud-rifaines et Moyen Atlas). *Bull. Soc. géol. France*, t. 162, n°5, pp. 825-839.
- BAUDIN F.** (1995)- Depositional controls on Mesozoic source rocks in the Tethys. In: Paleogeography, Paleoclimate, and Source Rocks. A.Y. Huc (Ed.), *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, n° 40, pp. 191-211.
- BAUDIN F., HERBIN J.P. & VANDENBROUCKE M.** (1989)- Mapping and geochemical characterization of the Toarcian organic matter in the Mediterranean Tethys and Middle East. *Organic Geochemistry*, n° 16, pp. 677-687.
- BAUDIN F., TRIBOVILLARD N. & TRICHET J.** (2007)- Géologie de la matière organique. *Collection Interactions, Ed. Vuibert*, 263 p.

- BIENS P. & MAGLOIRE L.** (1966)- Echelle palynologique du Mésozoïque d'Algérie. *Rapport S.N. REPAL*, 3 p.
- BORGES M.E.N., RIDING J.B., FERNANDES P. & PEREIRA Z.** (2011)- The Jurassic (Pliensbachian to Kimmeridgian) palynology of the Algarve Basin and the Carrapateira outlier, southern Portugal. *Review of Palaeobotany and Palynology*, n° 163, pp. 190–204.
- BUCEFALO PALLIANI R. & RIDING J.B.** (2003)- Biostratigraphy, provincialism and evolution of European Early Jurassic (Pliensbachian to Early Toarcian) Dinoflagellate Cysts. *Palynology*, n° 27, pp. 179-214.
- COMBAZ A.** (1980)- « Les kérogènes vus au microscope ». In : B. Duran (Ed.). Kerogen, insoluble organic matter from sedimentary rocks, *Technip*, pp. 55-111.
- CORREIA M.** (1969)- Contribution à la recherche de zones favorables à la genèse du pétrole par l'observation microscopique de la matière organique figurée. *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, n°24, pp. 1417-1454.
- CORSIN P.M., LAVEINE J.P., LEVET-CARETTE J. & LOBOZIAK S.** (1965)- Sur la classification des spores et des pollens du Carbonifères au Lias de P. Corsin, J. Carette, J. Danzé et J.P. Laveine. Mise au point et application. *Annales de la Société Géologique du Nord*, Lille, t. 85, p. 327-336.
- COURTINAT B.** (1977)- Introduction à l'étude palynologique du gisement de Creys (Isère). *Dipl. D.E.A.*, Univ. Claude Bernard, Lyon 1, 73 p., 4 pl.
- COURTINAT B.** (1989)- Les organoclastes des formations lithologiques du Malm dans le Jura méridional. Systématique, biostratigraphie et éléments d'interprétation paléoécologique. *Ducum. Lab. Géol. Lyon*, n° 105, 361 p., 99 fig., 35 pl.
- COURTINAT B. & LE MARREC A.** (1986)- Nouvelles données palynologiques sur les «couches rouges» (Jurassique moyen) de la région de Demnat (Haut-Atlas, Maroc). *Bull. Inst. Sci. Rabat*, n° 10, pp. 15-20.
- COURTINAT B., MALARTRE F. & GIRAUD F.** (1998)- Le Rhétien en région lyonnaise : analyse palynologique. *Géologie de la France*, n° 1, pp. 3-19, 9 fig.
- COURTINAT B. & SEBBAN S.** (1987)- Palynologie du sondage OT 6 Bis (Autuno-Stéphanien) dans le Haouz oriental de Marrakech. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, n° 11, pp. 97-101.
- DAVIES E.H.** (1983)- The dinoflagellate opeel-zonation of the Jurassic-lower Cretaceous sequence in the Sverdrup Basin, Arctic Canada. *Geol. Surv. Canada, Ottawa, Bull.*, n° 359, pp. 1-58.
- EHRENBERG C.G.** (1838)- Über das Massenverhältniss der jetzt lebenden Kiesel-Infusorien und über ein neues Infusorien-Conglomerat als Polirschiefer von Jastraba in Ungarn. *Abh. Akad. Wiss. Berlin*, pp.109-135, pl.1-2.

- EISENACK A.** (1931)- Neue Mikrofossilien des baltischen Silurs IV. *Palaont. Zeitschr.* n°13, pp. 74-118, 5 pl.
- ELMI S.** (2007)- Pliensbachian/Toarcian boundary: the proposed GSSP of Peniche (Portugal). In R.B. ROCHA (Ed), *The Peniche section (Portugal). Contribution to the definition of the Toarcian GSSP*, pp. 7-16, 2 fig.
- ELMI S., MAROK A., SEBANE A. & ALMERAS Y.** (2009)- Importance of the Mellala section (Traras Mountains, NW Algeria) for the correlations of the Pliensbachian/Toarcian boundary. *Volumina Jurassica*. n° VII, pp. 37-45.
- EVITT W.R.** (1963)- Occurrence Of Freshwater alga *Pediastrum* in Cretaceous marine sediments. *American Journal of Science*, n° 261, pp. 890-893.
- FELIX C.J.** (1965)- Neogene Tasmanites and Leiospheres from southern Louisiana, USA, *Palaeontology*, vol. 8, Part 1, pp. 16-26.
- GALBRUN B., BAUDIN F., BASSOULLET J.P., DEPECHE F., EMMANUEL L., LACHKAR G., RENARD M., RIVELINE J., GABILLY J., HANTZPERGUE P., MANIVIT H. & RUGET Ch.** (1994)- Stratigraphie intégrée du Toarcien stratotypique (coupes de Thouars et Airvault, Deux -Sèvres, France). *GEOBIOS*, M.S. 17, pp. 575-595.
- GOUBIN N.** (1965)- Description et répartition des principaux pollenites permien, triasiques et jurassiques des sondages du bassin de Morondava (Madagascar). *Rev. I.F.P.*, Paris, vol. XX, n° 10, pp. 1415-1461.
- HAMMOUDA S.A. & SOULIMANE C.** (2004)- Biochronologie quantitative des foraminifères du Toarcien (domaine Sud-Téthysien). *Dipl. d'Ingéniorat d'État. Univ. Tlemcen*, 58 p., 45 fig.
- IGMOULLAN B. & DAOUDI L.** (2003)- Utilisation des argiles comme indicateurs d'évènement géodynamique régional : Exemple de la dislocation de la plate-forme liasique du Haut Atlas de Midelt au passage Domérien-Toarcien. *1<sup>er</sup> Symposium Marocain sur les argiles*, Marrakech, p. 49.
- JENKYN H.C.** (1988)- The early Toarcian (Jurassic) anoxic event : stratigraphic, sedimentary and geochemical evidence. *American Journal of Sciences*, n°288, pp. 101-151.
- JENKYN H.C. & CLAYTON C.J.** (1997)-Lower Jurassic epicontinental carbonates and mudstone from England and Wales : chemostratigraphic signals and the early Toarcian anoxic event. *Sedimentology*, n° 44, pp. 687-706.
- JENKYN H.C., GROCKE D.R. & HESSELBO S.P.** (2001)- Nitrogen isotope evidence for water mass denitrification during the early Toarcian (Jurassic) oceanic event. *Paleoceanography*, n° 16, pp. 593-603.

- KOULI K., KAFOUSIA N. & KARAKITSIOS V.** (2010)- Preliminary results of the palynological investigation of the Toarcian deposits of Ionian (Western Greece). *XIX Congress of the Carpathian Balkan Geological Association Thessaloniki*, Greece, pp. 208-209.
- MORBNEY S.J.** (1978)- Late Triassic and Early Jurassic subsurface palynostratigraphy in northwestern Europe. *Palynologia*, Madrid, Num. extraord., 1, pp. 355-365.
- OLIVEIRA L.C.V., DINO R., DUARTE L.V. & PERILLI N.** (2007)-Calcareous nannofossils and palynomorphs from Pliensbachian-Toarcian boundary in Lusitanian basin, Portugal. *Rev. bras. Paleontol.*, n° 10, pp. 5-16.
- OUAHIB Kh.** (2012)- Le passage Pliensbachien-Toarcien dans les Traras septentrionaux (Algérie Nord occidentale). *Mém. Magister*, Univ. Tlemcen, 56 p., 19 fig.
- PALLIANI R.B. & RIDING J.B.** (2003)- Biostratigraphy, Provincialism and evolution of european early Jurassic (Pliensbachian to Early Toarcian) Dinoflagellate cysts. *Palynology*, n° 27, pp. 179-214.
- POCOCK S.A.J. & JANSONIUS J.** (1961)- The pollen *Classopollis* Pflug, 1953. *Micropaleontologie*, New York, vol. 7, n° 4, pp. 439-449.
- POTONIE R. & KREMP G.** (1956)- Die Sporae dispersae des Ruhrkarbons, Teil I-III. *Palaeontographica*, Abt. B, t. 98, pp. 1-136.
- PUJOL C.** (1969)- Etude Palynologique des termes de passage du Jurassique au Crétacé en Aquitaine. *Thèse 3<sup>ème</sup> cycle*, Univ. de Bordeaux, 257 p.
- RAINE J.I., MILDENHALL D.C. & KENNEDY E.M.** (2011)- New Zealand fossil spores and pollen: an illustrated catalogue. 4<sup>th</sup> Ed.. *GNS Science Miscellaneous Series*, no. 4.
- RAYNAUD J.F. & ROBERT P.** (1976)- Les méthodes d'étude optique de la matière organique. *Bulletin du centre de Recherche*, Pau-SNPA, pp. 109-127, 1 fig., 2 tabl.
- REOLID M., RODRIGUEZ-TOVAR F.J., MAROK A. & SEBANE A.** (2012b)- The Toarcian Oceanic Anoxic Event in the Western Saharan Atlas, Algeria (North African Paleomargin : role of anoxia and productivity. *Geological Society of America bulletin*. n° 30585, pp. 1-19.
- REOLID M., SEBANE A., RODRIGUEZ-TOVAR F.J. & MAROK A.** (2012a)- Foraminiferal morphogroups as a tool to approach the Toarcian Anoxic Event in the Western Saharan Atlas (Algeria). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, n° 323-325, pp. 87-99.
- REYRE Y.** (1973)- «Palynologie du Mésozoïque saharien». Traitement des données par l'informatique et applications à la stratigraphie et à la sédimentologie. *Mém. Mus. National, Hist. Naturel.*, Tome XXVII, 284, XLVIII pl.

- SAH S.C.D. & JAIN K.P.** (1965)- Jurassic spores and pollen grains from the Rajmahal Hills, Bihar, India with a discussion on the age of the Rajmahal intertrappean Beds. *The Palaeobotanist*, Lucknow, vol. 13, n° 3, pp. 264-290.
- SEBANE A., MAROK A. & ELMI S.** (2007)- Evolution des peuplements de foraminifères pendant la crise toarcienne à l'exemple des données des monts des ksour (Atlas saharien occidental, Algérie). *C.R. Palevol.* n° 6, pp. 189-196.
- STAPLIN F.L.** (1969)-Sedimentary organic matter, organic metamorphism and oil and gas occurrence. *Bull. Canadian Petroleum Geology*, vol. 17, n° 1, pp.47-66, 2 fig. 1 pl.
- TAUGOURDEAU-LANTZ J.** (1968)- Premier aperçu sur les Tasmanacées Françaises. *Bulletin de la Société géologique de France*, sér. 7, t. X, pp. 159-167.
- TCHENAR S.** (2004)- Etude des ostracodes liasiques de la partie occidentale des Traras septentrionaux (Algérie nord occidentale). *Mém. Magister*, Univ. Oran, 137 p., 14 fig., 8 tabl.
- TRAVERSE A.** (2007)- Paleopalynology, Second Edition, *Springer*, 813 p.
- VAKHRAMEEV V.A.** (1970)- Range and paleoecology of mesozoic conifers, the *Cheirolepidiaceae*, *Paleont., J.*, Washington, n° 1, pp. 12-25
- Van ERVE A.W.** (1977)- Palynological investigation in the Lower Jurassic of the Vicentinian Alps (Northeastern Italy). *Review of Palaeobotany and Palynology*, n° 23, pp. 1-117.
- WALL D.** (1965)- Microplankton, pollen and spores from the lower Jurassic in Britain. *Micropaleontology*, vol. 11 (2), pp. 151-190.
- WOOLLAM R. & RIDING J.B.** (1983)- Dinoflagellate cyst zonation of the English jurassic. *Inst. Geol. Sci.*, Londres, Report 83/2, pp.1-41.
- ZIAJA J.** (2006)- Lower Jurassic spores and pollen grains from Odrowaz. Mesozoic margin of the Holy Cross Mountains, Poland. *Acta Palaeobotanica*, n° 46 (1), pp. 3-83.

## LISTE DES FIGURES

Fig. 1	Principaux groupes de particules organiques observés lors de l'analyse d'un palynofaciès (d'après Combaz, 1980 <i>in</i> Durand, 1980) .....	10
Fig. 2	Emplacement de la section de Benzerka (voir étoile) .....	26
Fig. 3	Carte géologique des Monts des Traras ( <i>in</i> Hammouda & Soulimane, 2004).....	27
Fig. 4	Section de Benzerka (secteur d'Aïn Killoun, Traras septentrionaux) .....	28
Fig. 5	Distribution verticale des palynomorphes dans la section de Benzerka .....	54
Fig. 6	Analyse quantitative des principaux groupes de palynomorphes dans la section de Benzerka .....	56
Fig. 7	Reconstitution Paléoenvironnementale de quelques palynomorphes étudiés...	57
Fig. 8	Evolution verticale des minéraux argileux dans la section de Benzerka .....	62
Fig. 9	Evolution verticale des minéraux non argileux dans la section de Benzerka .	63
Fig. 10	Distribution verticale des principaux paramètres géochimiques .....	65
Fig. 11	Teneur et répartition de la matière organique de la section de Benzerka dans le diagramme IH-IO .....	66
Fig. 12	Exemple d'un palynofaciès des « Marno-calcaires de Bayada », Pliensbachien supérieur, Ech. Bz25' .....	67



## LISTE DES TABLEAUX

Tabl. 1	Classification des roches en fonction du (%) en <b>Carbone Organique Total</b> .	15
Tabl. 2	Quantité des hydrocarbures (HC) issue du craquage du kérogène (mg d'HC/ g de roche) .....	16
Tabl. 3	Types de la matière organique .....	17
Tabl. 4	Valeurs de l'indice d'hydrogène (IH) .....	18
Tabl. 5	Valeurs des IH en fonction du type de la matière organique .....	18
Tabl. 6	Valeurs de l'indice d'oxygène (IO) .....	18
Tabl. 7	Valeurs du potentiel pétrolier de la roche .....	19
Tabl. 8	Distribution des palynomorphes du Pliensbachien supérieur-Toarcien inférieur dans la section de Peniche (Bassin Lusitanien, Portugal) .....	20
Tabl. 9	Classification des spores et pollens (d'après Potonie & Kremp, 1956) .....	24
Tabl.10	Classification des spores et pollens (d'après Pujol, 1969) .....	25
Tabl. 11	Spores identifiées et leurs affinités botaniques .....	48
Tabl. 12	Pollens identifiés et leurs affinités botaniques .....	49
Tabl. 13	Acritarce identifié et son affinité botanique .....	50
Tabl. 14	Algues identifiées et leurs affinités botaniques.....	52
Tabl. 15	Teneurs en matière organique des échantillons de la section de Benzerka (voir la position des échantillons sur la figure 10) .....	64

## PLANCHE 1

Fig. 1- *Retverrusporites tenuis* Döring, 1964  
Ech. Bz7'. Barre d'échelle = 100 µm

Fig. 2- *Cyathidites australis* Couper, 1953  
Ech. Bz31'. Barre d'échelle = 200 µm

Fig. 3- *Cyathidites minor* Couper, 1953  
Ech. Bz31'. Barre d'échelle = 100 µm

Fig. 4- *Verrucosisporites* sp.  
Ech. Bz20'. Barre d'échelle = 100 µm

Fig. 5- *Reticulatisporites castellatus* Pocock, 1962  
Ech. Bz20'. Barre d'échelle = 200 µm

Fig. 6- *Reticulatisporites* sp.  
Ech. Bz7. Barre d'échelle = 100 µm

Fig. 7- *Lycopodiumsporites reticulatum* (Couper, 1953), Evans, 1970 (Rouse 1959)  
Ech. Bz15'. Barre d'échelle = 100 µm

Fig. 8- *Lycopodiumsporites clavatoides* Couper, 1958  
Ech. Bz31'. Barre d'échelle = 100 µm

## PLANCHE 2

Fig. 1- *Zonalapollenites* sp.

Ech. Bz20'. Barre d'échelle = 100 µm

Fig. 2- *Perinopollinites* sp.

Ech. Bz25'. Barre d'échelle = 100 µm

Fig. 3- *Classopollis torosus* (Reissinger, 1950)

Ech. Bz34'. Barre d'échelle = 200 µm

Fig. 4- *Inaperturopollenites* sp.

Ech. Bz20'. Barre d'échelle = 200 µm

Fig. 5- *Araucariacites liasicus* Cookson, 1947

Ech. Bz21'. Barre d'échelle = 100 µm

Fig. 6- *Spheripollenites subgranulatus* Couper, 1958

Ech. Bz15'. Barre d'échelle = 100 µm

Fig. 7- *Exesipollenites* sp.

Ech. Bz32'. Barre d'échelle = 100 µm

Fig. 8- *Monosulcites* sp.

Ech. Bz20'. Barre d'échelle = 100 µm

### PLANCHE 3

Fig. 1- *Micrhystridium* sp.

Ech. Bz20'. Barre d'échelle = 100 µm

Fig. 2- *Tasmanites* sp.

Ech. Bz7'. Barre d'échelle = 500 µm

Fig. 3- *Thythydiscus* sp.

Ech. Bz19'. Barre d'échelle = 200 µm

Fig. 4- *Botryococcus* sp.

Ech. Bz31'. Barre d'échelle = 500 µm

Fig. 5- *Prasinophytes* sp.

Ech. Bz7'. Barre d'échelle = 100 µm

Fig. 6- *Scolécodontes*

Ech. Bz20'. Barre d'échelle = 100 µm

Fig. 7- Débris végétal

Ech. Bz7'. Barre d'échelle = 500 µm

Fig. 8- Fragment de vaisseau végétal

Ech. Bz24'. Barre d'échelle = 500 µm



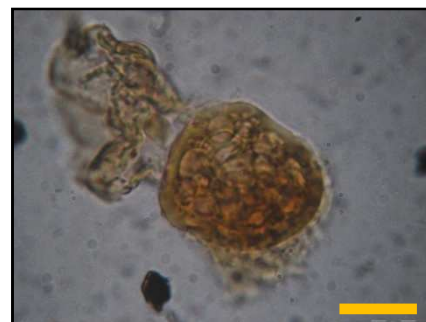
1



2



3



4



5



6



7



8



1



2



3



4



5



6



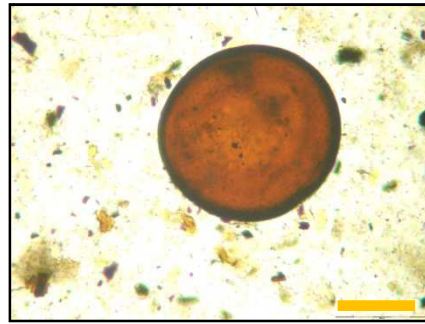
7



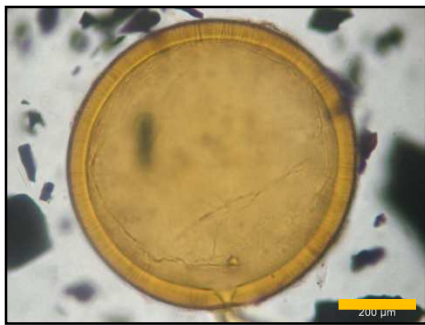
8



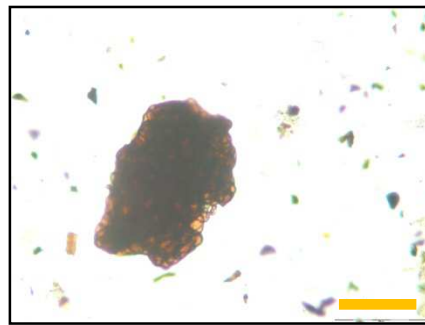
1



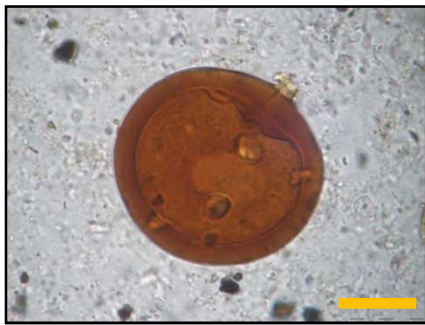
2



3



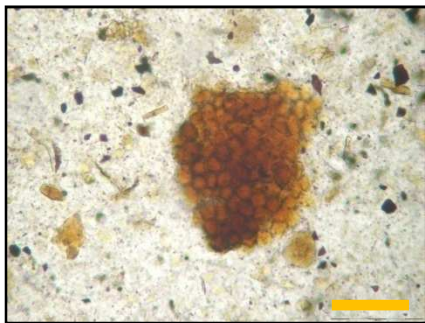
4



5



6



7



8

## ملخص

بمقطع الجيولوجي لبن زركة (جبال الترابرة، شمال غرب الجزائر) قمنا بجمع (15) عينة خلال الفترة بلانسباكيان الأعلى - توارسيان الأسفل و ذلك من أجل دراسة حبوب اللقاح المعدنية و الجيوكيميائية. إن اللازهريات الغير معروفة لحد الآن في الأحواض الجزائرية هي محفوظة جيدا. إنها تتكون من (09) اللازهريات الوعائية، (12) عاريات البذور، (01) أكريتاش، (04) طحالب. إن التحليل النوعي و الكمي لتجمعات حبوب اللقاح سمح لنا بوضع الفاصل بين البلانسباكيان الأعلى و التوارسيان الأسفل. إنه سيتم فيما بعد التأكد من خلال توزيع المعادن الطينية على وضع هذا الفاصل الزمني.

و أخيرا، إن دراسة المواد العضوية في هذا الفاصل الزمني يدل على وجود مرحلة نقص الأكسجين و التي تحتاج إلى التأكيد و ذلك بالإستعانة بمقاطع جيولوجية أخرى. إستنادا للمعطيات الجيوكيميائية (COT, الإنحلال الحراري للصخور EVAL) وجدنا أن المادة العضوية غير ناضجة و من أصل قاري.

**الكلمات المفتاحية:** بن زركة، الترابرة، الجزائر، بلانسباكيان، توارسيان، علم حبوب اللقاح، علم المعادن، المواد العضوية، COT، الإنحلال الحراري للصخور EVAL.

## RESUME

Dans la section de Benzerka (Monts des Traras, Algérie nord occidentale), quinze (15) échantillons ont été récoltés durant l'intervalle Pliensbachien supérieur-Toarcien inférieur pour une étude palynologique, minéralogique et géochimique. Ainsi, les palynomorphes encore inconnus de cette période des bassins algériens sont bien conservés. Ils sont composés de (09) spores de Ptéridophytes, (12) Gymnospermes, (01) acritarce et (04) algues. L'analyse qualitative et quantitative des assemblages palynologiques a permis de tracer une coupure entre le Pliensbachien supérieur et le Toarcien inférieur. Cette même coupure sera confirmée plus tard par la répartition des minéraux argileux.

Enfin, l'étude de la matière organique (MO) dans cet intervalle chronologique témoigne de l'existence d'une phase anoxique qui mérite d'être confirmée par le lever d'autres sections. D'après les données géochimiques (COT et la Pyrolyse Rock-Eval), il s'agit d'une matière organique immature, d'origine continentale.

**Mots-clés :** Benzerka, Traras, Algérie, Pliensbachien, Toarcien, Palynologie, Minéralogie, MO, COT, Pyrolyse Rock-Eval.

## ABSTRACT

In the Benzerka section (Traras Mountains, North-Western Algeria), fifteen (15) samples were collected from the Upper Pliensbachian-Lower Toarcian interval for palynological, mineralogical and geochemical study. Thus, the unknown palynomorphs in the algerian basins during this period are well preserved. They consist of nine (09) spores of Pteridophyta, twelve (12) gymnosperms, one (01) acritarce and four (04) algae. The qualitative and quantitative analysis of pollen assemblages allowed to establish a limit between the Upper Pliensbachian and Lower Toarcian. This boundary will be confirmed later by the distribution of clay minerals.

Finally, the study of organic matter (OM) in this time interval indicates the existence of an anoxic phase which should be confirmed by others sections studies. According to geochemical data (TOC and Rock-Eval Pyrolysis), this organic matter is immature and of continental origin.

**Key-words :** Benzerka, Traras, Algeria, Pliensbachian, Toarcian, Palynology, Mineralogy, OM, TOC, Rock-Eval Pyrolysis.