

# SOMMAIRE

<i>Dédicace</i> .....	<b>i</b>
<b>Avant-propos</b> .....	<b>ii</b>
<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>iv</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>PARTIE 1 : GENERALITES</b> .....	<b>4</b>
I. Crétacé de la marge ivoirienne.....	4
I.1 Cadre géographique du bassin sédimentaire ivoirien .....	5
I.2 Cadre géologique du bassin sédimentaire ivoirien .....	6
I.3 Origine du bassin sédimentaire ivoirien.....	7
I.4 Géologie structurale du bassin sédimentaire ivoirien .....	8
II. Notion de palynofaciès .....	11
III. Palynomorphes d'origine marine .....	12
IV. Palynomorphes d'origine continentale.....	28
V. Géochimie organique.....	32
<b>PARTIE 2 : MATERIEL ET METHODES</b> .....	<b>35</b>
Chapitre I : Données de sondages étudiés .....	35
Chapitre II : Méthodes analytiques .....	38
II.1 Extraction des palynomorphes.....	38
II.2. Analyse des constituants de la matière organique .....	39
<b>PARTIE 3 : RESULTATS ET DISCUSSIONS</b> .....	<b>45</b>
Chapitre I : Biostratigraphie des sondages .....	45
Introduction .....	45
I.1 Albien.....	45
I.2 Cénomanién .....	50
I.3 Sénonien inférieur-Turonien .....	58
I.4 Campanien .....	67
I.5 Maastrichtien.....	71
Chapitre II : Études comparatives et synthèse biostratigraphique .....	74
II.1 Études comparatives : le sondage SE1d .....	74
II.2 Synthèse biostratigraphique.....	87
Chapitre IV : Abondance relative des constituants des palynofaciès.....	93

IV.1 Albien.....	93
IV.2 Cénomanién.....	94
IV.3 Sénonien inférieur .....	97
IV.4 Campanien.....	99
Chapitre V : Analyses des échantillons au Rock-Eval 6 .....	101
V.1 Teneur en carbone organique total (TOC).....	101
V.2 Type de matière organique .....	102
V.3 Maturité thermique .....	103
Chapitre VI : Synthèse paléoenvironnementale basée sur les palynofaciès et l'analyse géochimique .....	104
VI.1 Albien.....	104
VI.2 Cénomanién.....	104
VI.3 Turonien .....	105
VI.4 Sénonien inférieur .....	105
VI.5 Campanien.....	106
VI.6 Maastrichtien.....	107
<b>CONCLUSIONS GENERALES.....</b>	<b>109</b>
<b>PERSPECTIVES.....</b>	<b>116</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>120</b>
<b>ANNEXE - A : Liste des espèces des kystes de dinoflagellés.....</b>	<b>138</b>
<b>ANNEXE - B : Liste des espèces des spores et grains de pollen.....</b>	<b>140</b>
<b>ANNEXE - C : Systématique des kystes de dinoflagellés .....</b>	<b>147</b>
<b>ANNEXE - D : Fiche des analyses des échantillons de carottes au Rock-Eval 6.....</b>	<b>163</b>
<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS.....</b>	<b>164</b>
<b>TABLE DES TABLEAUX .....</b>	<b>166</b>
<b>RESUME.....</b>	<b>167</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>168</b>
<b>ATLAS DES PALYNOMORPHES DU BASSIN IVOIRIEN .....</b>	<b>169</b>
<b>ILLUSTRATIONS DU PALYNOFACIES.....</b>	<b>230</b>
<b>RESUME.....</b>	<b>233</b>



# INTRODUCTION

Les nombreux travaux d'exploration pétrolière effectués depuis la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle dans le Golfe de Guinée ont permis d'identifier d'importantes ressources pétrolières à point qu'aujourd'hui, cette région représente environ 7% des réserves mondiales en offshore. Vers l'ouest, le bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire possède des ressources limitées mais suffisantes pour constituer un des piliers de l'économie du pays. La découverte très récente d'importantes réserves suggère que le potentiel de la marge ivoirienne n'est pas encore totalement connu. Des travaux géologiques fondamentaux comme la description de la structure ou le détail de l'architecture stratigraphique doivent être approfondis. Les approches contemporaines d'études biostratigraphiques et paléoenvironnementales font partie des outils indispensables à ce travail d'investigation.

Le découpage biostratigraphique utilisé couramment par les compagnies pétrolières est fondé sur les spores et grains de pollen, les kystes de dinoflagellés, les foraminifères et les coccolithes. Les calages des échelles dans les standards internationaux ne sont pas tous cohérentes et compatibles et peu de données ont été publiées ou synthétisées à l'échelle de la marge, et encore moins à des échelles plus larges.

En effet, les travaux palynologiques antérieurs menés dans le bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire, et d'autres bassins marginaux du Golfe de Guinée, ont permis d'établir des échelles biostratigraphiques, opérationnelles pour l'exploitation, mais incomplètes et parfois incohérentes entre elles et avec les résultats obtenus sur d'autres marqueurs chronologiques (Figure 1). Des études de foraminifères, palynomorphes et nannofossiles, produites au cours des activités d'exploration pétrolière dans le bassin par le Centre d'Analyses et de Recherche de PETROCI (Société National des Opérations Pétrolières de la Côte d'Ivoire), sur plus de 200 forages, sont disponibles pour proposer un cadre chronostratigraphique unifié à l'échelle de la marge. Notre travail contribuera à mettre en harmonie les connaissances opérationnelles des travaux ayant fait l'objet d'étude par le Département Biostratigraphie du Centre d'Analyses et de Recherche de PETROCI avec les données scientifiques actuelles sur la biostratigraphie, les paléoenvironnements portées par la matière organique, les spores, les grains de pollen et les kystes de dinoflagellés dans le bassin sédimentaire ivoirien. Une mise en cohérence des différentes sources et d'un cadre biostratigraphique et paléoenvironnemental unifié serait une avancée majeure.

		Jardiné et Magloire, 1965	PETROCI et Beicip, 1990	N' Da, Yao et Attéba, 1992	Digbéhi et al., 1996	Masure et al., 1998	Oboh-Ikuenobe et al., 1998	Téa-Yassi et al., 1999	Digbéhi et al., 2011	Sánchez-Pellicer et al., 2017	Cette Étude
<b>DANIEN</b>						6 17	6			6	
<b>MAAST.</b>	<b>SUP.</b>				6	18					6
	<b>INF.</b>				10	19		18 20			10
<b>CAMP.</b>	<b>SUP.</b>		6 7	10							
	<b>INF.</b>										6 18 20 21
<b>SÉNONIEN INF.</b>	<b>SANTO.</b>	1	8	11 12							7
	<b>CONIA.</b>										1 11 17 19
<b>TURONIEN</b>											8 12
<b>CÉNOM.</b>	<b>SUP.</b>	2 3							6		
	<b>MOY.</b>	4 5									
	<b>INF.</b>										2 5 9
<b>ALBIEN</b>	<b>SUP.</b>										
	<b>MOY.</b>										3 4

Figure 1 : Travaux palynologiques antérieurs et comparaison des chartes biostratigraphiques du Crétacé du bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire (Golfe de Guinée). Les numéros de la figure indiquent les marqueurs d'âge utilisés pour reconnaître le toit des unités.

Les carrés 1 = Sporomorphes et les carrés 21 Dinokystes.

Un centre clair indique une **FDO** (First Downhole Occurrence) des espèces et les centres pleins 6 une **LDO** (Last Downhole Occurrence) d'une espèce.

1 *Droseridites senonicus*, 2 *Triorites africaensis*, 3 *Elaterosporites protensus*, 4 *Elaterosporites verrucatus*, 5 *Elaterosporites klaszii*, 6 *Andalusiella* spp., 7 *Oligosphaeridium irregularea*  
8 *Cretacaeisporites scabratus*, 9 *Galeacornea clavis*, 10 *Buttinia andrevii*, 11 *Tricolpites giganteus*, 12 *Cretacaeisporites mulleri*, 13 *Pemphixipollenites inequixinus*, 14 *Elaterocolpites castelani*, 15 *Galeacornea causea*, 16 *Appendicisporites potomacensis*, 17 *Florentinia radiculata*, 18 *Trichodinium castanea*, 19 *Oligosphaeridium pulcherrimum*, 20 *Circulodinium distinctum*, 21 *nipontidinium grande*

Ce travail s'intègre dans un programme de recherche de certification de travaux inédits, internes de PETROCI et ayant pour but l'établissement d'une échelle biostratigraphique des kystes de dinoflagellés et sporomorphes pour l'Albo/Aptien et le Crétacé supérieur. Les objectifs spécifiques sont :

- la réalisation d'un inventaire complet de la diversité des kystes de dinoflagellés et sporomorphes présents dans l'Albo/Aptien et le Crétacé supérieur, en actualisant la systématique au regard des travaux obtenus dans le bassin de Côte d'Ivoire mais plus généralement à l'échelle du Golfe de Guinée et des marges de l'Atlantique ;
- la caractérisation de la valeur stratigraphique des espèces de kystes de dinoflagellés et sporomorphes pour cet intervalle stratigraphique et la sélection des taxons qui, seuls ou en association, offrent les meilleurs atouts pour la datation des sondages, ainsi que l'établissement d'une nouvelle échelle biostratigraphique ;
- la réalisation des reconstitutions des paléoenvironnements à partir des résultats de l'analyse palynologique (pourcentages relatifs des différents constituants des palynofaciès) ainsi que par des propriétés de la matière organique ;
- la réalisation d'une synthèse paléobiogéographie globale des kystes de dinoflagellés et sporomorphes, basée sur les résultats obtenus.

Pour atteindre nos objectifs, notre mémoire de thèse est organisé en trois grandes parties :

- Une première partie de synthèses bibliographiques, qui vise à faire le point sur la connaissance de la géologie régionale et des dépôts du Crétacé en particulier ;
- Une description du matériel et de la méthodologie mise œuvre de l'échantillonnage jusqu'au traitement des données statistiques ;
- La troisième partie présente les analyses et les résultats biostratigraphiques, paléoenvironnementaux et les études de la géochimie organique.

## **PARTIE 1 : GENERALITES**

### **I. Crétacé de la marge ivoirienne**

Située en Afrique de l'Ouest entre 4° et 11° de latitude Nord et 2° et 9° de longitude Ouest et entre l'Équateur et le Tropique du Cancer, la Côte d'Ivoire fait partie de l'Afrique occidentale et couvre une superficie de 322 462 km<sup>2</sup> (Martin, 1977).

La Côte d'Ivoire, dont la forme s'inscrit approximativement dans un carré, est située en bordure du Golfe de Guinée. Elle est bordée à l'Ouest par le Libéria et la Guinée, au Nord par le Mali et le Burkina-Faso et à l'Est par le Ghana. Sa situation géographique en fait un pays de la zone intertropicale, c'est-à-dire de la zone chaude et humide. Appartenant pour sa majeure partie à la vieille plate-forme africaine (Figure 2), la Côte d'Ivoire possède un relief de pénéplaine dont l'altitude varie de 400 m environ au Nord, à moins de 50 m au Sud, pénéplaine vallonnée de collines orientées SSO-NNE. Seule la région de Man, avec des sommets dépassant 1 000 m, mérite le qualificatif de montagneuse. La forêt couvre le Sud du pays (110 000 km<sup>2</sup>) alors que la savane s'étend au Nord (212 000 km<sup>2</sup>) (Martin, 1977).

La géologie de la Côte d'Ivoire se caractérise par un socle d'âge précambrien qui occupe 97,5% du territoire et une couverture sédimentaire réduite (2,5%) d'âge Crétacé inférieur à Actuel et localisée dans la zone côtière, autour de la capitale Abidjan.

Le socle précambrien appartient au craton ouest africain et plus particulièrement à la dorsale de Man ou dorsale de Léo qui, avant l'ouverture de l'Atlantique, était en continuité avec le craton du Brésil (Blarez, 1986 ; Mascle *et al.*, 1987). Cette dorsale est divisée en deux domaines : le domaine Kénéma – Man et le domaine Baoulé – Mossi (Bessoles, 1977) séparés par la faille de Sassandra. Le socle n'est en contact avec la mer que dans l'Ouest du pays, à partir de Sassandra. Il est constitué de roches magmatiques (granites et granitoïdes) et de roches métamorphiques (micaschistes, gneiss ou migmatique, pyroxénite) parfois recoupées par des filons de roches basiques (Kouamelan, 1996).

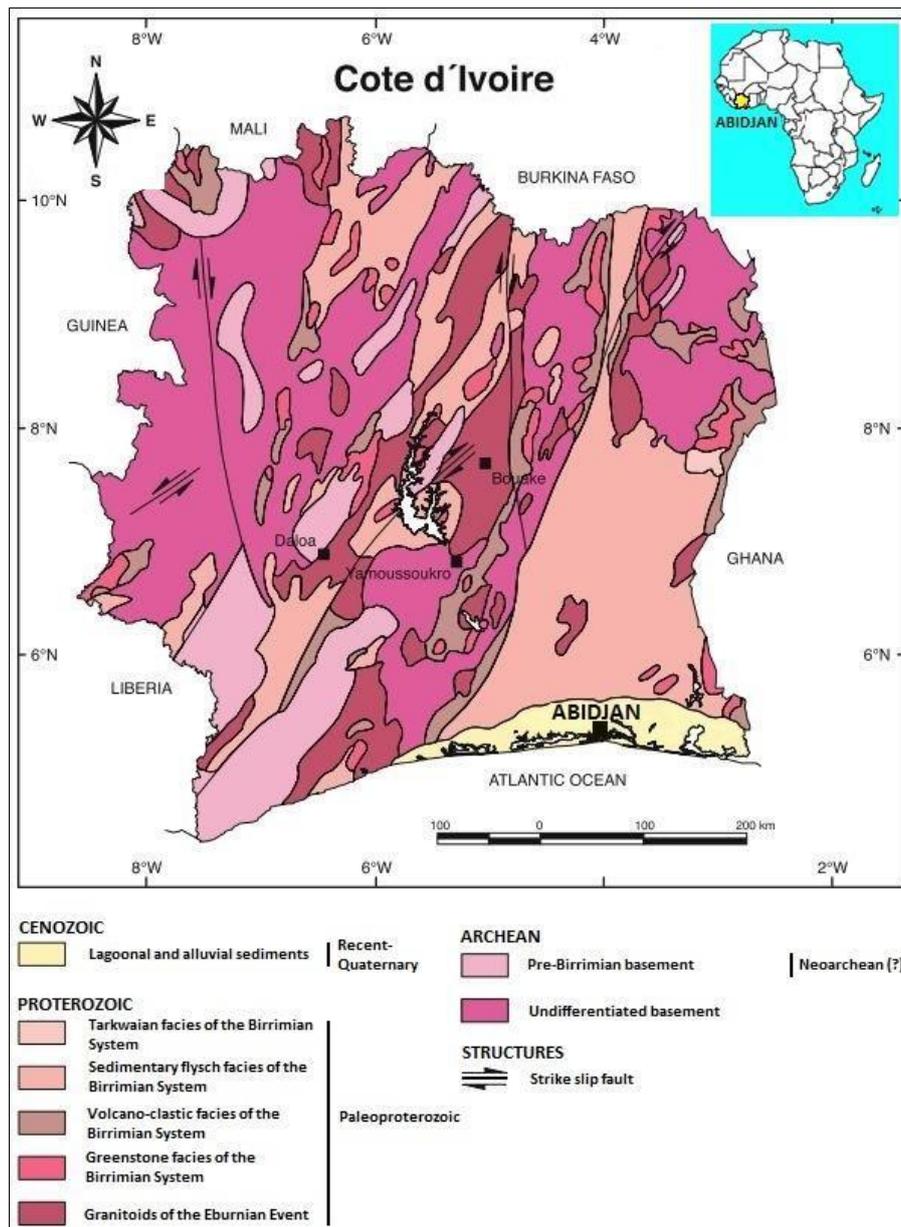


Figure 2 : Aperçu géologique de la Côte d'Ivoire (d'après Gnanzou, 2014, modifié)

### I.1 Cadre géographique du bassin sédimentaire ivoirien

Le bassin ivoirien correspond à une marge passive située dans la partie occidentale du Golfe de Guinée (Figure 3, 4). Créé à la faveur de l'ouverture de l'Océan Atlantique au Crétacé inférieur (106 millions d'années), il s'étend le long de la côte atlantique qui représente la frontière naturelle du pays vers le sud, de Sassandra à la frontière du Ghana avec une superficie totale estimée à 30 000 km<sup>2</sup>. Ce bassin est limité au Nord par les failles transformantes de Saint-Paul et de la Romanche au Sud. Le

bassin comprend deux parties, l'une terrestre (onshore) et l'autre marine (offshore). La partie "onshore" ne représente que 2,5% de celle qui se trouve sur le territoire dont la superficie est de 800 km<sup>2</sup>. La partie "offshore" représente la majeure partie du bassin et s'affiche sur plus de 100 km de large. Elle est subdivisée en deux marges : la marge d'Abidjan à l'Est et la marge de San Pedro à l'Ouest.

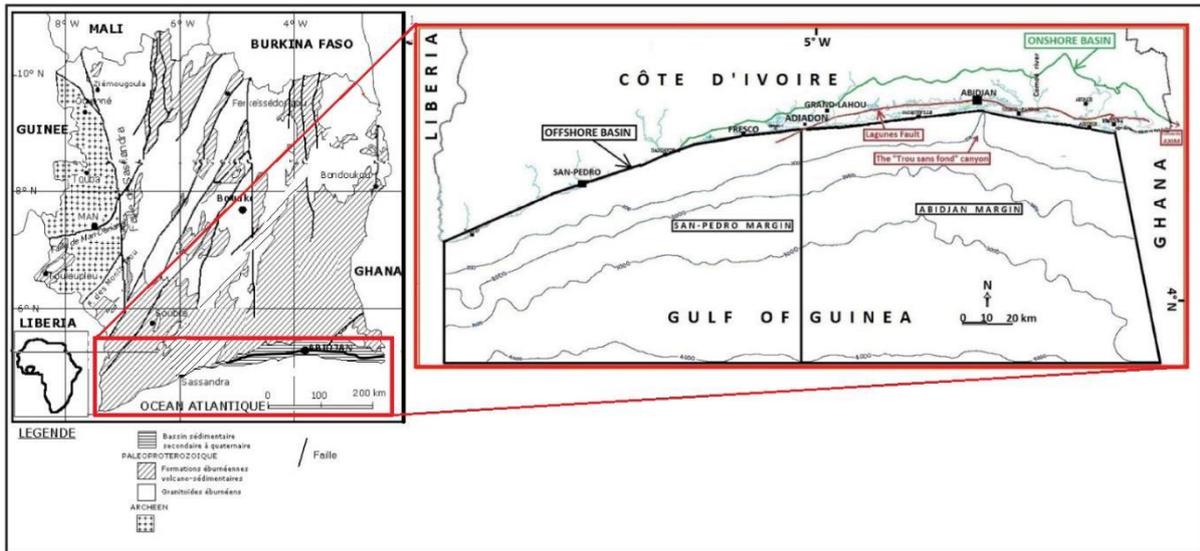


Figure 3 : Principales caractéristiques morphostructurales du bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire (d'après Guédé, 2009)

## I.2 Cadre géologique du bassin sédimentaire ivoirien

Les formations du bassin sédimentaire ivoirien sont d'âge Crétacé à Quaternaire. L'histoire de ce bassin est liée à celle de la fracturation du Gondwana, puis à l'ouverture de l'Atlantique Sud au Crétacé inférieur. Cette ouverture a abouti à la séparation de l'Afrique et de l'Amérique du Sud (Gnanzou, 2014).

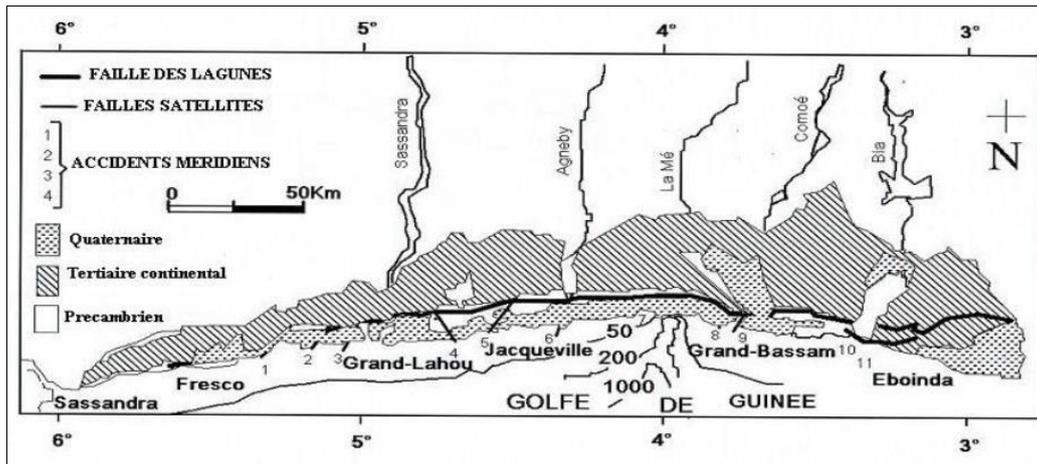


Figure 4 : Carte géologique du bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire (Aka, 1991)

### I.3 Origine du bassin sédimentaire ivoirien

Le bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire s'est formé à la faveur de l'ouverture de l'Atlantique Sud au Mésozoïque (Blarez et Mascle, 1988) (Figure 5).

La mise en place du bassin s'est déroulée en plusieurs étapes :

- une phase d'extension Est-Ouest entraînant la subsidence et la structuration du bassin profond par des failles normales ;
- une phase de mouvements coulissants qui, jusqu'à la limite Albien-Cénomaniens (96,5-93 Ma), se fait entre deux domaines continentaux (Afrique et Amérique du Sud) et qui, à partir du Cénomaniens, a lieu entre le domaine continental africain et le domaine océanique entraînant ainsi la dérive de l'Amérique du Sud par rapport à l'Afrique ;
- la marge transformante devient totalement inactive au Santonien. Le bassin devient alors une marge passive siège d'une subsidence modérée, assez régulière, entrecoupée de réajustements tectoniques favorisant le dépôt de biseaux sédimentaires. Elle est le siège de transgressions et de régressions qui déposeront d'importantes séries marines à partir du Sénonien jusqu'à la fin du Tertiaire ; ;
- au Miocène a lieu un dernier soulèvement qui marque la fin de la sédimentation, purement marine et le début de dépôt continentaux à fluvio-lacustres appelés Continental Terminal sur l'onshore (Figure 5).

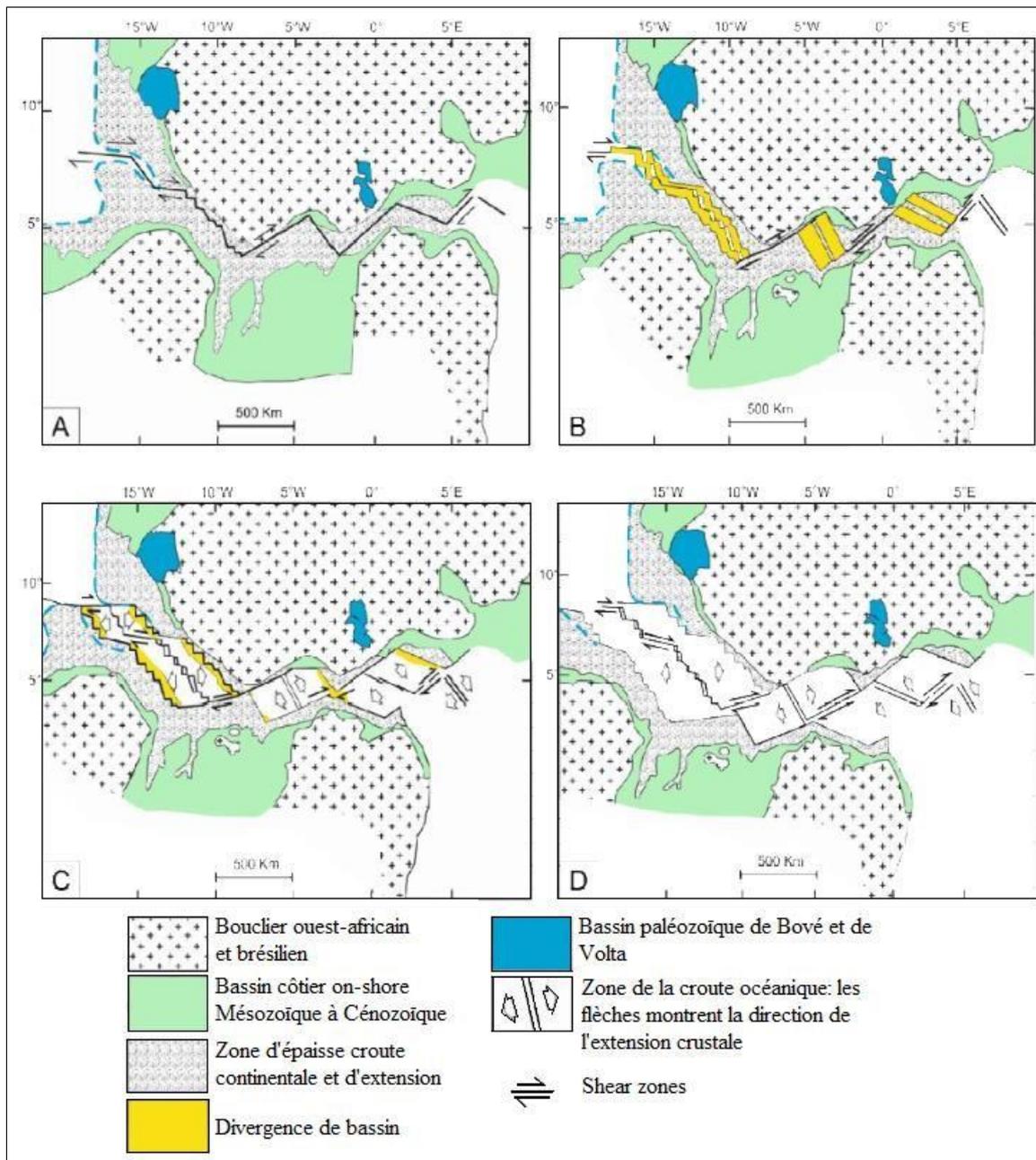


Figure 5 : Différents stades de l'ouverture de l'Atlantique durant le Mésozoïque, A : 133 Ma (avant l'Actuel) ; B : 116 Ma ; C : 100 Ma ; D : 80 Ma (Blarez et Mascle, 1988)

#### I.4 Géologie structurale du bassin sédimentaire ivoirien

Le bassin de la Côte d'Ivoire peut être considéré comme un bassin d'extension à glissement latéral formé par les failles d'extension et de transformation qui ont conduit à la séparation de l'Afrique équatoriale de l'Amérique du Sud au Crétacé inférieur. Les caractéristiques tectoniques les plus

importantes du bassin sont la principale faille côtière et la dorsale Côte d'Ivoire-Ghana. Le cadre structural du bassin offshore (Figure 6) est fortement affecté par ces deux éléments tectoniques (Chierici, 1996).

#### **I.4.1. La principale faille côtière**

La nature de cette structure est assez complexe bien qu'elle soit généralement représentée comme un "arc" divisant le bassin (Chierici, 1996). Une analyse attentive de plusieurs lignes sismiques indique que cette structure se compose de deux systèmes de failles principaux : l'un orienté WSW-ENE et l'autre orienté WNW-ESE. L'énorme différence d'épaisseur des sédiments entre le versant aval (plus de 5000 m) et le versant amont (environ 300 m) suggère une nature partiellement synsédimentaire du fonctionnement de la faille (Gnanzou, 2014).

#### **I.4.2. La crête Côte d'Ivoire-Ghana**

Cette importante structure régionale est un haut-fond orienté WSW-ENE, dont la frontière méridionale correspond au bord du talus continental. La dorsale Côte d'Ivoire-Ghana est interprétée par de nombreux auteurs (Masclé, 1976 ; Sibuet et al., 1978) comme le prolongement de la zone de fracture de la Romanche. Une carotte prélevée sur le dessus a révélé une série allant de sédiments détritiques grossiers d'âge albien inférieur à moyen à 7 m de sédiments récents (Delteil et al., 1974). D'après les lignes sismiques, la crête semble être composée de larges blocs de croûte continentale qui plongent vers le nord-ouest. Son flanc nord est coupé par une série de failles normales parallèles à l'axe de la crête (Gnanzou, 2014 ; Scarselli et al., 2018).

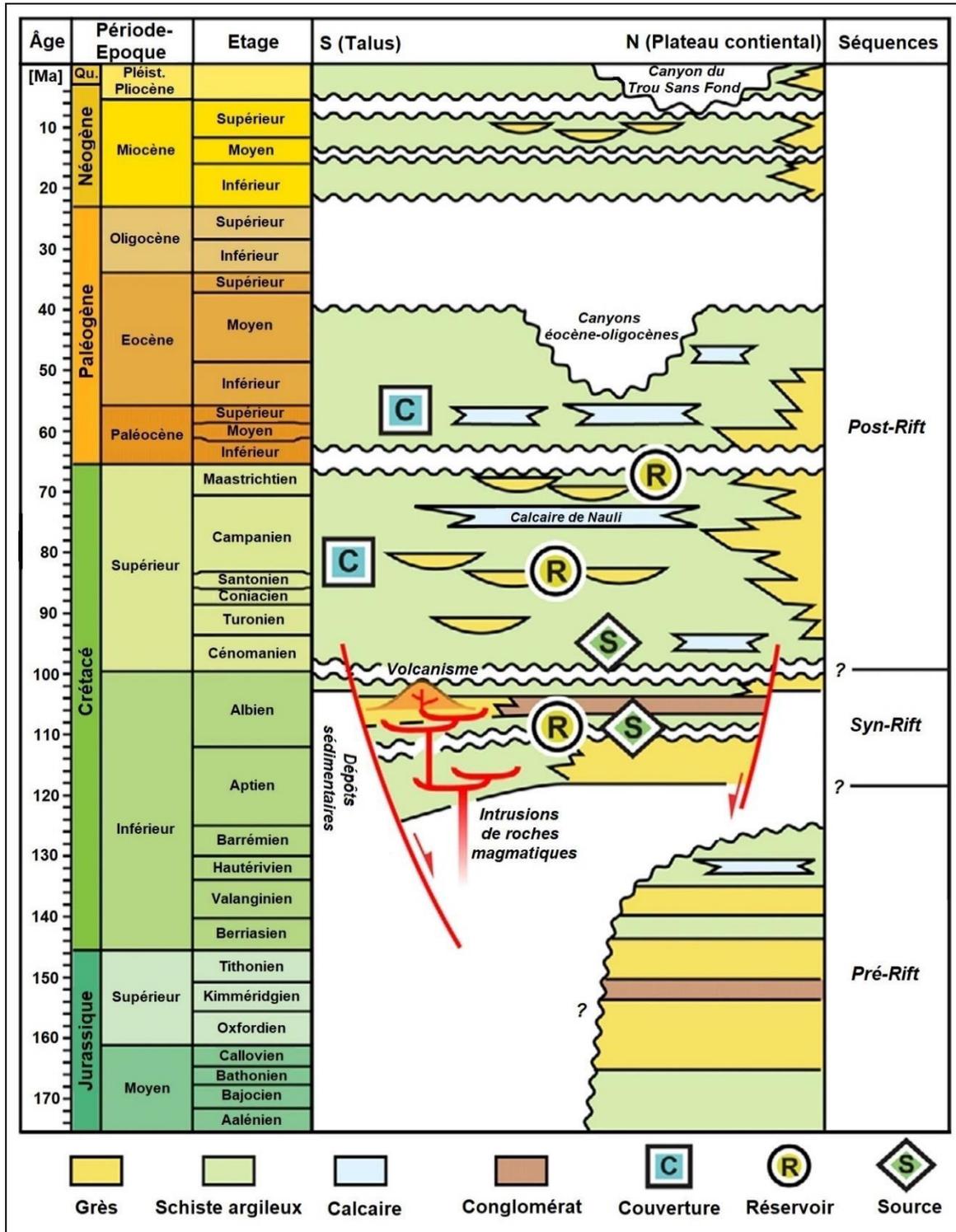


Figure 6 : Cadre tectonique et stratigraphie du bassin sédimentaire Côte d'Ivoire-Ghana (d'après Scarselli *et al.*, 2018).

## II. Notion de palynofaciès

### II.1. Définition

Le terme « palynofaciès » a été créé par Combaz (1964), par analogie au terme du microfaciès. Selon la définition originale, le palynofaciès correspond à « *l'image microscopique globale des constituants organiques d'une roche complémentaire de son "microfaciès", après macération, concentration et montage dans des conditions standards de préparations* » (Combaz, 1964). Le résidu comprend deux phases principales :

- La matière organique (MO) ;
- Les microfossiles organiques ou éléments figurés (EF).

### II.2. Type de la matière organique

Dans la MO on peut distinguer plusieurs types (Raynaud, 1978):

- **Moa** : c'est une matière organique amorphe et autochtone, qui se présente au niveau des lames palynologiques sous formes de « plages », de granules ou sous forme de masses floconneuses, ne montrant aucune structure identifiable ;
- **Mob** : c'est une matière organique constituée de débris de bois et de fragments qui n'ont pas de formes déterminées (généralement allongés) ;
- **Mov** : c'est la matière organique composée de tissus vasculaires et de cellules végétales ;
- **Mox** : c'est la matière organique sombre (noire) charbonneuse, constituée de formes diverses, souvent anguleuses.

### II.3. Microfossiles organiques

Les microfossiles organiques ou palynomorphes ou éléments figurés (EF), ont deux origines :

- Les palynomorphes d'origine continentale représentés par les spores et les grains de pollen ;

- Les palynomorphes d'origine marine représentés par les kystes de dinoflagellés, les acritarches, les tasmanacées et les microforaminifères à tests chitineux ou les membranes basales chitineuses de certains foraminifères à test carbonaté.

### **III. Palynomorphes d'origine marine**

#### **III.1 Dinoflagellés**

Les dinoflagellés constituent une composante importante du phytoplancton actuel. Ce sont des organismes unicellulaires eucaryotes à paroi cellulosique ou minéralisée, dont la taille est comprise entre 20 et 250  $\mu\text{m}$ . Au moins un des stades de développement est constitué par une cellule mobile portant deux flagelles caractéristiques. Ils appartiennent à la division de Pyrrophytes et constituent la classe des Dinophycées.

Les dinoflagellés actuels peuvent être autotrophes (pratiquant la photosynthèse), hétérotrophes (carnivores), mixotrophes (à la fois autotrophes et hétérotrophes), symbiotes ou parasites. La nature organique de leur paroi a été établie dès le milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle. Cependant, ce n'est qu'au milieu du XX<sup>ème</sup> siècle que des techniques modernes d'extraction permettent de les dégager aisément de la roche. Ces techniques ont permis ainsi la découverte de la véritable nature de la plupart des dinoflagellés fossiles : il s'agit de kystes à paroi organique, résistante (Evitt, 1961). Les dinoflagellés fossiles affichent une grande diversité morphologique au cours des temps géologiques. Ils sont souvent présents en abondance dans les roches sédimentaires d'origine marine et constituent des indices biostratigraphiques idéaux, dont a fait largement usage l'industrie de l'exploration pétrolière. La diversité spécifique des kystes de dinoflagellés montre que ce groupe est apparu au Trias supérieur (Fensome *et al.*, 1993). Les extinctions de la fin du Trias ont provoqué un déclin au début du Jurassique, par la suite le groupe a connu jusqu'à l'Eocène une diversité variable mais toujours élevée atteignant le maximum vers la fin du Crétacé et à l'Eocène inférieur. À la fin de l'Éocène, la diversité de ce groupe a connu une période de chute jusqu'à un minimum de 136 genres de kystes de dinoflagellés durant le Pliocène (Figure 9) (Macrae *et al.*, 1996).

### III.1.1. Morphologie des dinoflagellés vivants

Ils sont morphologiquement et biologiquement très variés, et ont en commun un noyau très gros et un appareil chromosomique visible au microscope, des chloroplastes jaunes ou bruns, et deux flagelles orthogonaux à insertion ventrale. L'un axial, raide comme un fouet est logé dans un sillon court : le sulcus. L'autre équatorial, à l'aspect d'un ruban ondulant est engagé dans un sillon spiralé : le cingulum.

Certains dinoflagellés, possèdent une thèque cellulosique épaisse formée de plaques polygonales, perforées, dont le nombre et la tabulation en séries latitudinales est constante au sein de chaque espèce.

Plusieurs systèmes de numérotation ont été proposés. Dans celui de Kofoid, les séries complètes (apicales, précingulaires, postcingulaires et antapicales) sont désignées par les indices [''], [''], [''] et ['']. Les séries cingulaires sont désignées **c** et les intercalaires incomplètes sont désignées par les lettres **a** ou **p**. Dans chaque série, les plaques sont numérotées de 1 à n en partant du sulcus dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et en regardant en vue apicale (Figure 10).

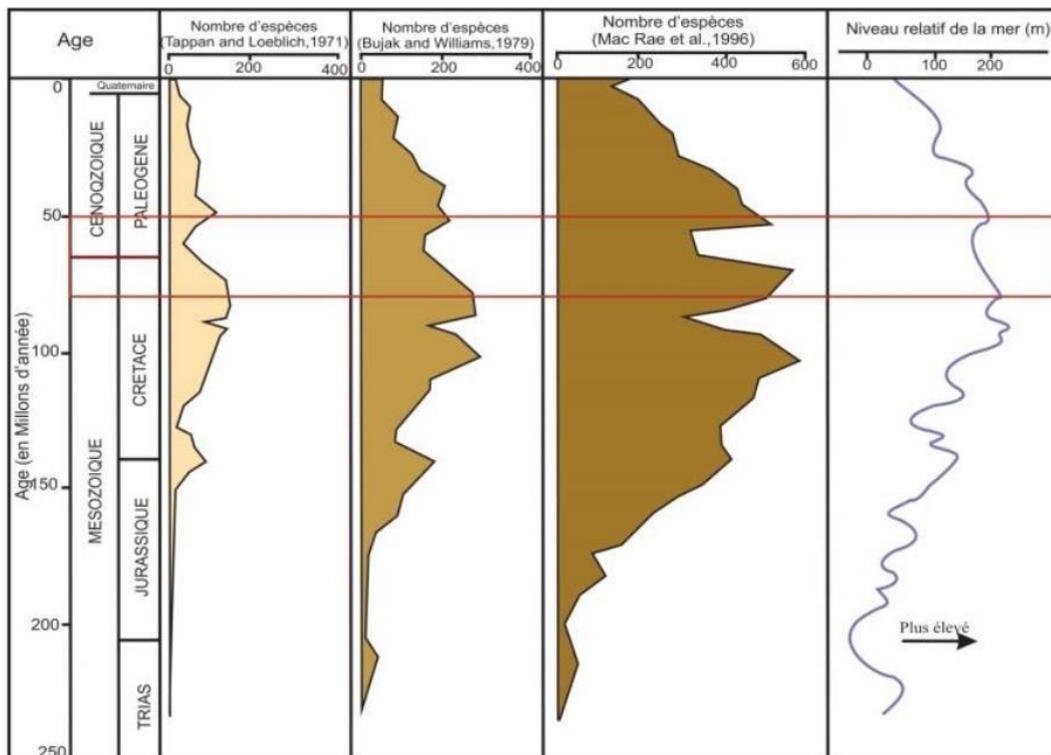


Figure 9: Evolution de la diversité spécifique des kystes de dinoflagellés, au cours des temps géologiques, en rapport avec les changements du niveau marin (Macrae *et al.*, 1996).

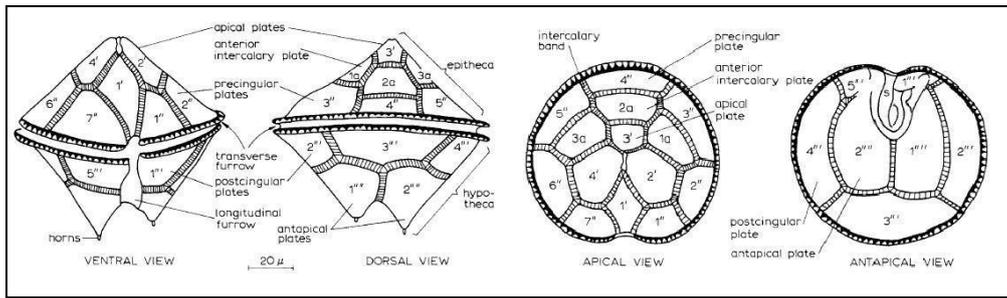


Figure 10: Schéma de la thèque d'une dinophycée illustrant la terminologie et les symboles utilisés proposés par Kofoid pour identifier les différentes plaques (Williams, 1998).

### III.1.2. Classification

La Division des algues Pyrrophytes (dinoflagellés) comporte quatre classes (Figure 11) : les Ebriophycées, les Ellobiophycées, les Desmophycées et les Dinophycées. Le dernier groupe comprend trois ordres qui sont : les Dinophysiales, les Gymnodiniales et les Peridiniales ou Dinoflagellés à thèque. Ces trois ordres sont les seuls connus chez les dinoflagellés fossiles (Williams, 1998).

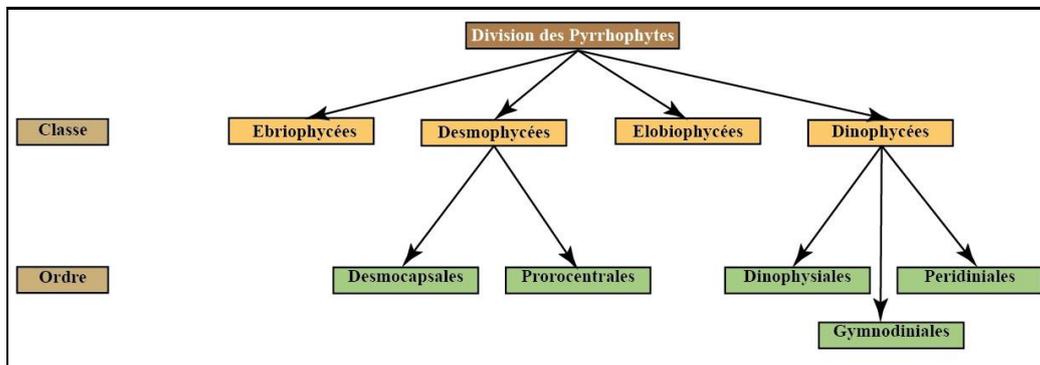


Figure 11: Classification des dinoflagellés (Williams, 1998).

### III.1.3. Cycle de vie

Près de 10 à 20 % des dinoflagellés vivants forment un kyste au cours de leur cycle de vie. Le cycle des dinoflagellés est annuel. Après une période de croissance et de multiplication par mitose de façon asexuée des skyzontes, deux de ces cellules haploïdes fusionnent pour former une cellule diploïde

(Figure 12). Ces cellules à  $2n$  ont deux stades importants : le stade planozygote (mobile) et le stade hypnozygote (immobile). Le dinoflagellé diploïde ( $2n$ ), le planozygote peut s'enkyster à tout moment de l'année. Pendant le stade hypnozygote, il y a contraction de la cellule à l'intérieur de la thèque et formation d'une enveloppe chitineuse en dinosporine (Fensome, 1993), le kyste de résistance. L'enkystement peut être dû à des conditions de vie défavorables (Evitt, 1961). Le kyste après déhiscence de la thèque de son hypnozygote, se dépose dans les sédiments et pourra devenir un dinoflagellé fossile. Après une période de dormance (période de maturation physiologique durant laquelle les kystes en dormance ne peuvent pas germer), le kyste s'ouvre par l'archéopyle. Il en sort une forme gymnodinoïde à un seul flagelle, qui donnera naissance à quatre cellules haploïdes ( $n$ ) par méiose puis mitose qui commenceront ainsi un nouveau cycle.

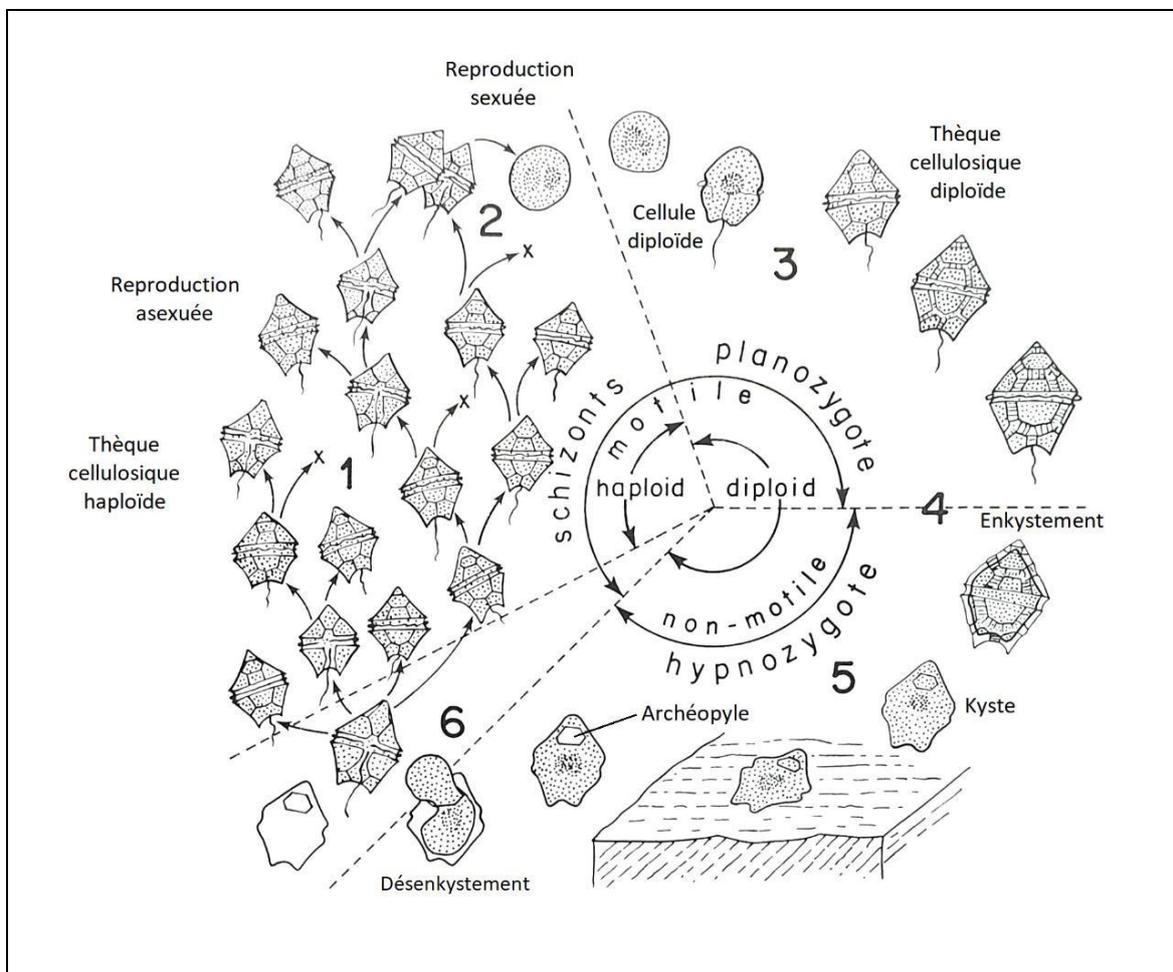


Figure 12: Schéma du cycle biologique simplifié des dinoflagellés (Evitt, 1985).

### **III.1.4. Intérêt des dinoflagellés en géologiques**

Les dinoflagellés ont une enveloppe chitineuse en dinosporine (Fensome, 1993), membrane organique extrêmement résistante et fossilisable d'où leur intérêt particulier en micropaléontologie. Ils peuvent être oxydés mais ne sont pas affectés par la dissolution acide comme les microfossiles à test minéral.

### **III.1.5. Ecologie des dinophycées**

Lorsque les conditions sont favorables, les cellules se multiplient intensément jusqu'à plusieurs millions d'individus par litre d'eau ; et certaines espèces sont connues pour colorer les eaux en rouge (eaux rouges), les rendant toxiques, lorsque leur abondance dépasse un seuil critique. Les dinophycées sont un constituant fondamental du plancton des eaux actuelles.

### **III.1.6. Kystes de dinoflagellés**

Le microscopiste allemand Ehrenberg a été le premier à reconnaître les dinoflagellés fossiles dans des coupes minces de silex du Crétacé en 1837. Pendant longtemps, les palynomorphes à tabulation apparente ont été considérés comme des thèques de cellules biflagellées de péridiniales. D'autres diffèrent par l'absence de tabulation et la présence d'appendices. Ils avaient été rangés dans le groupe des hystrichosphères.

En revanche, tous les fossiles de dinoflagellés sont conservés sous forme de kyste. Ils sont connus tout au long du Méso-Cénozoïque. La plupart des dinoflagellés sont marins et les formes d'eau douce sont connues depuis le Crétacé supérieur. Ils sont abondants dans les argiles, les schistes, les siltites ou les argilites. La forme des kystes fossiles peut ressembler aux kystes actuels ou elle peut être totalement différente.

### **III.1.7. Morphologie des dinokystes**

La morphologie des kystes de dinoflagellés (dinokystes) est très variée. Ils possèdent un archéopyle et des expansions ou des projections en relief, reflétant la structure de la thèque qui leur a donné naissance. Le kyste étant considéré comme formé par condensation avec rétraction par rapport à la thèque. Les principaux caractères morphologiques seront interprétés comme résultant des relations spatiales entre kyste et thèque au moment de l'enkystement (Châteauneuf et Reyre, 1974).

Chaque espèce de dinokystes possède les caractéristiques du dinoflagellé comme la tabulation, le cingulum ou le sulcus. On utilise le préfixe "para" avant chacun de ces termes pour distinguer entre

la morphologie du kyste et celle de la cellule vivante, en ce qui concerne la nomenclature comme paratabulation, paracingulum, parasulcus, paraplaques et parasutures (Figure 13).

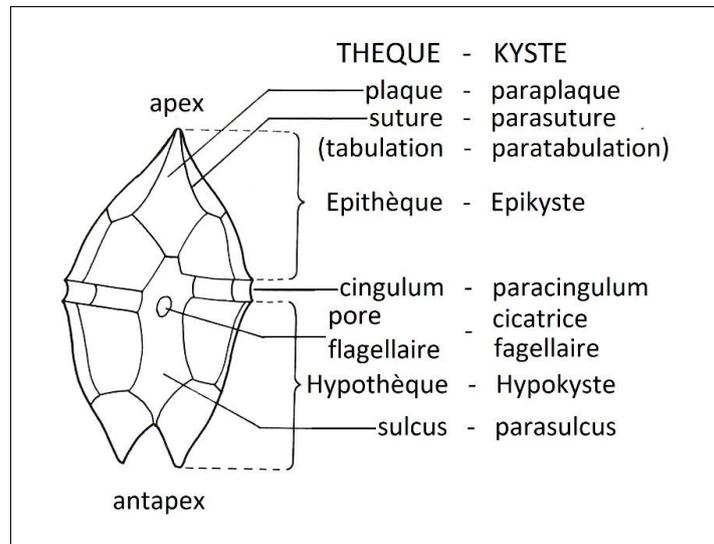


Figure 13 : Rapport entre thèque et kyste de dinoflagellés, terminologie descriptive (Evitt, 1985)

### III.1.8. Critères de détermination des kystes de dinoflagellés

Les critères de détermination des dinokystes adoptés dans le cadre de cette étude se basent sur les éléments morphologiques suivants :

- Archéopyle ;
- Cingulum et sulcus ;
- Tabulations ;
- Contour (présence de cornes) et symétrie ;
- Paroi ;
- Caractères de surface (projections) ;
- Dimensions.

Les variations intragénériques sont souvent importantes, surtout au niveau de la forme générale et de la taille. Les caractères les plus importants sont la nature des projections, la tabulation, l'archéopyle et la paroi.

### III.1.9. Forme générale, cingulum, sulcus, dimensions

La taille varie de 15 à 100  $\mu\text{m}$  en moyenne. La position d'insertion des anciens flagelles est marquée par le croisement du cingulum du sulcus qui détermine la face ventrale, position antéro-postérieure, la zone apicale ou épithèque (Figure 14). La symétrie est bilatérale.

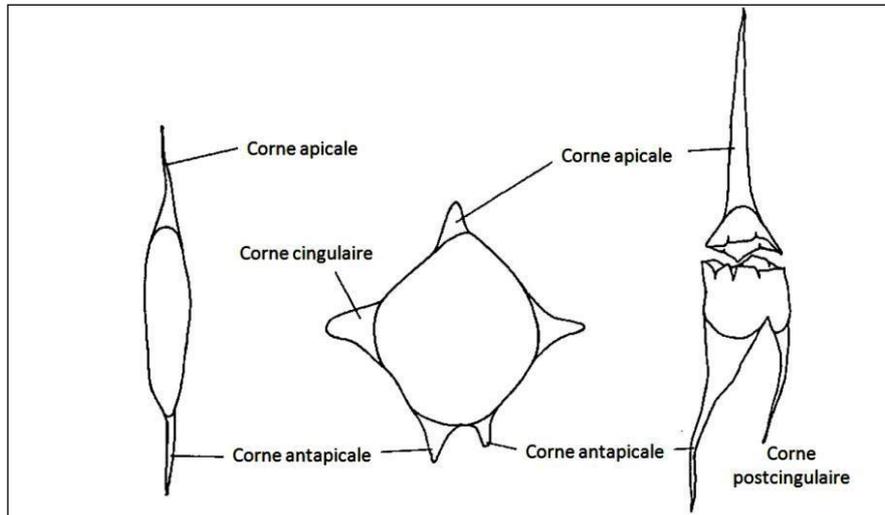


Figure 14 : Différents types de cornes d'un kyste de dinoflagellé (Jan du Chêne *et al.*, 1986).

- Les formes du corps central en coupe transverse chez les kystes de dinoflagellés sont : la forme ovale, elliptique, réniforme et lenticulaire (Figure 15).

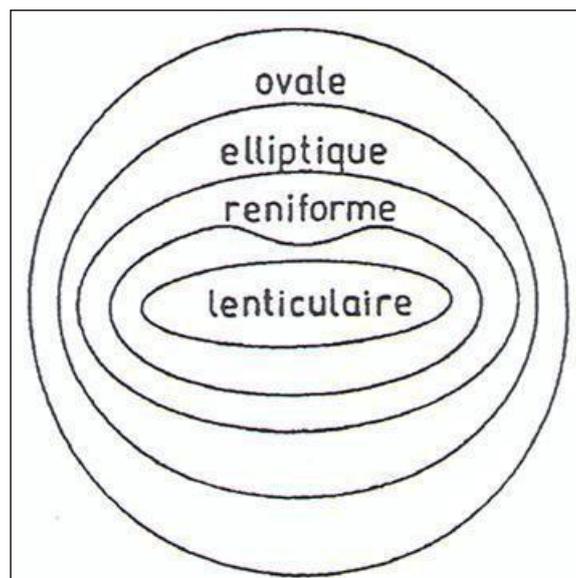


Figure 15: Les formes les plus fréquentes chez les kystes de dinoflagellés (Evitt, 1985).

- Les dimensions jouent également un rôle dans la détermination des kystes de dinoflagellés puisqu'elles varient d'une espèce à une autre.

- Le départ du cingulum est généralement situé à gauche et son extrémité à droite de la cellule. Si les deux extrémités se rejoignent à la même hauteur, le cingulum est dit fermé ; si elles sont décalées, il est dit ouvert. Dans ce dernier cas le cingulum est dit descendant si son extrémité est plus postérieure que son origine, et il est dit ascendant lorsque son extrémité est plus antérieure. Le cingulum peut aussi être croisé quand son extrémité est très déplacée et se retrouve sur la gauche de son origine (Figure 16). Il peut être enfin situé au même niveau que le reste de la cellule et on le qualifie de palizone ou bien creusé en gouttière, et il est dit cavizone (Bérard-Therriault *et al.*, 1999).

- Il y en a trois types principaux de cingulum : dextre (le côté droit est élevé par rapport au côté gauche), senestre (le côté gauche est élevé par rapport au côté droit) et plan (les deux cotés sont à la même ligne et le kyste présente une symétrie bilatérale).

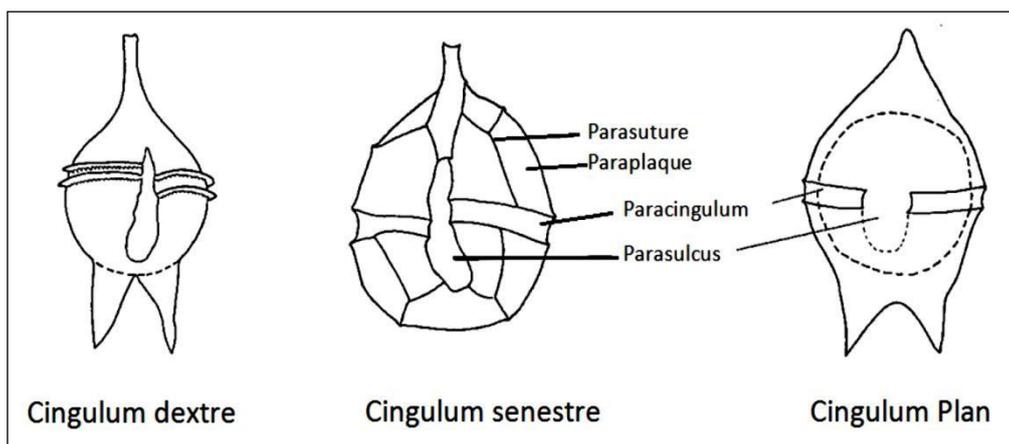


Figure 16: Différents types de paracingulum (Jan du Chêne *et al.*, 1986).

### III.1.10. Forme des projections

Le kyste peut porter des processus et septes, appelés projections qui rappellent la tabulation de la thèque. La position de ces projections par rapport aux plaques et aux sutures de plaques permet de les classer en position tabulaire ou non tabulaire (Figure 17). La tabulation ainsi reconstituée est dite "reflétée".

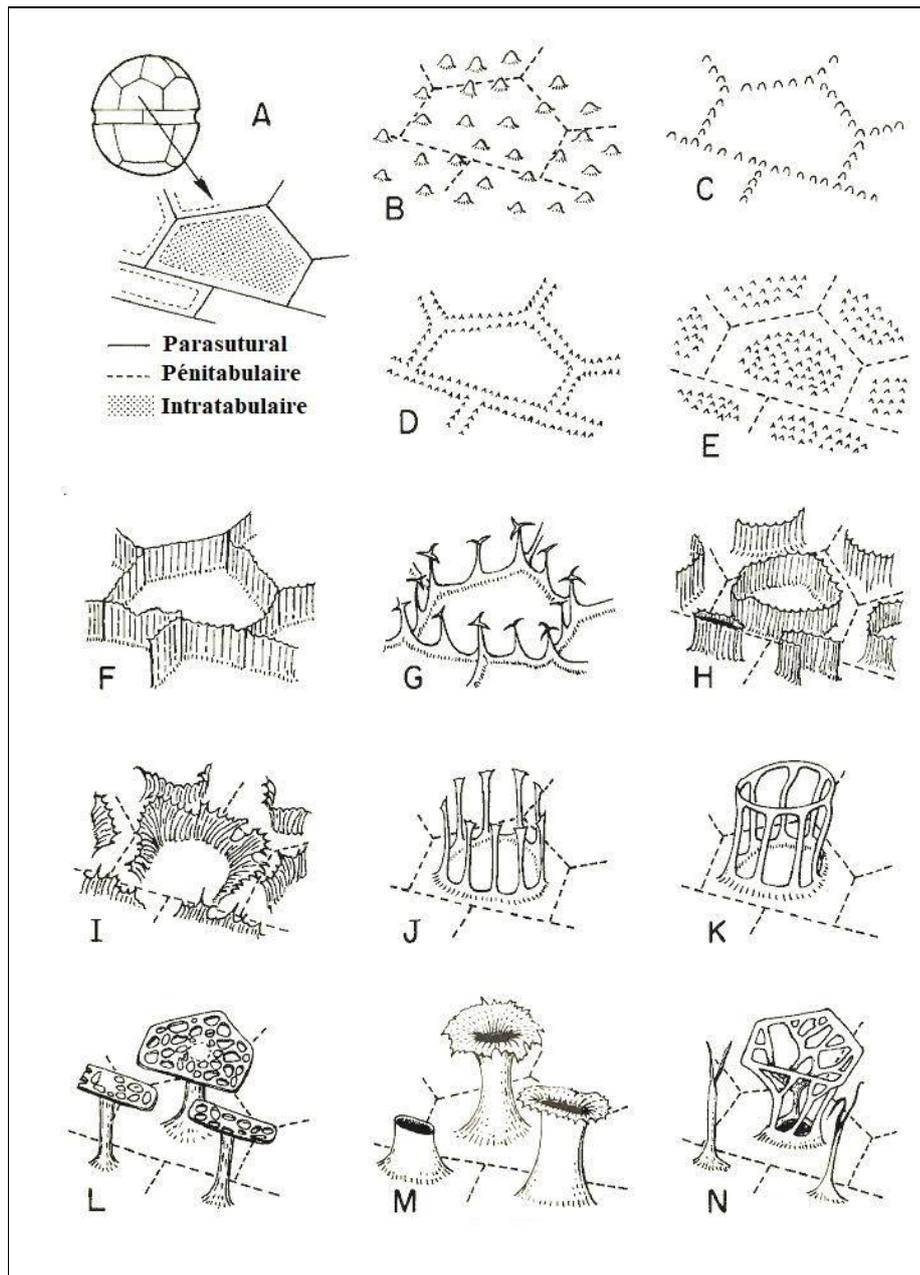


Figure 17 : Ornementation de la surface ou les projections, disposition et formes des processus chez les dinokystes (Evitt, 1985) : A - Vue dorsale schématique d'une thèque (en haut) et vue partielle de la surface dorsale du kyste (en bas) montrant les parasutures représentées par des lignes en pointillés dans les autres figures et pour montrer l'emplacement des ornements parasuturales, pénitabulaires et intratabulaires. Quatre principaux types de distribution : non tabulaire (B), parasuturale (C), pénitabulaire (D) et intratabulaire (E). F - Septes parasuturales. G - Crêtes parasuturales combinées avec des processus goniaux et intergoniaux. H - Septes pénitabulaires fermés. I - Septes pénitabulaires avec interruptions. J - Groupe de processus pénitabulaires à intratabulaires s'élevant à partir d'une crête

basale. K - Groupe de processus pénitabulaires à intratabulaires s'élevant à partir d'une crête basale mais les processus sont unis distalement par un anneau. L - Processus intratabulaires simples solides avec des extrémités élargies en ectophragme perforé. M - Processus intratabulaires simples tubiformes creux. N - Processus complexe (ou groupe de processus) sur les principales paraplaques comparé avec les processus cingulaires.

Les processus sont essentiellement tubulaires ou épineux, tandis que les septes sont membraneuses. Les processus peuvent être situés sur ou à l'intérieur des limites des paraplaques. Ils peuvent être réunis en complexes constituant un ensemble de processus unis sur une même paraplaque, d'une manière proximale, distale ou le long de leur longueur. Tous les processus d'un kyste de dinoflagellé peuvent être similaires ou différenciés. La différence entre les processus n'est pas aléatoire et une même série de paraplaques est souvent caractérisée par un même type de processus. Dans d'autres taxons, quelques séries des paraplaques, comme souvent, les cingulaires, sont dépourvus de processus.

La distribution des septes et des processus permet souvent de déterminer la paratabulation des dinokystes. L'arrangement des formes et des terminaisons des processus sont des caractères morphologiques importants dans la classification générique et spécifique (Williams, 1998).

La nature des projections peut servir de critères secondaires de détermination comme la forme générale et la nature interne (pleine, vide) ou la forme de l'extrémité distale et les anastomoses basales ou distales.

Des projections spéciales peuvent être présentes dans la zone antapicale et en position équatoriale ; il peut se développer des processus distincts par la taille ou la forme qui constitue souvent de bons guides pour l'orientation du kyste.

Comme la longueur des projections est considérée comme résultant du mode de formation du kyste dans la thèque ; elle est utilisée dans un système de classification morphologique : considérant R comme étant le rapport (longueur du processus /diamètre équatorial du corps central du kyste) x100.

La présence ou l'absence de processus et leurs longueurs permettent de reconnaître trois grandes catégories de kystes (Figure 18) qui sont proximates, chorates et proximochorates (Evitt, 1985) : ;

- Le kyste proximate est mis en place contre la thèque. Leurs morphologies sont très semblables ;
- Le kyste n'est pas vraiment tabulé, parce qu'il ne peut pas se dissocier en plaques isolées. La tabulation thécale est indiquée plus ou moins parfaitement à la surface du kyste par un système de crêtes ou de courtes épines ;

- Chez les kystes proximochorates, la paroi est double et elle est composée d'un périphragme épais et spongieux, doublé d'un endophragme mince et dense ;
- Le kyste chorate est plus petit que la thèque, il est initialement relié à celle-ci par un système d'appendices. Leur disposition sur le kyste reflète la tabulation thécale. Les appendices relient le kyste aux sutures (tabulation suturale) ou au centre des plaques (tabulation intratabulaire) de la thèque.

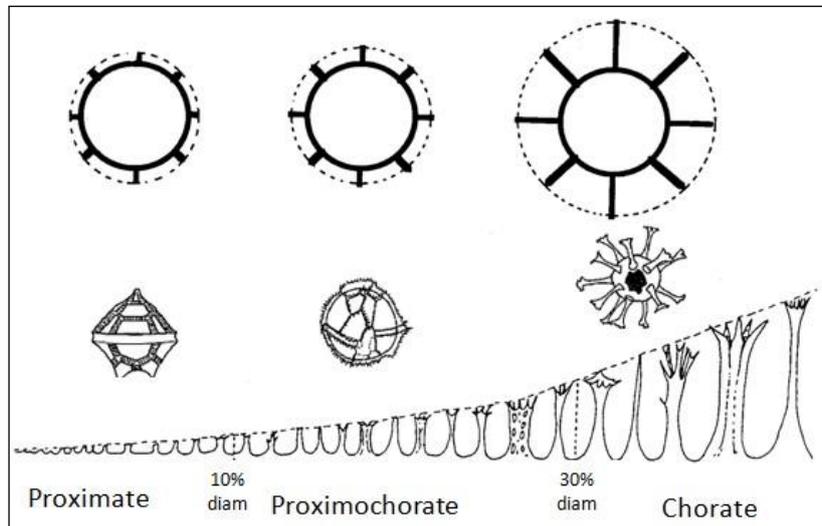


Figure 18: Différents groupes de dinokystes déterminés selon le rapport entre la longueur des processus et le diamètre équatorial du corps central (Sarjeant, 1985).

### III.1.11. Tabulation

Le kyste possède une tabulation comme la thèque, à partir de laquelle il est dérivé et dans ce cas, elle est appelée paratabulation (Figure 19).

Le système alphanumérique utilisé dans le système de Kofoid pour numéroter les plaques de la thèque est également utilisé pour la paratabulation des kystes. De même, les « plaques » dans les kystes sont appelées paraplaques avec les séries des paraplaques principales et intercalaires. La série des paraplaques cingulaires du kyste forment le paracingulum ou la ceinture. Le paracingulum divise le kyste en épikyste et hypokyste. Ces deux derniers termes sont respectivement les équivalents de l'épithèque et hypothèque (Williams, 1998).

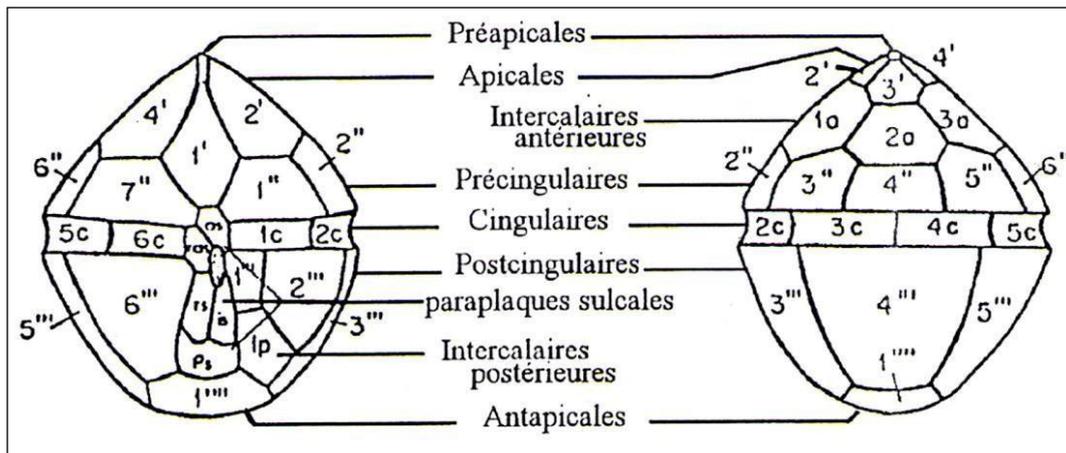


Figure 19: Paratabulation d'un kyste selon le système conventionnel de Kofoid (Evitt, 1985).

Pour les dinoflagellés cuirassés le nombre et l'arrangement des plaques cellulosesiques (tabulation) sont numérotées comme suit : apicale ('), intercalaire (a), péricingulaire (''), cingulaire (c), postcingulaire (''''), intercalaire postérieure (p) et antapicale (''''). La région du pôle apical ou complexe du pôle apical (APC) comprend trois petites plaques (Po, Cp, X). Les plaques sulcales sont notées (s).

### III.1.12. Archéopyle

L'emplacement de l'archéopyle, d'où est sortie la cellule lors du désenkystement, est un caractère constant. C'est parfois une simple fissure disposée le long d'une suture, le plus souvent, son contour est polygonal et correspond à une ou plusieurs plaques. L'opercule peut se détacher ou demeure partiellement attaché au kyste.

Selon sa position dans les séries (Figure 20), l'archéopyle peut être apical (type A), intercalaire (type I), précingulaire (type p) ou combiné (combinant les paraplaques de différentes séries).

Quand l'opercule est attaché au reste du kyste, on ajoute un « a » derrière les paraplaques qui restent attachées au kyste, par exemple type Ia. Les paraplaques de l'opercule composée peuvent rester attachées entre elles, on ajoute une parenthèse autour de ces paraplaques, par exemple type t(A) se dispersent indépendamment les unes des autres, par exemple chez l'archéopyle de type 4A3I (Evitt, 1985).

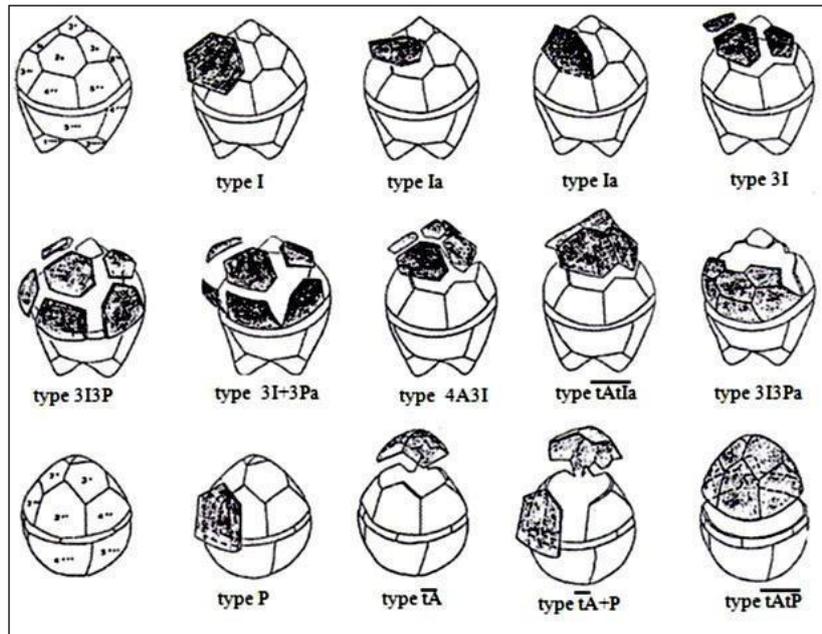


Figure 20: Différents types d'archéopyle (Jan Du Chêne *et al.*, 1986).

### III.1.13. Structure de la paroi

La paroi du kyste est hyaline, fibreuse ou granuleuse. La majorité des kystes ont une paroi formée des deux couches (souvent accolées), mais il existe des parois avec une, trois ou quatre couches. La terminologie employée est la suivante : « kyste » pour le corps entier ; 'phragme' pour distinguer la paroi ; 'coele' pour la cavité. On rajoute à ces derniers les préfixes méso-, péri-, endo-, épi- et hypo- (Figure 21).

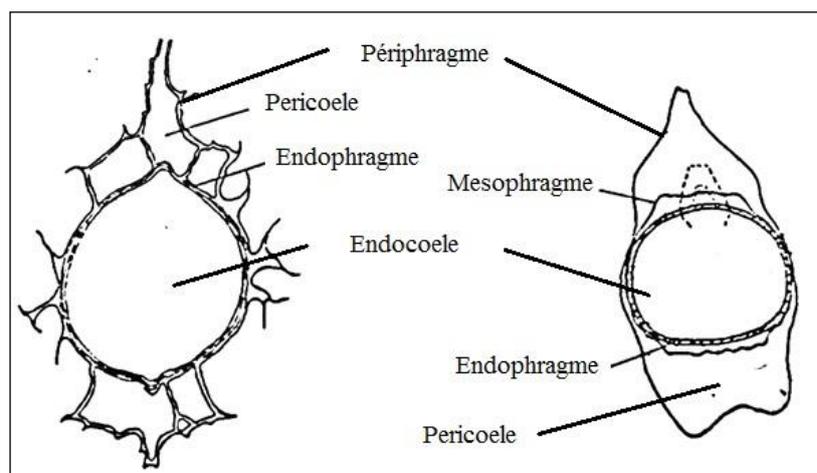


Figure 21: Structure de la paroi et terminologie utilisée (Châteauneuf et Reyre, 1974).

Selon le nombre des couches de la paroi, on distingue (Figure 22) :

- kystes acavates : Ils ont une seule paroi (autophragme) ou deux couches accolées ;
- kystes cavates : Ils ont deux parois (le périphragme, à l'extérieur, entoure le péricoele et l'endophragme, il entoure l'endocoele à l'intérieur) ou trois parois séparées (endophragme, périphragme et mésophragme, ce dernier qui entoure le mésocoele).

Chez certains kystes à processus, il existe dans la partie distale des processus, une membrane qui les relie ou ectophragme, qui peut former un ectocoele.

Selon l'extension du péricoele qui peut être localisé dans différentes régions du kyste, on distingue : des kystes circumcavates, cornucavates, bicavates, épïcavates, hypocavates, suturocavates, apiculocavates, camocavates, etc... (Evitt, 1985).

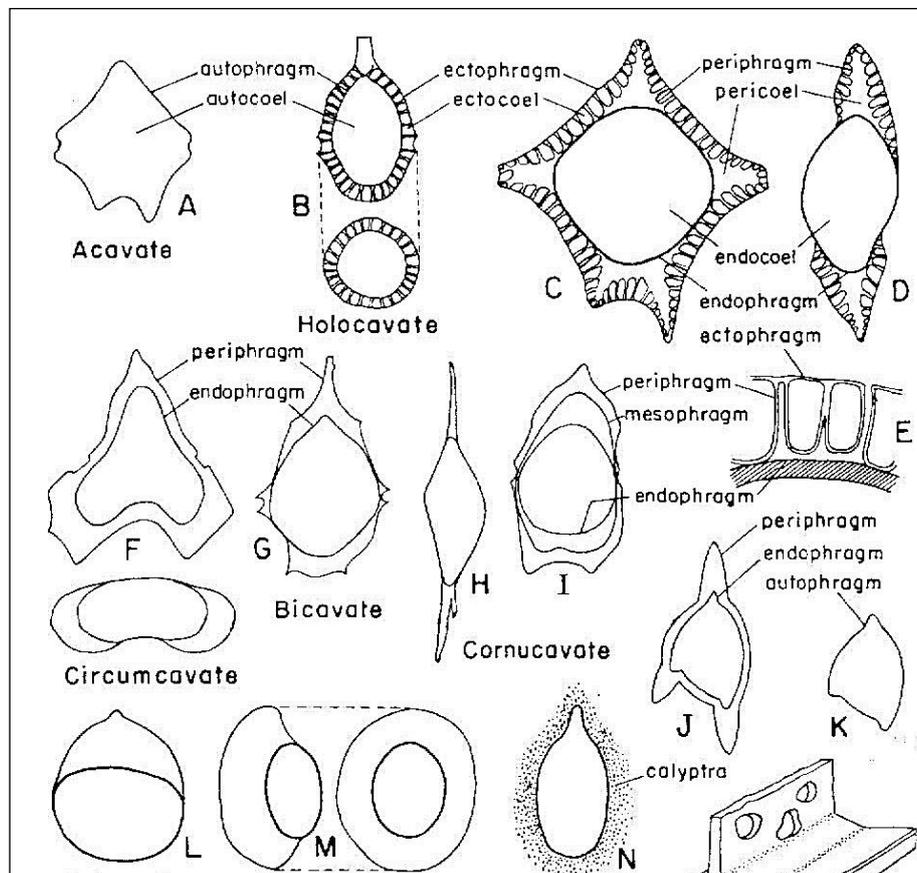


Figure 22 : Les différentes structures de la paroi des kystes de dinoflagellés (Evitt, 1985).

### III.2. Les Acritarches

Les Acritarches constituent un groupe hétérogène de microfossiles à paroi organique, en grande majorité marins et présents dans les sédiments depuis le Protérozoïque inférieur (Vidal, 1981).

Le terme « acritarche » a été créé par Evitt en 1963. Ces microfossiles à paroi organique résistante, ont été dans un premier temps, regroupés avec les dinoflagellés sous le nom d'hystriosphères. Ensuite, Evitt (1963) a séparé les microfossiles organiques d'origine incertaine, pour lesquels il a créé le terme « acritarche ». Malgré cette nouvelle classification, Evitt (1963) n'excluait pas qu'il puisse exister une relation entre acritarches et dinoflagellés, mais il ne pouvait pas les identifier comme tels en raison de l'absence de critères morphologiques déterminants.

### **III.2.1. Morphologie**

Les acritarches se présentent comme des vésicules de taille comprise entre 50 et 100  $\mu\text{m}$  (exceptionnellement 1 et 500  $\mu\text{m}$ ) dont la forme, très variable, va de la sphère au cube. La surface du test peut être lisse, granuleuse ou portant des épines ou des appendices. La classification des acritarches en genres et en espèces s'appuie pour l'essentiel sur la morphologie de la vésicule, le type d'ornementation, ainsi que sur la forme et les systèmes d'ouverture.

La cavité centrale est fermée, ou communique avec l'extérieur par un pore, une déchirure en fente ou une ouverture ronde : le pylome.

La paroi, de nature chimique probablement identique à celle des dinokystes, est parfois simple, le plus souvent constituée de deux couches accolées ou séparées par une cavité.

### **III.2.2. Distribution stratigraphique**

Les acritarches sont les plus anciens fossiles organiques connus. Les premiers ont été rencontrés dans des roches datées de plus de 3 milliards d'années. Ce sont de simples formes sphériques. L'ornementation épineuse apparaît un peu avant le Paléozoïque, et le pylome au Cambrien supérieur.

Le groupe est bien représenté à l'Ordovicien et au Silurien, avant de décroître brusquement au début du Carbonifère, puis il a retrouvé une certaine importance au Jurassique. Ces microfossiles sont présents en domaine marin relativement peu profond (Dorning, 1981). Quelques formes du Pléistocène se rencontrent en eau douce.

### **III.3. Les Tasmanacées**

Les Tasmanacées tirent leur nom d'un gisement de « tasmanite » ou « houille blanche », un charbon impur du Permien découvert en Tasmanie. La tasmanite est composée en grande partie de tasmanacées, à paroi épaisse, et à corps sphériques, à laquelle Newton (1875) avait attribué le nom

générique. Cet auteur a observé de nombreux pores dans la paroi de la surface, avec l'absence d'une marque trilète que l'on trouve sur de nombreuses spores, et il les a interprétés comme algues unicellulaires.

Il s'agit de fossiles lenticulaires à paroi épaisse, perforée, ne possédant pas d'ouverture germinative.

Il existe actuellement deux hypothèses concernant la nature de ces organismes : l'une les rattache par analogie avec des formes actuelles, à la classe des Prasinophyceae (algues vertes unicellulaires flagellées) (Wall, 1962) et l'autre les attribue aux acritarches (Staplin *et al.*, 1965).

### **III.3.1. Morphologie**

La paroi des Tasmanacées apparaît jaune à brun rougeâtre à brun-foncée au microscope optique. Elle est en général de 5 à 20  $\mu\text{m}$  d'épaisseur et est composée de deux ou trois couches, bien que la couche externe soit rarement conservée. La couche médiane constitue l'essentiel de la paroi, et elle peut également être une couche intérieure spongieuse ou presque fibreuse. La paroi est caractérisée par des canaux radiaux caractéristiques et il est possible de classer la plupart des Tasmanacées en espèces sur la base de l'arrangement et le développement de leurs canaux radiaux.

### **III.3. 2. Pylome**

Certaines espèces de Tasmanacées ont un pylome circulaire complet avec un opercule, d'autres possèdent des sutures ou des fentes qui délimitent probablement une ligne de faiblesse dans le kyste.

### **III.3. 3. Distribution stratigraphique**

Les Tasmanacées ont une répartition stratigraphique connue du Cambrien supérieur (si l'on inclut le genre *Pachysphaera* dans cette famille) jusqu'au Miocène.

### **III.3. 4. Paléoécologie**

Les Tasmanacées constituent un groupe de microalgues planctoniques vivant dans un environnement marin restreint, formant parfois des tourbes marines. Ces derniers peuvent provenir de prolifération ou « blooms », nécessaire pour produire des tourbes.

## IV. Palynomorphes d'origine continentale

### IV.1. Les spores

Les spores sont des organes de reproduction. Elles assurent la propagation et la dispersion des plantes en donnant directement naissance soit à la plante-mère feuillée (bryophytes) ou à un prothalle (ptéridophytes) qui correspond à la phase haploïde du cycle de reproduction. Leur morphologie est variable. La paroi externe des spores est composée de sporopollénine (Brooks *et al.*, 1971), substance hautement résistante qui permet la conservation à l'état fossile.

#### IV.1.1. Morphologie

Les spores ont une symétrie bilatérale ou radiale, avec ouverture germinative unique, située au pôle proximal (vers l'intérieur de la tétrade), et affectant la forme d'une fente rectiligne (marque monolète) ou à trois branches (marque trilète) (Figure 23). La taille des spores va de quelques micromètres à 4 mm. Privés de renseignements biologiques, les micropaléontologistes ont convenu d'appeler macro- ou mégaspores, les spores qui dépassent 200  $\mu\text{m}$  de diamètre (taille), et microspores pour les spores de taille inférieure à 200  $\mu\text{m}$  (Bignot, 1982).



Figure 23 : Mode d'association des spores dans la tétrade (Châteauneuf et Reyre, 1974).

Au cours de la fossilisation les spores sont souvent aplaties suivant leur plan équatorial. Dans les préparations microscopiques, les individus trilètes peuvent montrer un contour circulaire, légèrement ovale à triangulaire (à côtés concaves, convexes ou rectilignes) ou sphéro-triangulaire. Par contre, les spores monolètes, écrasées suivant leur plan équatorial, sont toujours arrondies ou ovales.

En position polaire, la forme des individus trilètes, est peu différente de celle de la vue équatoriale, tandis que chez les monolètes les formes sont variables selon les vues. Ainsi on peut

observer un contour équatorial concavo-convexe (en forme de haricot), rectiligne-convexe, elliptique ou en forme de poire (Figure 24).

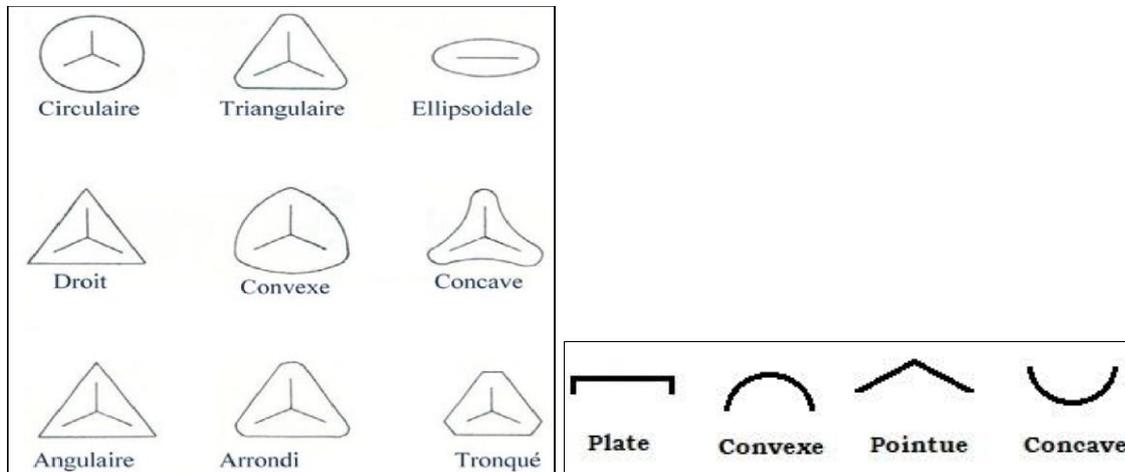


Figure 24: Forme générale des spores en vue polaire avec marque trilète ou monolète et allure du profil proximal ou distal en vue équatoriale (Châteauneuf et Reyre, 1974).

#### IV.1.2. Structure de la membrane

La membrane, ou le sporoderme, est formée de deux couches concentriques (Figure 25). La couche interne est nommée intine et l'externe nommée exine, celle-ci est formée de deux parties appelées intexine et ectexine (Erdtman, 1943).

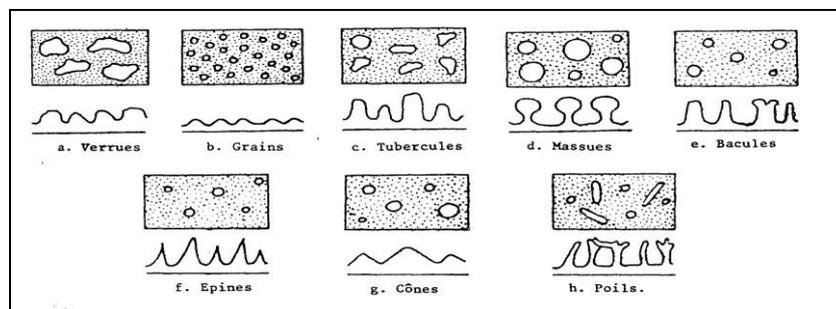


Figure 25: Éléments sculpturaux en relief et diversités morphologiques des sculptures à la surface des spores (Châteauneuf et Reyre, 1974).

## IV.2. Les grains de pollen

Ce sont les microgamétophytes mâles des préspermaphytes et des spermaphytes. Ils sont contenus dans les anthères des étamines et sont dispersés par des animaux, par le vent ou par l'eau jusqu'aux stigmates des fleurs (pollinisation). La germination du grain de pollen assure la fécondation de l'organe reproducteur femelle, l'ovule. Les grains de pollen sont formés de deux cellules (l'une reproductrice de petite taille, l'autre végétative de grande taille) entourées de deux membranes, l'intine non fossilisable et l'exine dont la grande résistance favorise la fossilisation.

### IV.2.1. Morphologie

L'identification des grains de pollen se base sur leurs caractères morphologiques (Figure 26) : taille, forme, nature et nombre des ouvertures, épaisseur et ornementation de l'enveloppe qui permettent de reconnaître la plante qui les a produits.

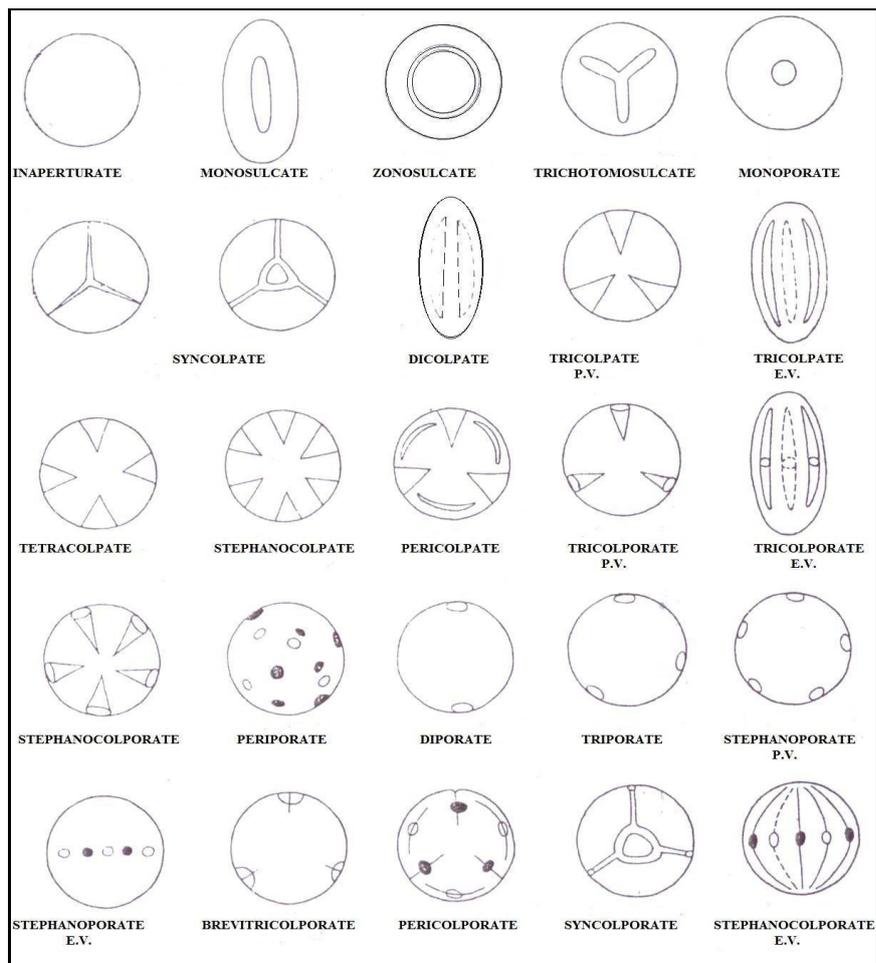


Figure 26: Principaux types d'ouvertures (Châteauneuf et Reyre, 1974).

#### **IV.2.2. La taille**

Les plus petits grains de pollen ont une taille de quelques micromètres. Les plus gros font environ 200  $\mu\text{m}$ .

#### **IV.2.3. La forme**

La forme des grains de pollen est très variable. Ils peuvent être symétriques (à symétrie bilatérale ou radiale) ou asymétriques, allongés ou équiaxes. Leur contour peut être circulaire, ovale, carré, rectangulaire, etc.

#### **IV.2.4. Les ouvertures germinatives**

Les ouvertures des grains de pollen, appelées aussi apertures, correspondent à un amincissement de la paroi dont la forme, la position et le nombre sont des critères de classification (Figure 26). Ces apertures peuvent correspondre à des pores plus ou moins circulaires, des sillons allongés ou l'association des deux. Leur nombre (zéro à n), leur forme et leur emplacement sont caractéristiques d'une espèce. Lorsqu'elles manquent, on parle de grain de pollen inaperturé. Les gymnospermes, les monocotylédones et quelques dicotylédones primitives ont une seule ouverture située au pôle distal (vers l'extérieur de la tétrade).

#### **IV.2.5. La membrane**

Le contenu cytoplasmique du grain de pollen est entouré d'une double membrane avec :

- Une membrane interne intine, détruite au moment de la fossilisation ;
- Une membrane externe, l'exine, dont l'épaisseur, la structure et l'ornementation sont des critères très importants pour la détermination (Figure 27).

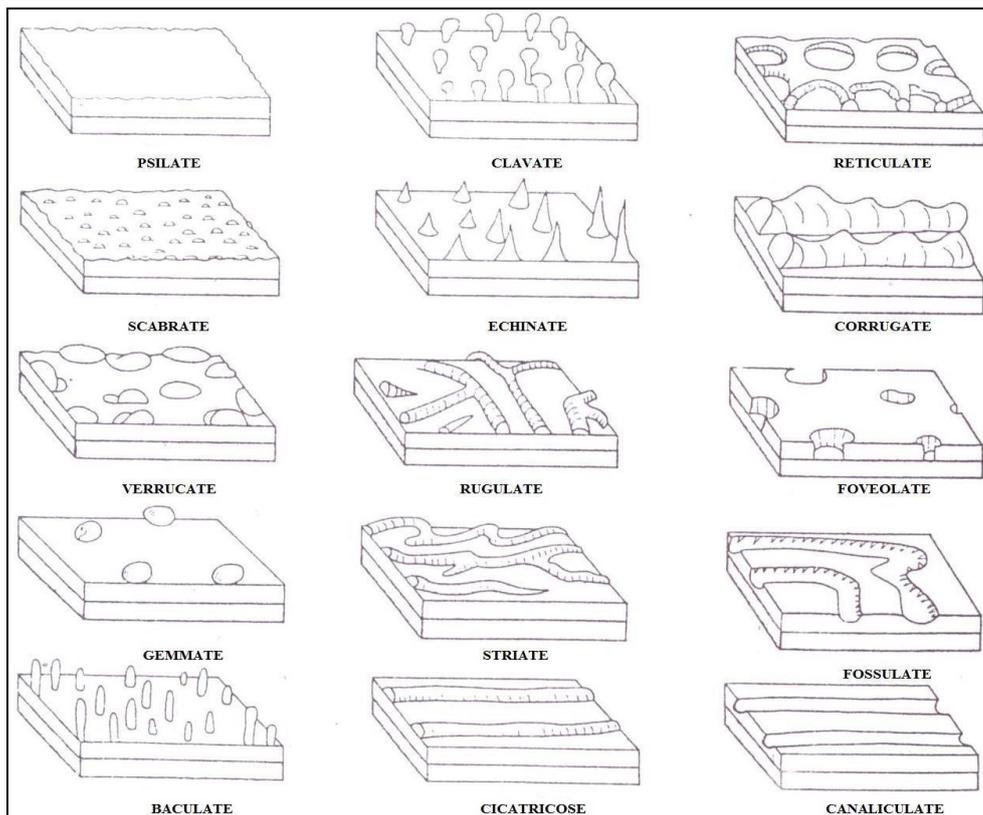


Figure 27: Divers types de sculpture de l'exine (Châteauneuf et Reyre, 1974).

## V. Géochimie organique

### V.1. Faciès organiques

D'après les caractéristiques de la matière organique, l'on peut distinguer deux types principaux de faciès organiques (Combaz, 1980) :

- les faciès sapropéliques ou authigènes : ce sont des faciès dépourvus de tout apport détritique. Ils sont associés à des facies évaporitiques et correspondent à des climats subdésertiques, en domaine marin ou lacustre ;
- les faciès humiques ou détritiques : en grande partie formés de débris de végétaux supérieurs, de spores et de grains de pollen généralement associés à une active sédimentation argilo-sableuse et correspondant le plus souvent à des climats humides.

## V.2. Roches mères

Les roches mères sont des sédiments à grains fins renfermant de la matière organique fossilisée d'origine biologique ayant généré ou étant en mesure de générer, des quantités commerciales d'hydrocarbures (Huc, 2013).

## V.3. Kérogène

On désigne ainsi les constituants organiques des roches sédimentaires insolubles dans les solvants organiques aussi bien que dans les solvants alcalins. Il s'oppose donc aux constituants organiques solubles dans ces solvants et que l'on désigne sous le nom de bitumes (Durand, 1980 ; Macko et al., 1993).

## V.4. Évolution thermique de la matière organique

Le degré d'évolution thermique (maturation) de la matière organique dépend :

- du gradient géothermique local (qui peut varier dans le temps) ;
- de la profondeur d'enfouissement ;
- de la durée de l'enfouissement.

À gradient géothermique égal, le pétrole commencera à se former à une profondeur plus grande dans un bassin jeune que dans un bassin vieux. Inversement, à âge égal, le début de la formation du pétrole a lieu à une profondeur d'autant plus grande que le gradient est plus faible (Bordenave, 1993).

Le processus de maturation de la matière organique au cours de son enfouissement peut être subdivisé en trois phases :

- la première phase appelée diagenèse (ou zone immature) : au cours de laquelle se forment surtout du gaz carbonique et de l'eau. Corrélativement, le kérogène est appauvri relativement en oxygène ; ;
- la deuxième phase appelée catagenèse : au cours de laquelle se forment successivement de l'huile (pétrole), puis du gaz humide. Corrélativement, le kérogène est appauvri relativement en hydrogène ;
- la troisième phase appelée métagenèse : au cours de laquelle se forme du gaz sec, essentiellement à partir de l'huile et du gaz humide formé auparavant. Corrélativement le kérogène résiduel s'enrichit relativement en carbone.

## V.5. Différents types de kérogène ou matière organique

La matière organique (ou le kérogène) est classée en quatre types qui se distinguent par une composition chimique (rapports atomiques H/C et O/C) et des propriétés différentes, auxquelles correspondent une nature et/ou une origine particulière.

Ainsi on a :

- **le type I** : la matière organique de ce type est une matière organique aquatique (souvent lacustre) enrichie en lipides (matériel très aliphatique) avant son enfouissement par une activité microbiologique (algale ou bactérienne) dans des environnements laguno-lacustres parfois très confinés. Elle se caractérise par des valeurs élevées de H/C et assez faibles de O/C. Son potentiel pétrolier est très élevé et elle est propice à produire de l'huile ;
- **le type II** : c'est une matière organique également aquatique (origine marine), issue de matériel dérivé du phytoplancton, du zooplancton et de bactéries. Elle se caractérise par des valeurs de rapport atomiques H/C et O/C et de potentiel pétrolier intermédiaire. C'est une matière organique propice à produire l'huile et le gaz à maturité ;
- **le type III** : c'est une matière organique issue de végétaux supérieurs donc d'origine terrestre (continentale). Elle se caractérise par des rapports atomiques H/C faibles et O/C très élevés et présente un potentiel pétrolier négligeable. Elle est propice à produire du gaz. Lorsqu'elle est concentrée, la matière organique de type III est le principal constituant des charbons et peut également correspondre à de la matière organique dispersée dans des argiles ou des silts ;
- **le type IV** : c'est une matière organique constituée de matériel organique continental ou marin (matière organique détritique, résiduelle, remaniée ou très oxydée) caractérisée par un rapport atomique H/C faible associé à de très fortes valeurs de rapport atomique O/C. Les kérogènes de ce type ont un potentiel pétrolier négligeable (Bordenave, 1993).

## PARTIE 2 : MATERIEL ET METHODES

### Chapitre I : Données de sondages étudiés

Les données des sondages utilisées dans cette étude ont été fournies par PETROCI. Ce sont des échantillons de carottes provenant de 20 sondages et des échantillons de déblais d'un puits pétrolier soit un total de 21 sondages forés dans le bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire et situés sur la marge d'Abidjan (Figure 7).

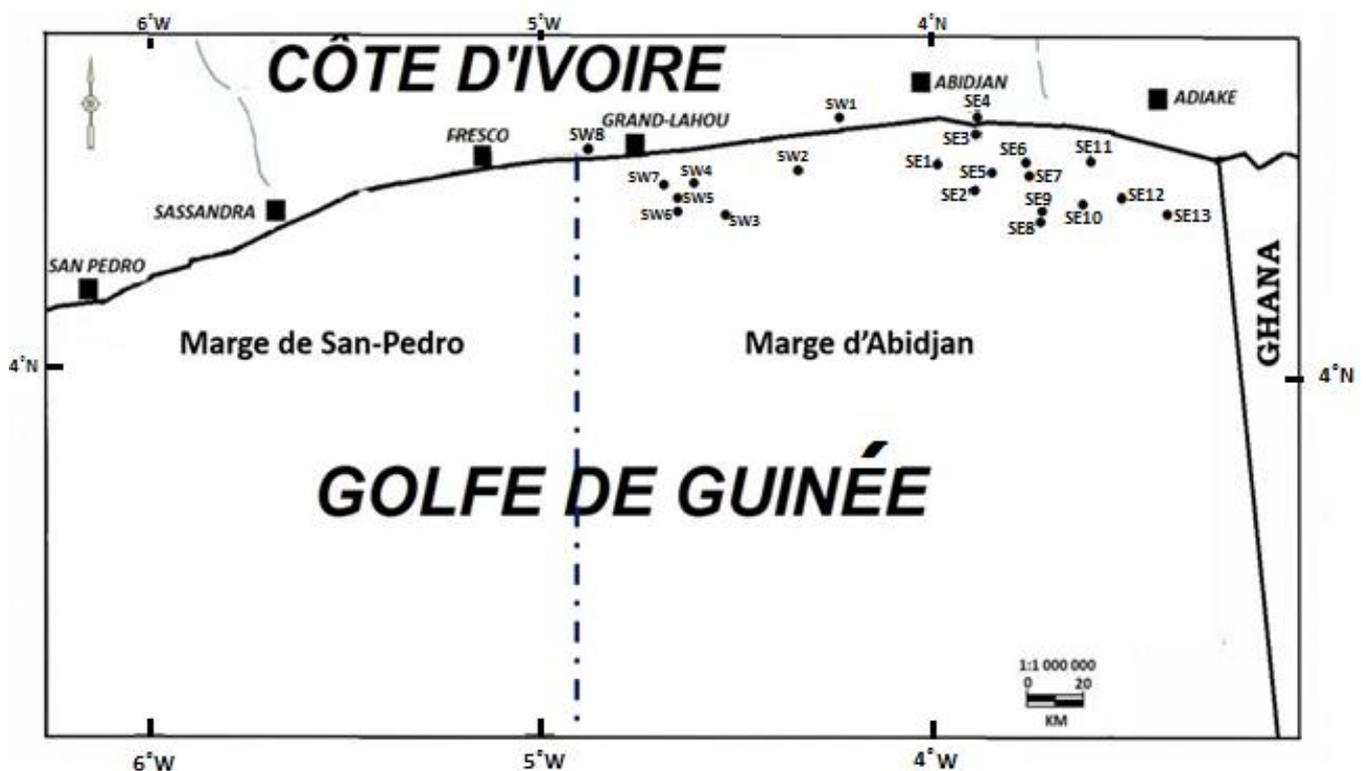


Figure 7 : Carte de localisation des sondages

Les sondages carottés (#) situés dans la partie onshore du bassin ivoirien : SW9# ; SW1# ; SE4#.

Les sondages carottés (#) situés dans la partie offshore du bassin ivoirien : SW8# ; SW6# ; SW7# ; SW5# ; SW4# ; SW3# ; SW2# ; SE3# ; SE2# ; SE5# ; SE6# ; SE7# ; SE9# ; SE8# ; SE10# ; SE11# ; SE12# ; SE13#.

Un sondage de déblais (d) situé dans la partie offshore du bassin ivoirien : SE1d.

Chaque échantillon analysé est associé à un sondage, la profondeur mesurée dans le sens du forage et la lithologie (Tableau 1).

Tableau 1 : Lithologie et profondeur des échantillons étudiés

Sondages		Types d'échantillons (#carotte, Déblais)	Profondeurs	Nombre d'échantillons	Lithofaciès	
1	SW8	#1	195,5 m-199 m	2	Argile grise	
2	SW7	#2	2663 m-2670,68 m	3	Alternance d'argile grise et argile sableuse	
3	SW5	#1	2310,67 m-2320,14 m	6	Alternance d'argile grise et argile sableuse	
		#2 à #9	2398,17 m-2767,58 m	15		
		#10	2777,34 m-2796,69 m	44		
4	SW6	#1 à #2	2506,07 m-2530,75 m	2	Alternance d'argile grise et argile sableuse	
		#3 à #5	2835,86m-2863,30 m	3		
5	SW4	#1	2372,87m-2391,16m	1	Argile grise	
		#2	2464 m-2482,30 m	2		
		#3	2546,91 m-2555,75 m	3		
		#4	2833,73 m-2843,48 m	2		
6	SW3	#1	2268,63 m-2282,95 m	4	Argile grise	
		#2	2284,48 m-2300,63 m	4		
7	SW2	#1	2447,85 m-2456,99m	2	Argile grise	
8	SW1	#1	443 m-710,8 m	1	Argile sableuse	
		#3	1018 m-1019,5 m	1		
9	SE4	#5 à #17	1437,1 m-2694,1 m	2	Argile sableuse	
		#18 à #25	2798,1 m-3921,45 m	1		
10	SE3	#3 à #4	2308,86 m-2314,96m	1	Argile grise surmontée par des argiles sableuses	
11	SE2	#1 à #3	1964,44 m-2336,06 m	2	Argile grise et argile sableuse	
		#5	2474,97 m-2484,12 m	2		
12	SE5	#1 à #2	1861,72 m-1875,74 m	1	Alternance d'argile grise et argile sableuse et sable argileux avec une bande fine de calcaire	
		#3 à #6	2000,10 m-2242,41m	4		
13	SE6	#1 à #4	2203,39 m-2272,59 m	2	Argile grise surmontée par des argiles sableux	
		#5 à #6	2382,01m-2401,21m	4		
14	SE7	#1 à #4	1722 m-1777 m	2	Argile grise	
15	SE9	#1	1928,47 m-1938,22m	1	Argile grise	
		#2	2219,55 m-2222,91m	1		
16	SE8	#1 à #4	2136,65 m-2213,76 m	13	Argile grise	
17	SE10	#1	1852,57 m-1858,67 m	3	Alternance d'argile grise et argile sableuse	
		#2	2280,51m-2295,75 m	2		
		#3 à #5	2391,76 m-2439,92 m	3		
		#6	2609,39 m-2619,45 m	2		
18	SE11	#1	1712,67 m-1786,74 m	1	Alternance d'argile grise et argile sableuse	
		#2 à #6	1745,89 m-1829,41m	4		
		#3	2463,70 m-2490,52 m	1		
19	SE12	#1 à #2	2769 m-2784,5 m	19	Argile grise	
20	SE13	#1 à #2	2562,76 m-2580,74 m	1	Argile grise et argile sableuse	
		Déblais	2636,52 m-2743,20 m	3	Argile grise	
21	SE1	Déblais	1240 m-3570 m	95	Argile grise	
<b>TOTAL DES ECHANTILLONS</b>				<b>Carotte (#)</b>	<b>167</b>	<b>265</b>
				<b>Déblais</b>	<b>98</b>	

## **Chapitre II : Méthodes analytiques**

### **II.1 Extraction des polymorphes**

#### **II.1.1. Traitement physique**

Les échantillons sont d'abord lavés afin d'éviter toute contamination. On sèche les échantillons à l'étuve (100 °C), puis ils sont broyés. Le broyage se fait à une granulométrie comprise entre 1 et 5 mm afin d'augmenter leur surface d'attaque.

Le poids de l'échantillon dépend de la nature et la couleur de la roche. Ainsi on utilise pour :

- Argiles et marnes très sombres : 10 à 20 g.

Marnes et schistes de couleur plus clair : 20 à 30 g.

- Calcaires de couleur sombre : 40 à 50 g.

- Grés et carbonates de couleur claire : 50 à 100 g.

Le résidu obtenu est placé dans un bécher en polyéthylène portant le numéro de l'échantillon afin d'éviter les erreurs et/ou contaminations.

#### **II.1.2. Traitement chimique**

Les traitements chimiques consistent à l'attaque aux acides chlorhydrique (37 %), puis fluorhydrique (70%), en vue d'éliminer respectivement les minéraux carbonatés et les minéraux siliceux.

##### **II.1.2.1. Attaque à l'acide chlorhydrique (HCl) 37 %**

Une première attaque se fait avec HCl 37% pour dissoudre les carbonates. À la fin de l'effervescence, les béchers sont remplis avec de l'eau. Après décantation, l'eau sera vidée.

##### **II.1.2.2. Attaque à l'acide fluorhydrique (HF) 70 %**

Cette étape consiste à la dissolution de la silice et des minéraux silicatés, en laissant agir l'acide fluorhydrique pendant 15h. Puis le résidu est rincé et neutralisé avec de l'eau.

##### **II.1.2.3. Attaque par l'acide chlorhydrique (HCl) 37 % à chaud**

Cette étape consiste à faire une attaque à chaud avec l'acide chlorhydrique à 37 % pour éliminer les minéraux néoformés (fluoro-silicates). Le résidu est finalement neutralisé avec de l'eau.

#### II.1.2.4. Tamisage

Le tamisage se fait sur un tamis en toile nylon de maille 10  $\mu\text{m}$ , en ajoutant de l'eau, et on récupère le résidu.

#### II.1.2.5. Montage des lames palynologiques

Le mode opératoire consiste à :

- Étiqueter la lame en indiquant le nom du sondage et la cote de l'échantillon ;
- Déposer quelques gouttes de la préparation (résidu liquide) sur une lame couvre-objet et seront mélangées à l'alcool polyvinylique pour assurer une meilleure dispersion des palynomorphes. Quelques gouttes du mélange sont placées et étalées sur la lamelle préalablement placée sur une lame numérotée (Figure 8).
- Placer sur une plaque chauffante les lamelles correspondantes aux échantillons traités pour séchage pendant au moins une heure.
- Décoller délicatement les lamelles séchées à l'aide de pinces, puis retournées et collées avec de la colle UV (Loctite) sur des lames définitives, initialement préparées et portant les numéros des échantillons.

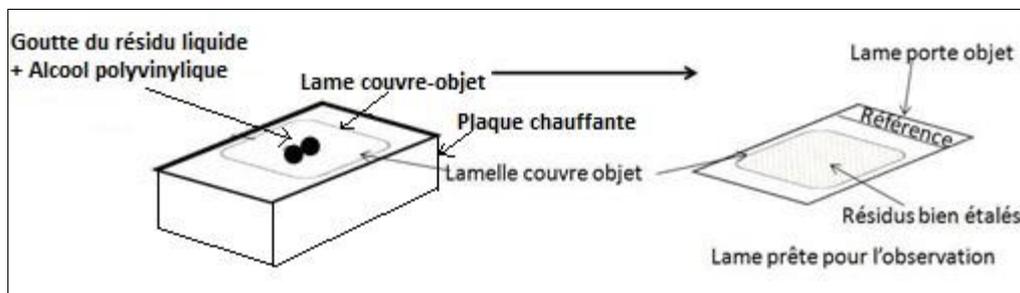


Figure 8: Montage des lames palynologiques.

## II.2. Analyse des constituants de la matière organique

### II.2.1. Méthode de comptage des fréquences relatives

L'observation des lames palynologiques permet l'identification et la richesse relative des palynomorphes (les kystes de dinoflagellés, grains de pollen, spores, acritarches, etc.), de la matière organique amorphe et de la matière organique, carbonneuse, des particules ligneuses et des tissus

végétaux. Le comptage de chaque taxon identifiable correspond au nombre de fois où il a été rencontré dans toute la lame.

Le comptage a été réalisé au grossissement X100.

$$\% \text{ des kystes} = \frac{\text{Nombre des kystes}}{\text{Nombre total des éléments figurés}} \times 100$$

Le comptage se fait en balayant la lame de gauche à droite et de haut en bas.

### **II.2.2. Palynofaciès et paléoenvironnements : la Méthode Tyson (1993)**

Dans la présente étude, la reconstitution paléoenvironnementale est basée sur une intégration des unités de palynofaciès avec quelques critères palynologiques. Ceci signifie que les paramètres quantitatifs et qualitatifs de la matière organique palynologique sont utilisés pour fournir des informations précises sur les environnements de dépôts (Figure 28 et Tableau 2). Les déductions paléoenvironnementales sont dérivées principalement du diagramme ternaire : (Phytoclastes-MOA-Palynomorphes) (Modifiés de Tyson, 1993, 1995). Les champs définis dans le diagramme ternaire Phytoclastes-MOA-Palynomorphes traduisent non seulement les différents types de kérogènes (Tyson, 1993) mais représentent aussi différents types d'environnements de dépôt.

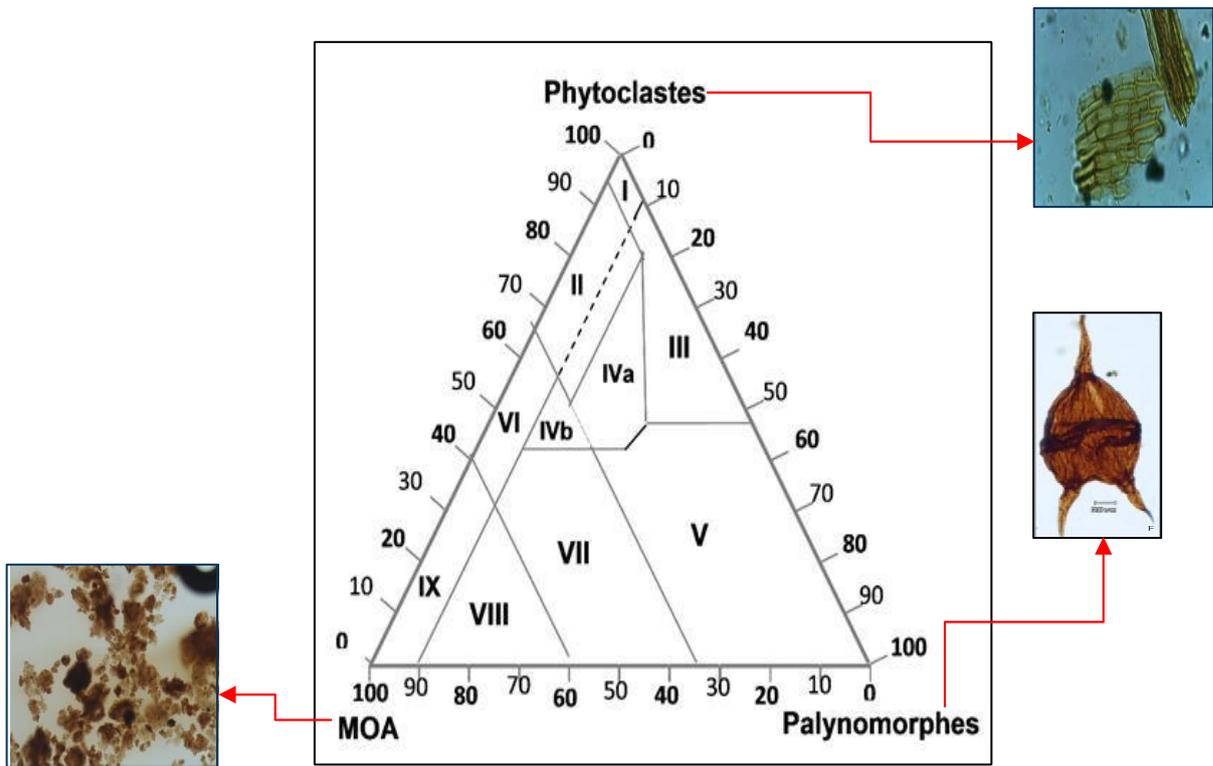


Figure 28 : Diagramme ternaire de Phytoclastes-MOA-Palynomorphe  
(d'après Tyson, 1993)

Tableau 2 : Charte d'interprétation paléoenvironnementale des différents palynofaciès du diagramme ternaire de Tyson (1993, 1995).

	Champ palynofaciès et environnements	Commentaires	Spores et Pollens	Phytoplancton	Type de Kérogène
I	Plateau Continental (Pc) proximal	Forte proportion de phytoclaste dilue tous les autres composant.	Abondant	Très faible	III Gaz
II	Bassin marginal anoxique-dysoxique	Forte proportion de phytoclastes dilue la MOA, mais la préservation de MOA reste modérée à bonne. la quantité de COT marin est fonction de l'état redox du bassin. Généralement la MOA est faiblement conservée.	Abondant	Très faible	III Gaz
III	PC oxyque -hétérolithique ("PC proximal")	L'abondance absolue de phytoclastes dépend de la proximité réelle des sources fluvio-deltaïques.	Abondant	Commun à abondant avec les dinokystes dominants.	III or IV Gaz
IV	Transition PC à bassin	Transition de PC à bassin sédimentaire dans le temps (c'est à dire subsidence accrue/profondeur d'eau) ou l'espace ( par exemple, le talus). L'abondance absolue de phytoclastes dépend de la proximité de la source et du degré de dépôt. La quantité de COT est fonction de l'état redox du bassin. IVa dysoxique, IVb anoxique suboxique.	Modéré à abondant	Très faible-faible	III ou II (principalement du Gaz)
V	PC dominé par la boue oxyque ("PC distal")	MOA faible à modérée (habituellement dégradée). Palynomorphes abondants. Les mudstones calcaireux bioturbés de couleur claire sont typiques.	Faible généralement	Commun à abondant avec les dinokystes dominants.	III > IV Gaz
VI	PC proximal suboxique-anoxique	Forte préservation de la MOA due aux conditions de reduction du bassin. le contenu absolu de phytoclaste peut être moyen à élevé dû à l'impact turbiditique et/ou à la proximité générale de la source.	Variablement faible à modéré	Faible à commun avec les dinokystes dominants.	II Huile
VII	"PC" distal dysoxique-anoxique	Modérée à bonne préservation de la MOA, palynomorphes faibles à modérés. Les mudstones légèrement bioturbés de couleur sombre sont typiques.	Faible	Modéré à commun avec les dinokystes dominants	II Huile
VIII	PC disoxique-anoxique	Assemblage de MOA dominant, excellente conservation de MOA. palynomorphes faibles à modérés (partiellement dus à la dégradation). Typique des argiles organiques riches déposées sous des conditions stratifiées de la plate forme contiental	Faible	Faible à modéré avec les dinokystes dominants, augmentation du % de parasinophytes.	II>>I Huile
IX	Bassin proximal anoxique-suboxique	Assemblages de MOA dominants. Palynomorphes faibles dus partiellement à la dégradation. Alginite fréquemment riche. Bassin profond ou dépôts de PC stratifiés, particulièrement les sédiments des bassins sont appauvris.	Faible	Généralement faible, prasinophytes souvent dominants.	II ≥ I Huile élevée

### II.2.3. Méthode de pyrolyse Rock-Eval

L'échantillon des sédiments de carottes est écrasé dans un mortier pour obtenir une poudre homogène d'une granulométrie  $< 250 \mu\text{m}$ .

La méthode (Baudin *et al.*, 2017) consiste à chauffer, sous courant de gaz inerte ( $\text{N}_2$ ), environ 65 mg de roche broyée (Figure 29). La pyrolyse débute par une isotherme à  $300^\circ\text{C}$  puis se poursuit jusque  $650^\circ\text{C}$  avec une montée en température de  $25^\circ\text{C min}^{-1}$  (Figure 24). À  $300^\circ\text{C}$ , les hydrocarbures libres (gaz et huile légère), c'est-à-dire déjà présents dans la roche, sont volatilisés (pic  $S_1$ ). Dans l'intervalle  $300\text{-}650^\circ\text{C}$ , les composés hydrocarbonés lourds ( $> \text{C}_{40}$ ) sont volatilisés (pic  $S_2$ ). La détection des produits libérés se fait par ionisation de flamme. Le CO et le  $\text{CO}_2$  issus du craquage du kérogène sont détectés en continu par une cellule infrarouge. La fraction de  $\text{CO}_2$  libérée jusqu'à  $400^\circ\text{C}$  correspond au pic  $S_3$ .

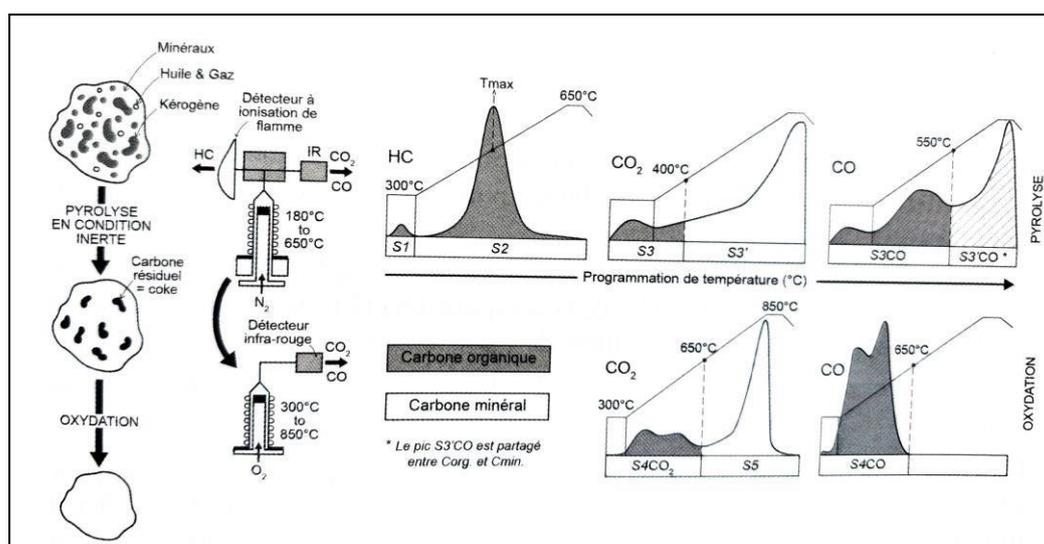


Figure 29 : Principe de la pyrolyse Rock-Eval et exemple d'enregistrement appelé pyrogramme obtenu au cours de l'analyse (d'après Behar *et al.*, 2001; Baudin *et al.*, 2017) :  $S_1$ =hydrocarbures libres ;  $S_2$ =hydrocarbures pyrolysables ;  $S_3$  =  $\text{CO}_2$  issu du craquage du kérogène.

L'échantillon pyrolysé est ensuite introduit par un passeur automatique dans un four d'oxydation. Au cours de cette seconde phase d'analyse, l'échantillon est chauffé de  $300$  à  $850^\circ\text{C}$  sous courant d'air avec une montée en température de  $20^\circ\text{C min}^{-1}$ . Le CO et  $\text{CO}_2$  produits sont détectés comme précédemment par une cellule infra-rouge. On calcule la surface des pics  $S_4$  et  $S_5$  qui correspondent respectivement à la matière organique résiduelle et au carbone minéral (calcite, dolomite, etc.).

Ce cycle d'analyse, d'une durée de 50 min environ, fournit donc les paramètres suivants :

- la quantité d'hydrocarbures (gaz et huile) déjà présents dans la roche. Elle correspond au pic  $S_1$  et est exprimée en  $\text{mg. g}^{-1}$  de roche ;
- la quantité de produits hydrocarbonés issus du craquage du kérogène. Elle correspond au pic  $S_2$  et représente la quantité totale d'huile, c'est-à-dire des hydrocarbures et des composés polaires liquides, que le kérogène peut fournir sous l'influence d'une augmentation de température ;
- la quantité de  $\text{CO}_2$  issus du craquage de la matière organique, pic  $S_3$  exprimé en  $\text{mg CO}_2.\text{g}^{-1}$  de roche ;
- le Tmax est la température du four atteinte au sommet du pic  $S_2$ , c'est-à-dire au moment du maximum de production des hydrocarbures. Ce paramètre est un indicateur du degré de maturation de la matière organique ; en effet, celle-ci est craquée à température d'autant plus haute qu'elle aura été portée à une température élevée au cours de son histoire géologique.

À partir de ces données sont calculés :

- La teneur en carbone organique total (COT), exprimé en % pondéral, de l'échantillon. C'est la somme du carbone pyrolysé et du carbone organique résiduel. La quantité de carbone pyrolysé est déduite de la totale d'hydrocarbures + composés polaires par application d'un facteur multiplicatif obtenu par calibration de l'appareil ;
- le potentiel pétrolier de la roche. C'est la somme  $S_1 + S_2$  exprimée en  $\text{mg d'hydrocarbures (HC) par gramme de roche}$  ou plus généralement en  $\text{kg HC t}^{-1}$  de roche ;
- l'index d'hydrogène  $\text{IH} = (S_2/\text{COT}) \times 100$  (en  $\text{mg HCg}^{-1}$  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'index d'oxygène  $\text{IO} = (S_3/\text{COT}) \times 100$  (en  $\text{mg CO}_2\text{g}^{-1}$  COT) comparable au rapport O/C du kérogène (Baudin *et al.* 2017).



**L'Albien moyen** est mis en évidence par le LAD des espèces *Appendicisporites baconicus*, *Appendicisporites potomacensis*, *Callialasporites dampieri*, *Klukisporites variegatus*, *Lusatisporis dettmannae*, *Quadricolpites reticulatus* à 2268,63 m et de *Elaterosporites klaszi* à 2281,73 m. *Appendicisporites baconicus*, dans certains travaux du Sud des Etats-Unis d'Amérique, est caractéristique de l'Albien supérieur à moyen (Srivastava, 1981). Srivastava (1975) note l'extension de cette espèce de l'Aptien à l'Albien supérieur dans le Sud des Etats-Unis (Fredericksburg group). Kotova (1983) abonde dans ce sens, en signalant que cette espèce apparaît au Barrémien et disparaît à l'Aptien / Albien inférieur dans l'Atlantique du centre et du sud (forages ODP).

*Appendicisporites potomacensis* est typique de l'intervalle s'étendant de l'Albien moyen à l'Albien supérieur dans le Sud des Etats-Unis d'Amérique (Srivastava, 1981). Bettar et Meon (2006) ont mis en évidence *Appendicisporites potomacensis* dans une association de palynomorphes de « la zone B » d'âge albien moyen du bassin d'Agadir-Essaouira (Maroc). En établissant la répartition de certaines espèces de cicatricosées dans les bassins argentins, Narváez *et al.* (2013) notent la présence d'*Appendicisporites potomacensis* de l'Aptien au Cénomani. En Côte d'Ivoire, cette espèce est caractéristique de l'Albien moyen dans cette étude et tous les travaux inédits du Centre d'analyses et de Recherche de PETROCI.

*Callialasporites dampieri* est remarquée dans l'étude palynologique et stratigraphique des bassins du Sénégal et de Côte d'Ivoire réalisée par Jardiné et Magloire (1965). Cette espèce décrite sous le nom de *Zonalapollenites dampieri* est typique de l'Albien en Côte d'Ivoire et au Sénégal. Dans la présente étude, elle est en association avec les palynomorphes de l'Albien moyen.

*Klukisporites variegatus*, décrit sous le nom de *Ischyosporites variegatus*, marque l'intervalle Pliensbachien-Aptien inférieur en Europe (Hogg, 1993). En revanche, selon Moussavou (1980), la disparition du genre *Klukisporites* est généralement observée au passage Aptien/Albien inférieur. Néanmoins, cette espèce est régulièrement observée dans l'Albien supérieur des forages pétroliers de l'onshore de la Côte d'Ivoire.

*Lusatisporis dettmannae* a été observée au Nord Est du Pérou selon Brenner (1968), Srivastava (1972), cette espèce a une distribution verticale de l'Albien au Turonien. En Côte d'Ivoire, *Lusatisporis dettmannae* est régulièrement mis en évidence dans l'Albien supérieur des forages pétroliers de l'offshore de la Côte d'Ivoire.

*Quadricolpites reticulatus* a été observée dans le bassin d'Araripe au Nord Est du Brésil. Pons *et al.*, (1996) l'ont observé dans l'unité « Fundao », datée de l'Aptien supérieur. En Amérique du nord, ce sporomorphe est caractéristique de l'Albien supérieur en Oklahoma et au Kansas aux États Unis d'Amérique (Wingate, 1983, Pons *et al.*, 1996).

*Ephedripites barghoornii* caractérise l’Albien-Cénomanien dans les bassins de Côte d’Ivoire et du Sénégal et principalement les niveaux Albien supérieur dans le bassin du Sénégal (Jardiné et Magloire, 1965 ; Herngreen, 1973). Dans le sondage SW3, *Ephedripites barghoornii* est observé dans les associations de l’Albien moyen.

*Elaterosporites klaszi* est bien représentée dans les bassins atlantiques tropicaux, sa présence marque le passage Albien supérieur-Albien moyen dans le bassin de Côte d’Ivoire (Jardiné, 1967). L’auteur a également enregistré cette espèce dans les sédiments d’âge Albien au Sénégal et au Gabon. Dans la sous-région, dans le bassin de la Bénoué au Nigeria, Herngreen (1973) et Abubakar *et al.*, (2011) ont caractérisé l’Albien supérieur grâce à une association de formes à élatères, dont *Elaterosporites klaszi*. Cependant, de façon générale, cette espèce débute à l’Albien et disparaît au Cénomanien inférieur (Jardiné, 1967). En effet, *E. klaszi* disparaît au Cénomanien inférieur en Egypte (Schrank et Ibrahim, 1995 ; Ibrahim *et al.*, 2001 ; El Beialy *et al.*, 2010). Cette espèce est observée dans notre étude dans l’Albien moyen.

### b. Sondage SW2#

La carotte #1 de 2447,85 m à 2456,99 m a fait l’objet d’analyse aux cotes 2448,46 m et 2451,20 m (Figure 31).

SW2#		Spores et grains de pollen								
Ages	Profondeurs (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ALBIEN SUP.	2448,64			●	●	●	●	●	●	●
	2451,2	●	●	●	●	●				

Figure 31: Distribution des spores et grains de pollen dans le sondage SW2#.

L’Albien supérieur est mis en évidence par la présence de *Cicatricosisporites berouensis* et *Leptolepidites psarosus* à 2448,46 m et *Callialasporites dampieri* à 2451,20 m. *Cicatricosisporites*

*berouensis* est observée à l’Albien supérieur dans le bassin sédimentaire ivoirien (Jardiné et Magloire, 1965).

*Leptolepidites psarosus* constitue un marqueur de l’Albien supérieur dans la distribution stratigraphique des palynomorphes enregistrés dans le puits Sharib-1X foré dans le désert du nord-ouest de l’Égypte. Cette espèce apparaît au passage Jurassique moyen-supérieur et disparaît au passage Albien supérieur-Cénomaniens inférieur (Zobaa *et al.*, 2013).

Dans cette étude, ce grain de pollen en association avec *Cicatricosisporites berouensis* et *Callialasporites dampieri* indique un âge Albien supérieur.

### c. Sondage SE4#

La carotte #1 a fait l’objet d’analyse aux cotes 2006 m, 2315,28 m et 3585,44 m (Figure 32).

SE4#		Spores et grains de pollen						
Âges	Profondeurs (m)	1 <i>Cyathidites</i> spp.	2 <i>Classopollis classoides</i>	3 <i>Classopollis jardinei</i>	4 <i>Cyathidites minor</i>	5 <i>Steevespollenites cupuliformis</i>	6 <i>Monocolpites</i> spp.	7 <i>Cicatricosisporites cooksonii</i>
CENO/ALB	2006.00		●	●				
ALBIEN SUP.	2315.28		●	●	●	●	●	●
	3585.44	●	●	●				

Figure 32 : Distribution des spores et grains de pollen dans le sondage SE4#.

L’Albien supérieur est ici mis en évidence par la présence de *Cicatricosisporites cooksonii* à 2315,28 m. *Cicatricosisporites cooksonii* s’étend de l’Aalénien inférieur à l’Albien inférieur en Europe (Hogg, 1993). Dans cette étude, cette spore marque l’Albien supérieur.

### d. Sondage SE1d

Ci-dessous la distribution des spores et grains de pollen dans les déblais du sondage SE1d (Figure 33) :

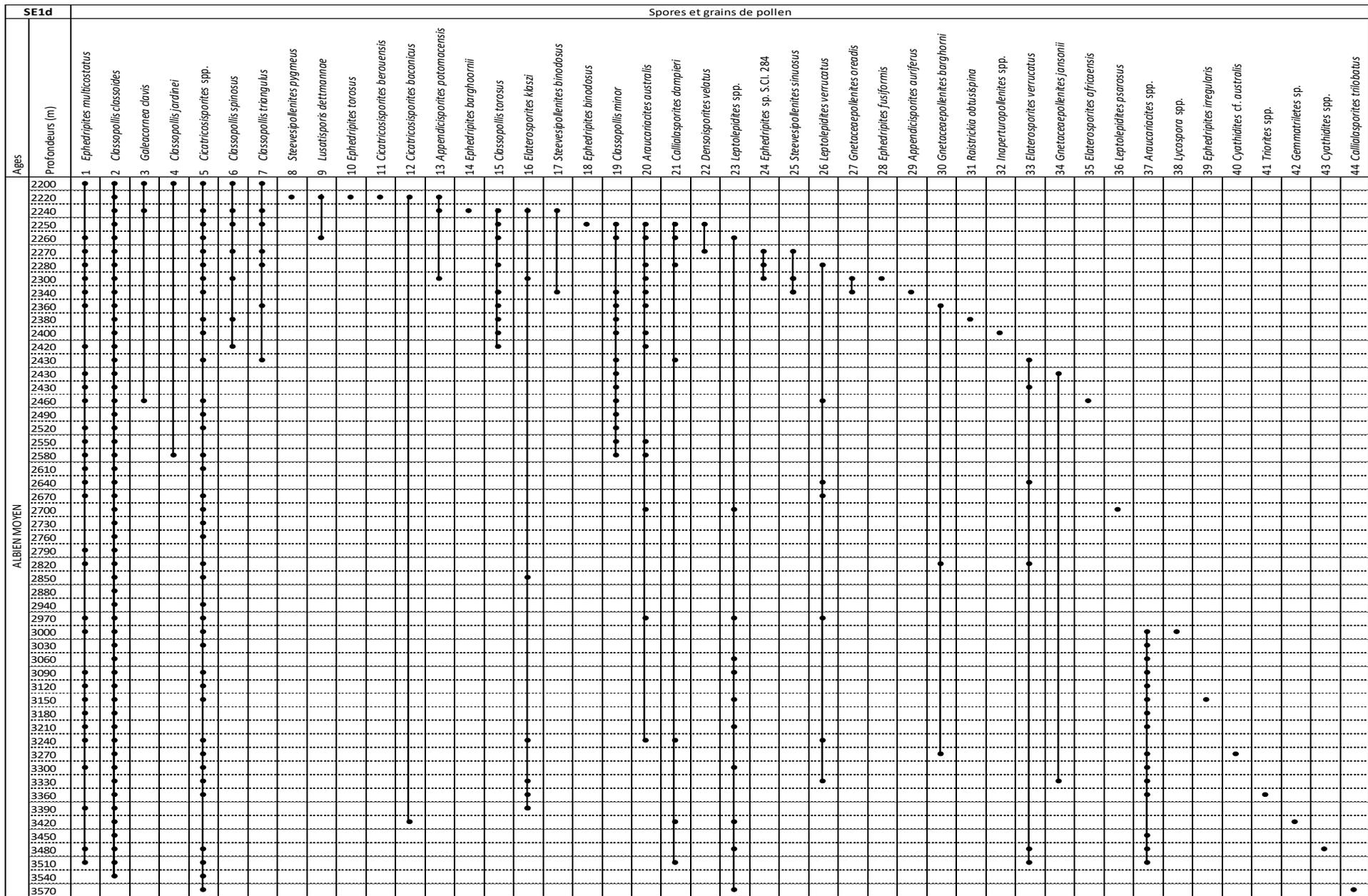


Figure 33 : distribution des spores et grains de pollen dans les déblais du sondage SE1d.

L'Albien moyen est mis en évidence à 2220 m jusqu'à la fin du sondage à 3570 m par les LADs de *Cicatricosisporites berouensis*, *Lusatisporis dettmannae* et *Appendicisporites potomacensis* à 2200 m. *Elaterosporites klaszi* à 2280 m, *Elaterosporites verrucatus* à 2420 m, *Elateroplicites africaensis* à 2490 m et *Callialasporites trilobatus* à 3570 m confirment un âge Albien moyen. *Elaterosporites verrucatus* est particulièrement fréquente au passage Cénomaniens-Albien dans les bassins d'Afrique Occidentale selon les études de Jardiné (1967). D'autre part, dans le bassin de Sergipé-Alagoas au Nord Est du Brésil, Regali et Viana (1989) ont daté des sédiments d'âge Albien par la disparition de *Elaterosporites verrucatus*. En outre Bettar et Meon (2006), définissent une zone d'âge albien supérieur comme la « zone C » à *Elaterosporites verrucatus*, dans le bassin d'Agadir-Essaouira (Maroc). Cette espèce en association caractérise l'Albien moyen dans cette étude.

*Elateroplicites africaensis*, décrite comme *Incertae sedis* forma A par Jardiné (1967) dans son étude du Crétacé moyen d'Afrique occidentale, a une répartition stratigraphique limitée de l'Albien supérieur au Cénomaniens inférieur.

*Callialasporites trilobatus*, selon Srivastava (1987) et citée par Schrank (1999), s'étend du Jurassique moyen au Crétacé inférieur. Les travaux de Moussavou (1980) confirment cette observation car l'auteur relève au Gabon, la présence de ces Podocarpacees dans les échantillons datés de l'Aptien. Par ailleurs, Mahmoud *et al.* (2017) ont identifié également cette espèce de gymnosperme dans la palynoflore aptienne des échantillons de la partie Nord du golfe de Suez (Egypte). Par contre, cette espèce est observée jusqu'à l'Albien moyen dans cette étude.

## I.2 Cénomaniens

### a. Sondage SW7#

La carotte #2 de 2663 m à 2672 m a fait l'objet d'analyse aux cotes 2667 m, 2668 m et 2670,70 m (Figure 34).

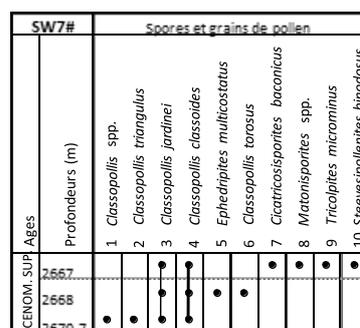


Figure 34 : Distribution des spores et grains de pollen dans le sondage SW7#.

Le Cénomaniens supérieur a été mis en évidence par les présences des taxons *Classopollis classoides*, *Classopollis jardinei*, *Steevesipollenites binodosus* à 2667 m. Le Cénomaniens supérieur est confirmé par la présence de *Classopollis torosus* à 2668 m et *Classopollis triangulus* à 2670,70 m.

*Classopollis* spp., dans les bassins du Sénégal et de Côte d'Ivoire, caractérise la séquence Cénomaniens moyen et supérieur (Jardiné et Magloire, 1965). Ainsi, *Classopollis classoides* matérialise bien le Cénomaniens en Côte d'Ivoire.

*Classopollis jardinei* a été extraite du Cénomaniens inférieur du Sénégal et décrite par Reyre (1970). Cette espèce est laissée en nomenclature ouverte *Classopollis* sp. S.CI.310 par Jardiné et Magloire (1965) et elle a été observée dans le Cénomaniens en Côte d'Ivoire et le Cénomaniens supérieur - moyen au Sénégal. *C. jardinei* caractérise le Cénomaniens inférieur au Sénégal (Reyre, 1970) et le Cénomaniens au Gabon (Boltenhagen et Boudinger, 1973). Par ailleurs, cette espèce a été signalée dans « la formation de Yolde » au Nigeria, datée de l'Albien supérieur - Cénomaniens moyen (Lawal, 1982). Elle indique aussi un niveau d'âge albien supérieur – cénomaniens dans le bassin de Maranhão, au Nord Est du Brésil (Herngreen, 1973). *C. jardinei* caractérise le Cénomaniens en Côte d'Ivoire.

*Steevesipollenites binodosus* fait partie de l'association palynologique assignée au Cénomaniens supérieur. En effet, ce pollen a été observé dans des niveaux cénomaniens par Kotova (1978) au Nord-Est de l'océan Atlantique dans un projet de forage DSDP (Deep Sea Drilling Project, leg 41, sites 367 and 370). D'autres auteurs tels que Stover (1963, 1964), Brenner (1963, 1968), Herngreen (1973), Jardiné et Magloire (1965), Lawal et Moullade (1986) confirment sa présence dans cet étage.

*Classopollis triangulus* et *Classopollis torosus* dans le bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire, caractérisent le Cénomaniens (rapports internes de PETROCI non publiés). D'autre part, au Nord Est de l'Égypte, Mahmoud et Deaf (2007) mentionnent la présence de *C. torosus* dans un niveau albien. La distribution verticale de ce pollen dans le forage Kabrit-1 dans l'onshore au nord du golfe de Suez en Égypte se situe entre l'Aptien et le Cénomaniens (Mahmoud et Deaf, 2007).

## **b. Sondage SW5#**

La carotte #3 de 2746,55 m à 2796,54 m a fait l'objet d'analyse (Figure 35). Le Cénomaniens supérieur dans le sondage SW5# est marqué par les LAD de taxons marqueurs *Ephedripites barghoornii* à 2750,82 m, *Classopollis classoides* à 2763,01 m et *Steevesipollenites binodosus* à 2766,06 m qui indiquent un âge cénomaniens supérieur.

*Ephedripites barghoornii*, décrite comme *Cicatricosisporites* sp. S.CI.163 par Jardiné et Magloire (1965), caractérise la séquence albienne (principalement l'Albien supérieur) et celle du Cénomanién inférieur au Sénégal et l'Albien et le Cénomanién en Côte d'Ivoire (Jardiné et Magloire, 1965 ; Herngreen, 1973). Par ailleurs, ce grain de pollen est attribué à une zone d'âge cénomanién au Maroc (Muller, 1968 ; Lawal et Moullade, 1986).

*Steevesipollenites binodosus*, cette espèce fait partie de l'association palynologique assignée au Cénomanién supérieur dans les travaux des auteurs Stover (1963, 1964), Brenner (1963, 1968), Herngreen (1973), Jardiné et Magloire (1965), Kotova (1978), Lawal et Moullade (1986). Cette espèce est mentionnée dans des dépôts d'âge albien- cénomanién - turonien en Guinée Bissau et au Sénégal (Stover, 1964). Dans les travaux inédits de PETROCI, nous observons régulièrement et constamment la présence de cette espèce dans le Cénomanién supérieur.

*Classopollis classoides*, cette espèce présente un grand polymorphisme dû pour une part à un état de conservation différentiel, mais aussi à une évolution progressive au cours du Crétacé inférieur et moyen (Jardiné et Magloire, 1965). Ainsi, ces auteurs ont observé cette espèce depuis la limite apto-albienne jusqu'au sommet du Cénomanién. Nous notons la présence de *Classopollis classoides* en FDO (First Downhole Occurrence) au toit du Cénomanién supérieur dans les sondages pétroliers étudiés au Centre d'Analyses et de Recherche de PETROCI.



### c. Sondage SW6#

La carotte #2 de 2835,86 m à 2863,29 m a fait l'objet d'analyse aux cotes 2836,16 m et 2859,94 m (Figure 36).

SW6#		Spores et grains de pollen						
Âges	Profondeurs (mètre)	1	2	3	4	5	6	7
		<i>Tricolpites</i> sp.Ci.13	<i>Leptolepidites psarosus</i>	<i>Cretacaeiporites polygonalis</i>	<i>Ephedripites multicostatus</i>	<i>Inaperturopollenites</i> spp.	<i>Ephedripites</i> spp.	<i>Cycadopites</i> spp.
CENOMANIEN	2836,16					•	•	•
	2859,94	•	•	•	•			

Figure 36 : Distribution des spores et grains de pollen dans le sondage SW6#.

Le Cénomaniens supérieur dans le sondage SW6# est marqué par la présence de l'espèce *Cretacaeiporites polygonalis* à 2859,94 m.

*Cretacaeiporites polygonalis* décrit comme *Multiporopollenites polygonalis* par Jardiné et Magloire (1965) indique l'Albien – Cénomaniens au Sénégal et en Côte d'Ivoire (Herngreen, 1973). Selon Jardiné (1967), cette espèce apparaît fréquemment dans le Cénomaniens inférieur et rarement dans le Cénomaniens supérieur. D'autres auteurs tels que Stover (1963, 1964), Brenner (1963, 1968), Herngreen (1973), Jardiné et Magloire (1965), Kotova (1978) ou Lawal et Moullade (1986) abondent dans ce sens. Ils estiment que l'association d'espèces composée de *Cretacaeiporites polygonalis*, *Cribelosporites pannuceus*, *Galeacornea causea*, *Tetracolpites* sp., *Steevesipollenites binodosus* et *Ephedripites* sp.11 apparaît pendant l'Albien pour disparaître au Cénomaniens.

### d. Sondage SE12#

La carotte #4 de 2769 m à 2784 m a fait l'objet d'analyse aux 19 cotes allant de 2777 m à 2784,20 m (Figure 37).

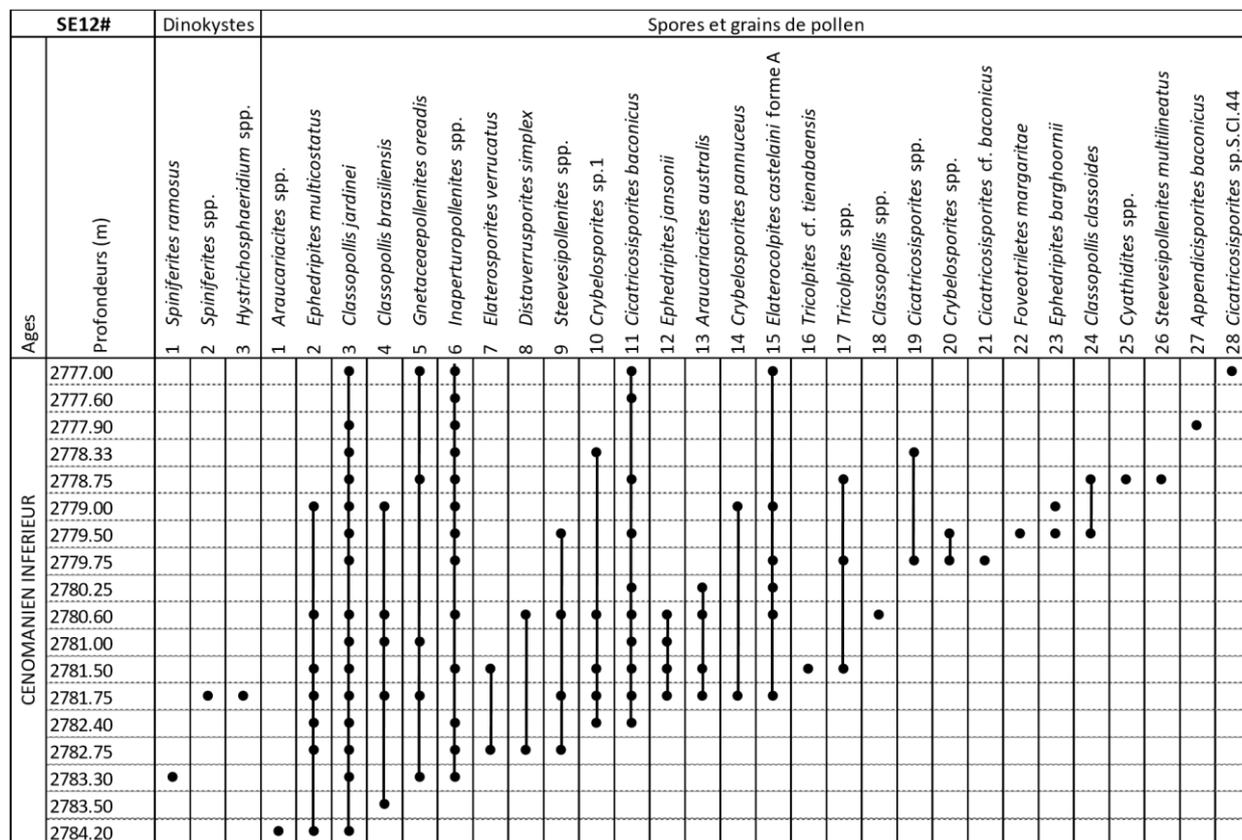


Figure 37 : Distribution verticale des kystes de dinoflagellés, des spores et grains de pollen dans le sondage SE12#.

Le Cénomanien inférieur dans le sondage SE12# est marqué par les LAD de *Elaterocolpites castelaini* forme A et *Gnetaceaepollenites oreadis* à 2777 m et de *Elaterosporites verrucatus* à 2781,5 m.

*Elaterocolpites castelaini* est d'après Jardiné (1967) caractéristique des niveaux d'âge albien - cénomanien inférieur au Gabon et cénomanien inférieur du Sénégal. Cet auteur ne soutient que « la forme À est restreinte au Cénomanien ». En outre, Jardiné et Magloire (1965), cités par Hengreen (1973), ont mis en évidence le Cénomanien supérieur au Sénégal par une association de marqueurs stratigraphiques parmi lesquels figuraient *Elaterocolpites castelaini* forme A et B, *Galeacornea causea* forme A et B, et *Elaterosporites klaszi*.

*Gnetaceaepollenites oreadis* a été mentionné dans une association de palynomorphes de l'Albien moyen dans le bassin d'Agadir-Essaouira (Maroc) par Bettar et Méon (2006). *G. oreadis* est ici observée dans une association du Cénomanién inférieur.

### e. Sondage SE8#

La carotte #1 de 2136,65 m à 2213,76 m a fait l'objet d'analyse aux cotes 2138,69 m, 2142,29 m, 2149 ;45 m, 2175,97 m et 2210,10 m (Figure 38).

SE8#		Spores et grains de pollen							
Âges	Profondeurs (m)								
		1	2	3	4	5	6	7	8
		<i>Ephedripites</i> spp.	<i>Classopollis brasiliensis</i>	<i>Classopollis jardinei</i>	<i>Cycadopites</i> spp.	<i>Ephedripites multicosatus</i>	<i>Steevesipollenites cupuliformis</i>	<i>Cicatricosisporites baconicus</i>	<i>Triorites africaensis</i>
CENO/TUR	2138,69						●		
CENOM SUP.	2142,29		●				●	●	●
	2149,45		●		●	●			
	2175,97		●	●					
	2210,10	●	●						

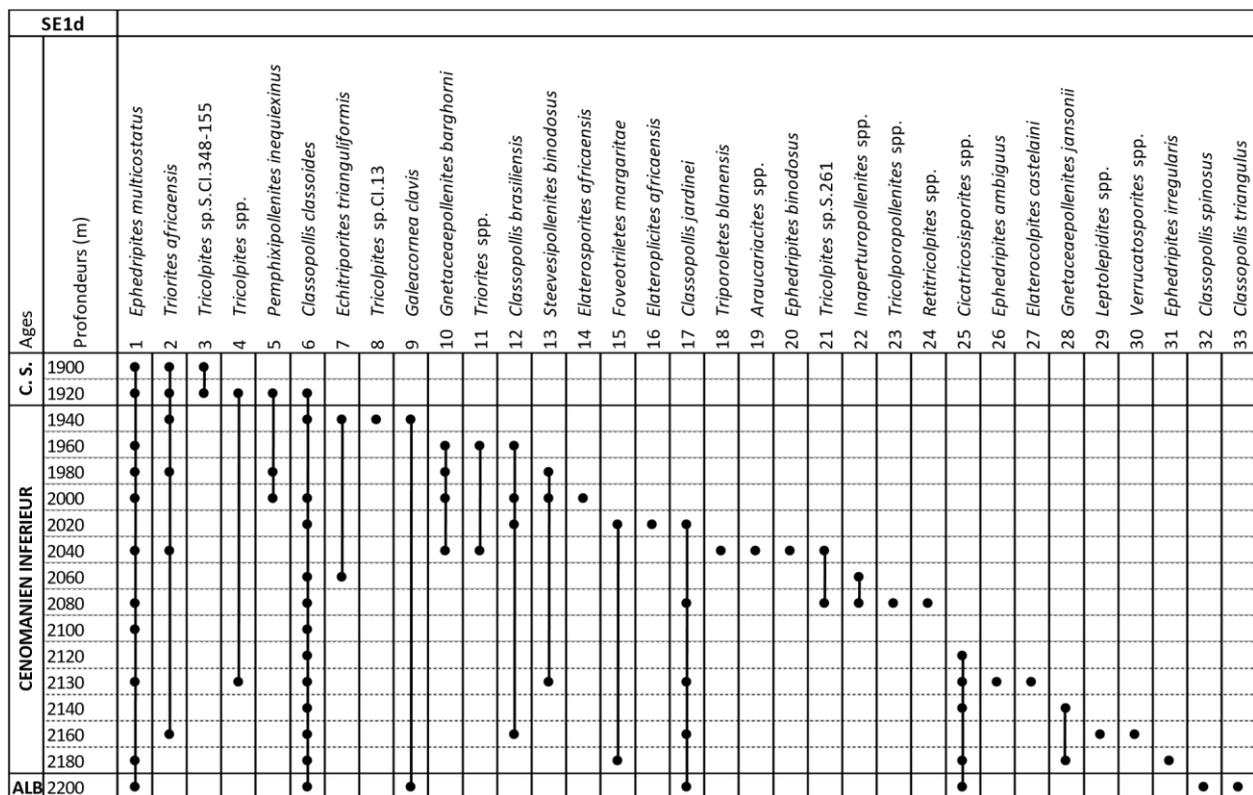
Figure 38 : Distribution des spores et grains de pollen dans le sondage SE8#.

Le Cénomanién supérieur dans le sondage SE8# est marqué par les présences des espèces *Triorites africaensis*, *Classopollis brasiliensis* à 2142,29 m et *Classopollis jardinei* à 2175,97 m. *Triorites africaensis* est une espèce qui disparaît dans le Cénomanién. Elle caractérise le Cénomanién supérieur dans le bassin du Sénégal (Jardiné et Magloire, 1965 ; Hengreen, 1973). D'autre part, *Triorites africaensis* constitue un marqueur de la zone II d'âge Cénomanién supérieur dans le bassin de la Haute - Bénoué au Nord Est du Nigeria (Lawal et Moullade, 1986).

*Classopollis brasiliensis* est présenté comme un pollen repère du Cénomanién dans le bassin d'Agadir-Essaouira (Maroc) par Bettar et Méon (2006). Ibrahim (1995) établit la répartition stratigraphique de cette espèce entre le Cénomanién inférieur - Cénomanién supérieur dans la dépression Qattara en Egypte. *C. brasiliensis* aurait été signalé dans des niveaux d'âge cénomanién inférieur - cénomanién supérieur du Sénégal, de la Côte d'Ivoire, du Nord-Est de la Libye et du Nigeria (Jardiné et Magloire, 1965 ; Thusu et Van der Eem, 1985 ; Lawal et Moullade, 1986 ; Ibrahim *et al.*, 1995).

### f. Sondage SE1d

Les échantillons de déblais du Cénomanién étudiés vont : de la côte 1900 m à la cote 2180 m (Figure 39).



NB : C.S. = Cénomanién Supérieur ; ALB = Albien.

Figure 39 : Distribution des spores et grains de pollen des déblais dans le sondage SE1d.

Le Cénomanién supérieur dans le sondage SE1d est marqué à 1900 m par les LAD des espèces *Triorites africaensis* à 1900 m, *Pemphixipollenites inequixinus* et *Classopollis classoides*

à 1920 m. Les présences de *Triorites africaensis* et *Pemphixipollenites inequixinus* indiquent un âge Cénomanién supérieur.

*Pemphixipollenites inequixinus* caractérise le Cénomanién moyen à supérieur au Nord Est du Nigeria dans la formation de « Yolde » (Lawal, 1982). En outre, l'espèce met en évidence le Cénomanién supérieur dans les provinces microfloristiques d'Afrique et de l'Amérique du Sud (Herngreen, 1974). Ce palynomorphe a été utilisé pour dater le Cénomanién dans les formations sédimentaires du bassin du Sénégal (Châteauneuf et Reyre, 1974).

Le Cénomanién inférieur dans le sondage SE1d est marqué à 1940 m par *Galeacornea clavis*, *Gnetaceaepollenites barghornii* à 1960 m, *Steevesipollenites binodosus*, *Classopollis brasiliensis* et *Elateroplicites africaensis* à 1980 m, *Elaterocolpites castelaini* forme A à 2120 m et *Gnetaceaepollenites jansonii* à 2130 m.

*Galeacornea clavis* selon Stover (1963), Brenner (1968), Jardiné (1967), Jardiné et Magloire (1965), Lawal et Moullade (1986), a une extension stratigraphique dans l'intervalle Cénomanién-Turonien. Cette espèce est observée dans le Cénomanién inférieur dans notre étude. Un âge cénomanién inférieur est indiqué en association avec les espèces ci-dessus mises en évidence dans la figure 39.

### **I.3 Sénonien inférieur-Turonien**

#### **a. Sondage SW5#**

La carotte #1, #2 et #3 respectivement 2310,69 m à 2320,44 m de 2398,17 m à 2602,69 m et de 2746,55 m à 2796,54 m ont fait l'objet d'analyse aux cotes allant de 2311,91 m à 2747,77 m (Figure 40).



au Sénonien inférieur dans le bassin sédimentaire offshore de Côte d'Ivoire. Néanmoins *O. pulcherrimum* atteint le Campanien dans le forage 959D foré au large de la Côte d'Ivoire (Masure *et al.*, 1998). Sa répartition s'étend du Sénonien inférieur à l'Albien dans cette étude.

*Droseridites senonicus* est présenté comme un bon marqueur du Sénonien inférieur dont la présence en sondage caractérise une zone limitée au Coniacien-Santonien dans les bassins du Sénégal et de Côte d'Ivoire (Jardiné et Magloire 1965). Selon ces auteurs, cette spore est totalement absente dans la zone argileuse turonienne. Elle représente un bon marqueur des niveaux Coniacien-Santonien au Nigeria (Lawal et Moullade, 1986). Elle a également été enregistrée dans la partie inférieure du Sénonien inférieur au Sud-Ouest du Nigeria (Jan du Chêne *et al.*, 1978 ; Lawal et Moullade, 1986).

L'étage du Turonien est indiqué par les dernières apparitions "Last Appearance Datum" (LAD) du taxon marqueur à 2599,94 m *Steevesipollenites cupuliformis*.

*Steevesipollenites cupuliformis* dans l'étude palynologique « Pollen du Crétacé moyen du Gabon attribué aux Ephédrales » de Azéma et Boltenhagen (1974), cette espèce caractérise les étages de l'Albien et du Turonien.

*Florentinia berrani* a, selon les travaux de El Beialy *et al.*, (2010) dans le désert du Nord-Ouest de l'Égypte, une extension verticale du Cénomaniens inférieur au Turonien inférieur. Des dinokystes dont *Florentinia berrani* ont été enregistrés dans la zone 4 (Cénomaniens supérieur-Turonien inférieur) au Nord-Ouest de l'Égypte (Schrank et Ibrahim, 1995 ; Abubakar *et al.*, 2011). Cependant, au Nord Est de l'Égypte, Mahmoud et Deaf (2007) mentionnent la présence de ce dinokyste au Cénomaniens inférieur.

*Tricolpites* sp. S.CI. 294 et *Tricolpites* sp. S.CI. 348-155 indiquent respectivement le Sénonien et le Sénonien inférieur - Turonien dans les bassins sénégalais et ivoirien (Jardiné et Magloire, 1965).

## **b. Sondage SW6#**

La carotte #1 de 2506,07 m à 2531,06 m a fait l'objet d'analyse aux cotes 2506,67 m et 2530,45 m (Figure 41).

SW6#		Dinokystes	spores et grains de pollen						
SENONIEN INF.	Ages								
	Profondeurs (m)								
		1	2	3	1	2	3	4	5
		<i>Hystrichodinium</i> spp.	<i>Corasphaeridium inodes</i>	<i>Odontochitina porifera</i>	<i>Ephedripites multicosatus</i>	<i>Deltoidospora</i> spp.	<i>Inaperturopollenites</i> spp.	<i>Monosulcites</i> spp.	<i>Ephedripites</i> spp.
	2507		•	•		•	•	•	•
	2530	•			•	•	•	•	

Figure 41: Distribution verticale des kystes de dinoflagellés, des spores et grains de pollen dans le sondage SW6#.

Le Sénonien inférieur est marqué par la présence de *Odontochitina porifera* et *Ephedripites* spp. à 2506,67 m.

*Odontochitina porifera* est répertorié comme étant typique du Santonien sur la marge Côte d'Ivoire - Ghana selon Oboh-Ikuenobe *et al.* (1998). Ces auteurs soutiennent que la disparition (sens sédimentation) de *O. porifera* a été signalée dans le Santonien supérieur en Colombie (Jaramillo *et al.*, 1994), dans les roches du Santonien supérieur au Campanien inférieur en Australie (Helby *et al.*, 1987) et le Santonien moyen dans l'Atlantique Nord (Williams *et al.*, 1993). Mais Masure *et al.* (1998) citent l'espèce dans le Campanien sur la marge Côte d'Ivoire - Ghana.

Le genre *Ephedripites* spp. a été répertorié dans l'Albien et le Cénomaniens du bassin de Tano- Ghana (Atta-Peters *et al.*, 2015). Ce palynomorphe a également été trouvée dans le bassin sédimentaire offshore de Côte d'Ivoire dans un niveau Campanien inférieur (Téa-Yassi *et al.*, 1999).

### Sondage SW4#

La carotte #1, #2 et #3 respectivement 2372,87 m à 2391,16 m, de 2464 m à 2482,29 m et de 2546,91 m à 2555,75 m ont fait l'objet d'analyse aux cotes 2379,57 m, 2473,15 m, 2478,63 m, 2547,82 m, 2548,13 m et 2842,26 m (Figure 42).



#### d. Sondage SE2#

La carotte #1 de 2025,40 m à 2037,59 m a fait l'objet d'analyse à une seule cote : 2031,19 m. Le Sénonien inférieur-Turonien est marqué par *Tricolpites gigantoreticulatus* à 2031,19 m.

*Tricolpites gigantoreticulatus* selon les travaux de Jardiné et Magloire (1965), s'étend du Turonien au Sénonien inférieur dans le bassin sénégalais. Cette spore représente un bon marqueur des niveaux Coniacien-Santonien au Nord-Est du Nigeria (Lawal et Moullade, 1986). Un âge Turonien inférieur a été déduit pour des dépôts sédimentaires du Nord-Ouest de l'Egypte sur la base de la présence de *T. gigantoreticulatus* et de la co-occurrence d'une association d'espèces classiques de la période (El Beialy *et al.*, 2010).

#### e. Sondage SE5#

Les carottes #1 (1861,72 m à 1876,04 m) et #2 (2000,10 m à 2245,16 m) ont fait l'objet d'analyse aux cotes 1861,72 m, 2023,26 m, 2041,55 m, 2234,18 m et 2243,33 m (Figure 43).

SE5#		Dinokystes					Spores et grains de pollen																
Ages	Profondeurs (m)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
		<i>Hystrichodinium pulchrum</i>	<i>Trichodinium castanea</i>	<i>Oligosphaeridium complex</i>	<i>Xenascus ceratioides</i>	<i>Florentinia radiculata</i>	<i>Inaperturopollenites spp.</i>	<i>Tricolpites sp.CI.13</i>	<i>Convolutispora spp.</i>	<i>Chomotriletes spp.</i>	<i>Inaperturopollenites sp.CI.93</i>	<i>Droseridites senonicus</i>	<i>Ephedripites multicostatus</i>	<i>Tricolpites giganteus</i>	<i>Ephedripites ambiguus</i>	<i>Gabonispuris vigourouxii</i>	<i>Foveotriletes margaritae</i>	<i>Tricolpites spp.</i>	<i>Triporoletes blanensis</i>	<i>Ariadnaesporites spinosus</i>	<i>Parasyncolporites spp.</i>	<i>Tricolpites sp.S.CI. 278</i>	
SENONIEN INF.	1861,72	•					•	•															
	2023,26								•	•													
	2041,55											•	•	•									
	2234,18		•	•	•	•									•	•	•	•	•	•	•	•	•
	2245,16																						•

Figure 43 : Distribution verticale des kystes de dinoflagellés, spores et grains de pollen dans le sondage SE5#.

Le Sénonien inférieur est marqué pour les grains de pollen et spores par les présences de *Tricolpites sp. CI. 13* à 1861,72 m ; *Droseridites senonicus*, *Ephedripites ambiguus* et *Ephedripites multicostatus* à 2023,26 m ; *Tricolpites giganteus* à 2041,55 m ; *Tricolpites sp. S.CI. 278* et *Triorites sp. S.CI. 37* à 2245,16 m ; pour les kystes de dinoflagellés, par les présences de *Florentinia radiculata*, et *Oligosphaeridium complex* à 2234,18 m.

*Tricolpites* sp. CI. 13 marque la limite supérieure du Sénonien inférieur par sa présence, ce qui constitue un repère en Côte d'Ivoire (Jardiné et Magloire, 1965).

*Ephedripites multicostatus* a une répartition stratigraphique du Cénomaniens au Turonien au Gabon, albienne en Côte d'Ivoire, du Cénomaniens au Sénonien en Malaisie, cénomaniens en Oklahoma (Azéma et Boltenhagen, 1974). *E. multicostatus* est également présente dans une association de palynomorphes caractéristiques d'un niveau daté Turonien supérieur à Coniacien dans la marge Côte d'Ivoire-Ghana (Oboh-Ikuenobe *et al.*, 1998). D'après les travaux de El Beialy *et al.* (2010) dans le désert du Nord-Ouest de l'Égypte, cette espèce est présente dans des séries sédimentaires attribuées au Turonien inférieur.

Dans les bassins du Sénégal et de Côte d'Ivoire, la séquence du Turonien-Sénonien inférieur est marquée par l'abondance des représentants du genre *Tricolpites*, des tricolpés et des tricolporés selon Jardiné et Magloire (1965).

*Tricolpites* sp. S.CI. 278 et *Triorites* sp. S.CI.37 à 2245,16 m constituent une association palynologique assignée au Sénonien inférieur selon les travaux de Jardiné et Magloire (1965) dans les bassins du Sénégal et de Côte d'Ivoire. La présence de ces espèces marquent respectivement les étages Albien supérieur-Cénomaniens et le Sénonien inférieur.

*Florentinia radiculata* caractérise le Sénonien inférieur (2250 m à 2064 m) en association avec les espèces *Oligosphaeridium complex* et *Oligosphaeridium pulcherrimum* dans le bassin offshore de Côte d'Ivoire (Digbehi *et al.*, 2011). De plus, *F. radiculata*, a été signalé dans la zone 3 (Albien supérieur-Cénomaniens moyen) et dans la zone 4 (Cénomaniens supérieur-Turonien inférieur) du Nord-Ouest de l'Égypte (Schrank et Ibrahim, 1995 ; Abubakar *et al.*, 2011).

#### **f. Sondage SE6#**

La carotte #1 et #2 respectivement 2203,40 m à 2273,81 m et de 2382,01 m à 2401,21 m ont fait l'objet d'analyse aux cotes 2205,38 m, 2266,49 m, 2387,19 m, 2392,37 m et 2398,01 m (Figure 44).

SE6#		Spores et grains de pollen										
CENO SENO. INF.	2205,4							●	●	●	●	●
	2266,5				●	●	●					
	2387,2	●	●		●							
	2392,4			●								
	2398	●	●									
Ages		Profondeurs (m)										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		<i>Longapertites marginatus</i> <i>Chomotriletes</i> spp. <i>Classopollis classoides</i> <i>Ephedripites multicostatus</i> <i>Trifossapollenites ivoirensis</i> <i>Tricolporopollenites</i> sp. S. CI. 215 <i>Triorites</i> spp. <i>Monocolpites</i> spp. <i>Ephedripites</i> sp. 1 Herengreen 1973 <i>Tricolpites</i> sp. CI. 13 <i>Tricolporopollenites</i> sp. S. CI. 424										

Figure 44: Distribution verticale des spores et grains de pollen dans le sondage SE6#.

Le Sénonien inférieur dans le sondage SE6# est marqué par les présences de *Tricolpites* sp. CI. 13, *Tricolporopollenites* sp. S. CI. 428, *Ephedripites* sp. 1 et *Triorites* spp. à 2205,23 m.

*Tricolpites* sp. CI. 13 et *Tricolporopollenites* sp. S. CI. 428 sont des grains de pollen dont les présences constituent respectivement des fossiles repères du Sénonien et du Sénonien inférieur - Turonien en Côte d'Ivoire (Jardiné et Magloire, 1965).

*Tricolporopollenites* sp. S. CI. 215 fait partie de l'association palynologique qui caractérise le Sénonien inférieur dans le bassin de Côte d'Ivoire (Jardiné et Magloire, 1965).

### g. Sondage SE1d

Ci-dessous la distribution des kystes de dinoflagellés, des spores et grains de pollen dans les déblais du sondage SE1d (Figure 45).



## I.4 Campanien

### a. Sondage SW1#

Ci-dessous la distribution des kystes de dinoflagellés, des spores et grains de pollen des échantillons de carottes du sondage SW1# (Figure 46).

SW1#		Dinokystes + Microforaminifères											Spores et grains de pollen									
Ages	Profondeurs (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
		<i>Microforaminifera</i> lining	<i>Andalusiella mauthei</i> subsp. <i>aegyptica</i>	<i>Andalusiella ivoirensis</i>	<i>Palaeocystodinium</i> spp.	<i>Andalusiella gabonensis</i>	<i>Cerodinium</i> spp.	<i>Cerodinium diebelii</i>	<i>Andalusiella mauthei</i>	<i>Senegalinium bicavatum</i>	<i>Trichodinium castanea</i>	<i>Palaeocystodinium golzowense</i>	<i>Steevesipollenites cupuliformis</i>	<i>Tricolpites</i> spp.	<i>Tricolpites</i> aff. <i>Tricolpites</i> spp.	<i>Monocolpites</i> aff. <i>sphaerolites</i>	<i>Linguliparites microfoveolatus</i>	<i>Linguliparites</i> spp.	<i>Foveolites margaritae</i>	<i>Cyatholites australis</i>	<i>Coniozonoportites</i> spp.	
CAMP. INF.	445,33	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	●	●	●	●	
TURONIEN ?	1018,4	●										●	●									

Figure 46: Distribution verticale des kystes de dinoflagellés, des spores et grains de pollen dans le sondage SW1#.

Le Campanien inférieur est marqué dans la carotte de SW1# par la présence de *Trichodinium castanea* à 445,33 m en association avec *Andalusiella ivoirensis*, *Andalusiella gabonensis*, *A. mauthei*, *A. mauthei* subsp. *aegyptica*, *Cerodinium diebelii*, *Palaeocystodinium golzowense* et *Senegalinium bicavatum*.

*Trichodinium castanea* est une espèce ayant une répartition du Valanginien inférieur au Campanien supérieur d'après Williams *et al.* (1993). *T. castanea* est bien représenté au cours du Campanien dans le sondage ODP 959D (Sanchez-Pellicer, 2017) et des individus sont répertoriés dans le Maastrichtien (Masure *et al.*, 1998). Cette espèce a été observée dans le Campanien supérieur sur la marge Côte d'Ivoire-Ghana (Digbehi *et al.* 1997), du Turonien supérieur/Coniacien au Campanien supérieur sur la même marge (Obloh-Ikuenobe *et al.* 1998), dans le Campanien au Brésil (Arai *et al.*, 1994). Nous rappelons que la première présence de cette espèce sans forage marque le toit du Campanien inférieur dans notre étude. En effet, *Trichodinium castanea* préfère les environnements côtiers (Sanchez-Pellicer *et al.* 2018). L'absence de *T. castanea* au Campanien supérieur-Maastrichtien, peut être expliquée par un approfondissement du Bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire et l'absence de courants.

Les espèces du genre *Andalusiella* caractérisent l'association microfloristique appartenant à la province type de Malloy (Lentin et Williams, 1980). De ce fait, l'avènement des espèces du genre *Andalusiella* est un bio-événement commun aux bassins sédimentaires tropicaux à subtropicaux ou téthysiens qui se produit au Campanien et au Maastrichtien, il est reconnu par Schrank (1988), Masure *et al.* (1996), Atta-Peters et Salami (2006) et Guédé (2016). *Andalusiella mauthei* subsp. *aegyptica*, la présence de l'espèce suggère un âge Campanien supérieur, conformément aux travaux de synthèse de Williams *et al.* (2017). Dans l'étude menée par Schrank (1988) sur la préservation des dinokystes du Campanien supérieur en Égypte, les principales associations microfloristiques caractéristiques de l'intervalle daté Campanien comportaient l'espèce *Andalusiella mauthei* subsp. *aegyptica*, précédemment décrite en tant que *Andalusiella polymorpha* subsp. *aegyptica*.

*Andalusiella ivoirensis*, taxon endémique, typique des bassins péri-atlantiques (Masure *et al.*, 1996) a été communément identifié dans les dépôts Maastrichtien inférieur en Côte d'Ivoire (Téa *et al.*, 1999 ; Masure *et al.*, 1998) et au Ghana (Masure *et al.*, 1998).

*Senegalinium bicavatum* possède une vaste répartition géographique dans les bassins tropicaux à subtropicaux ou téthysiens (Guédé, 2016), à l'instar des espèces du genre *Andalusiella*, *S. bicavatum* a été observé par Schrank (1988) dans le Campanien-Maastrichtien du Sénégal, au Sénonien au Brésil, et au Campanien supérieur en Egypte. En outre, dans les travaux de Gustavo et Javier (2000) dans le bassin de la Colombie, l'association à *Senegalinium bicavatum* a pu contribuer à dater les séries du Campanien supérieur. En Côte d'Ivoire, la répartition stratigraphique de l'espèce couvre le Campanien-Maastrichtien (Tea-Yassi *et al.* 1999) ; Assalé (2013) ; Bié *et al.* (2012).

## **b. Sondage SE9#**

Ci-dessous la distribution des kystes de dinoflagellés, des spores et grains de pollen des échantillons de carottes du sondage SE9# (Figure 47).

SE9#		Dinokystes				S & P	
Âges	Profondeurs (m)	1	2	3	4	5	6
		<i>Hystrichodinium pulchrum</i>	<i>Trichodinium castanea</i>	<i>Circulodinium distinctum</i>	<i>Unipontidinium</i> spp.	<i>Ephedripites multicostratus</i>	<i>Ephedripites ambiguus</i>
CAMP	1932	•	•	•	•		•
SFNO	2225,04					•	

Figure 47: Distribution verticale des kystes de dinoflagellés, des spores et grains de pollen dans le sondage SE9#.

L'étage du Campanien dans le sondage carotté SE9# est suggéré par des kystes de dinoflagellés *Circulodinium distinctum*, *Hystrichodinium pulchrum*, *Trichodinium castanea* et *Unipontidinium* spp. à 1931,97 m.

*Circulodinium distinctum* dispose d'une longue distribution verticale du Jurassique supérieur (Kimméridgien supérieur) au Maastrichtien supérieur Williams *et al.* (1993). *C. distinctum* se rencontre en abondance sur la marge Côte d'Ivoire-Ghana où elle date les formations du Santonien (Oboh-Ikuenobe *et al.*, 1998). La présence de cette espèce indique le Campanien inférieur dans cette étude en association avec *Hystrichodinium pulchrum* et *Trichodinium castanea*.

*Hystrichodinium pulchrum*, en fait le genre *Hystrichodinium*, s'éteint dans la partie inférieure du Maastrichtien inférieur (Williams *et al.*, 1993). Sa présence dans les échantillons indique un âge Maastrichtien inférieur ou plus ancien. Des individus sont répertoriés dans le Campanien inférieur de l'offshore de Côte d'Ivoire (Digbehi *et al.*, 1997).

*Trichodinium castanea* est bien représenté au cours du Campanien dans le puits ODP 959D (Sanchez-Pellicer *et al.*, 2017) des individus sont répertoriés dans le Maastrichtien (Masure *et al.*, 1998).

Le genre *Unipontidinium* est un taxon couramment répertorié dans les sédiments de la marge de Côte d'Ivoire-Ghana et cette espèce a été effectivement observée par Masure *et al.* (1998) dans des dépôts santoniens. Une récente étude de Sanchez-Pellicer *et al.* (2017) montre que

l'espèce est bien représentée au cours du Campanien au Danien. En raison de ces distributions et des abondances constatées dans SE9#, un âge Campanien inférieur est adopté.

### c. Sondage SE1d

Ci-dessous la distribution des kystes de dinoflagellés, des spores et grains de pollen des échantillons dans le sondage SE1d (Figure 48).

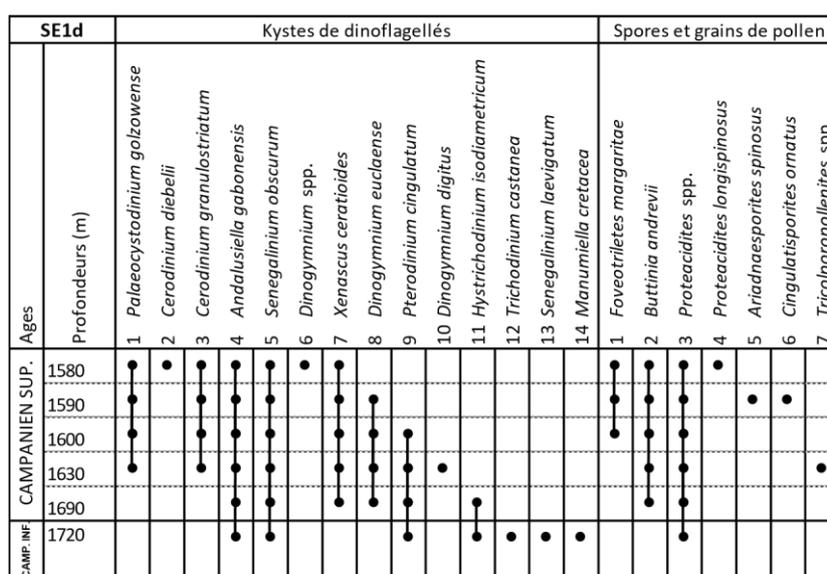


Figure 48: Distribution verticale des kystes de dinoflagellés, des spores et grains de pollen des déblais dans le sondage SE1d.

Le Campanien supérieur est caractérisé dans SE1d par la présence du kyste de dinoflagellé *Xenascus ceratioides* à 1580 m.

*Xenascus ceratioides* : le genre *Xenascus* s'éteint (LAD) dans le Maastrichtien inférieur (Williams *et al.*, 1993). Il caractérise les dépôts campaniens supérieurs dans l'offshore de Côte d'Ivoire (Digbehi *et al.*, 1998, Tea-Yassi *et al.*, 1999).

Le Campanien inférieur est caractérisé dans SE1d par *Trichodinium castanea* à 1720 m. *Trichodinium castanea* est bien représenté au cours du Campanien dans le puits ODP 959D (Sanchez-Pellicer, 2017), des individus sont répertoriés dans le Maastrichtien (Masure *et al.*, 1998).



*Senegalinium bicavatum*, le genre *Senegalinium* s'éteint (LAD) dans l'Oligocène inférieur (Williams *et al.*, 1993). Néanmoins, *S. bicavatum* caractérise dans notre zone d'étude le Maastrichtien supérieur en association aux formes caractéristiques de cet étage dont ici *Andalusiella gabonensis* et *Proteacidites* sp. S.CI. 1.

### b. Sondage SE1d

Ci-dessous la distribution des kystes de dinoflagellés, des spores et grains de pollen des échantillons de déblais dans le sondage SE1d (Figure 50) :

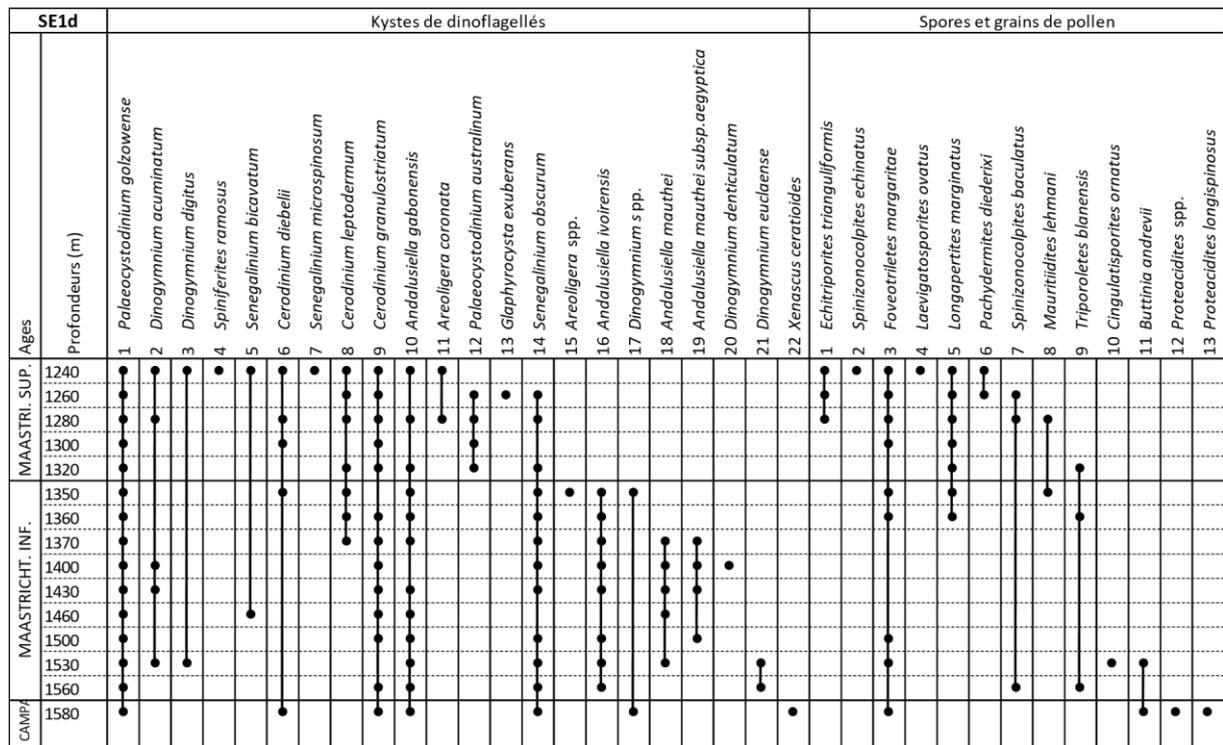


Figure 50: Distribution verticale des kystes de dinoflagellés, des spores et grains de pollen des déblais du sondage SE1d.

Le Maastrichtien supérieur est marqué dans le sondage de déblais SE1d à 1240 m par la présence des kystes de dinoflagellés *Cerodinium granulostriatum*, *Senegalinium bicavatum*, *Andalusiella gabonensis*, *Dinogymnium acuminatum* et *Dinogymnium digitus*.

*Cerodinium granulostriatum* a été observé dans le bassin offshore de Côte d'Ivoire du Campanien supérieur au Maastrichtien supérieur (Digbehi *et al.*, 1996, 2012 ; Masure *et al.*, 1998). Ailleurs, au Brésil dans le Maastrichtien supérieur (Arai, 2007).

Le genre *Senegalinium* a une répartition stratigraphique du Campanien supérieur à l'Oligocène inférieur (Williams *et al.*, 1993) mais *S. bicavatum* caractérise le Campanien et le Maastrichtien des bassins du Sénégal (Jain et Millepied, 1973) et de l'Égypte (Schrank, 1987). Nous l'observons effectivement dans notre étude en association avec les formes des étages caractéristiques du Maastrichtien et du Campanien.

Le genre *Dinogymnium* a une répartition du Turonien au Maastrichtien (Williams *et al.*, 1993, Atta-Petters *et al.*, 2013) et dans le Campanien à Maastrichtien dans le bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire (Digbehi *et al.*, 1996). Dans notre étude les espèces *Dinogymnium acuminatum* et *Dinogymnium digitus* caractérisent le Maastrichtien supérieur en association avec *Cerodinium granulostriatum*, *Senegalinium bicavatum* et *Andalusiella gabonensis*.

Le Maastrichtien inférieur est caractérisé dans le sondage de déblais SE1d à 1350 m par la présence du kyste de dinoflagellé *Andalusiella ivoirensis* associé au grain de pollen *Buttinia andrevii* à la cote 1530 m.

*Buttinia andrevii* est un grain de pollen mis en évidence dans les bassins ouest-africains dans le Campanien et le Maastrichtien par Salard-Cheboldaeff (1990). On l'observe ailleurs, dans le bassin offshore de Tano-Ghana du Campanien au Maastrichtien (Atta-Peters *et al.*, 2004). En Côte d'Ivoire, il s'observe du Campanien supérieur au Maastrichtien inférieur (Digbehi *et al.*, 1997). Cette forme est en association dans une biozone marquée par la présence de *Andalusiella ivoirensis* forme endémique du Maastrichtien inférieur dans les bassins ouest africains.

## Chapitre II : Études comparatives et synthèse biostratigraphique

### II.1 Études comparatives : le sondage SE1d

Le sondage SE1d de cette étude, foré dans l'offshore de Côte d'Ivoire et localisé à l'Est du bassin, a fait l'objet d'études biostratigraphiques par Saint-Marc et N'Da en 1997 et ensuite par le Centre d'Analyses et de Recherche (CAR) de PETROCI en 2009. En effet, le sondage SE1d a été daté du Maastrichtien à l'Albien en continu. Elle a fait l'objet d'études pluridisciplinaires en parallèle des foraminifères, des nannofossiles calcaires, des kystes de dinoflagellés, des spores et grains de pollen.

Cette étude comparative permet de bien corréliser entre eux les différents groupes micropaléontologiques. Les résultats palynologiques montrent leur complémentarité et efficacité avec ceux des autres groupes.

#### a. Travaux de Saint-Marc et N'Da (1997)

Le sondage de déblais SE1d, selon Saint-Marc et N'Da (1997) présente deux grands ensembles sédimentaires :

- ✦ La séquence basale (1300 m de sédiments) présente au sommet quelques intercalations argileuses à *Ticinella* et *Hedbergella*, d'âge Albien supérieur.
- ✦ La séquence supérieure (? Albien supérieur jusqu'au Maastrichtien), d'une puissance de 1020 m, grés-argileuse à la base, argileuse au sommet, révèle de nombreuses discontinuités (Cénomaniens supérieur, Coniacien, passage Campanien - Maastrichtien, Paléocène basal) décelées par l'analyse biostratigraphique.

#### b. Travaux de PETROCI, 2009 (rapport interne inédit)

Un total de trois cent six (306) échantillons de déblais du sondage SE1d (1150 à 3570 m) ont été étudiés au Centre d'Analyses et de Recherche de PETROCI (rapport interne inédit, 2009). Ce sont des analyses qualitatives et quantitatives de 116 échantillons en micropaléontologie (foraminifères), 98 échantillons en nannostratigraphie et 92 en palynologie. Les étages allant du Paléocène à l'Albien moyen ont été mis en évidence (Tableau 3).

## **b.1 Paléocène**

### **b.1.1 Micropaléontologie des foraminifères**

- Présence des foraminifères planctoniques *Globoconusa daubjergensis* et *Chiloguembelina midwayensis* à 1180 et 1210 m = Paléocène ;
- Présence de foraminifères benthiques calcaires *Loxostomoides applinae*, *Bulimina trigonalis*, *Eponides africana*, *Eponides pseudoelevatus*, *Eponides eshira*, *Bulimina inflata*, *Siphogenerinoides eleganta*, *Nodosaria affinis*, *Gavelinella compressa*, *Globobulimina oviformis* de 1150 à 1210 m = Paléocène.

Les premiers échantillons analysés du puits SE1d analysés en Micropaléontologie (+1150 et 1210 m) ont révélé une faune constituée des foraminifères planctoniques *Globoconusa daubjergensis* et *Chiloguembelina midwayensis* indicatifs d'âge Paléocène. Cet âge paléocène est confirmé par la présence aux mêmes profondeurs des foraminifères benthiques calcaires *Loxostomoides applinae*, *Bulimina trigonalis*, *Eponides africana*, *Eponides pseudoelevatus*, *Eponides eshira*, *Bulimina inflata*, *Siphogenerinoides eleganta* et *Nodosaria affinis*.

Cet intervalle paléocène est marqué par une très rare présence à absence de foraminifères agglutinés. Sur la base des critères diagnostiques en micropaléontologie, la base de l'intervalle Paléocène (limite Crétacé – Tertiaire ou K/T) est indiquée à 1240 m avec l'apparition de l'espèce index Maastrichtien.

### **b.1.2 Micropaléontologie des Nannofossiles calcaires**

- FDO de *Cruciplacolithus intermedius* à la cote 1150 m = Danien (Paléocène inférieur) ;
- FDO de *Coccolithus pelagicus* à 1180 m.

Les échantillons de cet intervalle sont pauvres. La première apparition de *Cruciplacolithus intermedius* à 1150 m est indicatrice d'un âge Paléocène inférieur (Danien).

### **b.1.3 Paléoenvironnements : Marin ouvert, néritique interne à moyen**

L'intervalle Paléocène (+1150 - 1240 m) comprend une microfaune composée de foraminifères benthiques calcaires communs à abondants dominés par les *Eponides* et *Bulimina*.

Ils sont associés à de rares foraminifères planctoniques. Ces assemblages suggèrent un environnement néritique, en position interne à moyenne sur le plateau continental. L'absence de foraminifères benthiques agglutinés est probablement due aux phénomènes anoxiques qui prévalaient sur les fonds marins à cette période de dépôt.

## **b.2 Maastrichtien**

### **b.2.1 Micropaléontologie des foraminifères**

- FDO des foraminifères planctoniques *Rugoglobigerina macrocephala*, *Rugoglobigerina rugosa*, *Heterohelix striata*, *Heterohelix globulosa*, *Trinitella scotti* à 1240 m = Maastrichtien ;
- FDO de *Orthokarstenia clavata* à 1240 m = Maastrichtien ;
- FDO d'*Afrolivina afra* à 1400 m = Maastrichtien inférieur ;
- FDO de *Bulimina quadrilobata* à 1550 m = Maastrichtien inférieur.

Le toit du Maastrichtien est à 1240 m avec la FDO des foraminifères planctoniques *Rugoglobigerina macrocephala*, *Rugoglobigerina rugosa*, *Heterohelix striata*, *Heterohelix globulosa* et *Trinitella scotti*.

Cet âge est confirmé à la même profondeur par la FDO de foraminifères benthiques calcaires *Orthokarstenia clavata* et *Afrolivina afra* à 1400 m, *Bulimina quadrilobata* à 1550 m. Ces foraminifères sont en association avec des espèces de longue extension stratigraphique.

La base du Maastrichtien coïncide avec la FDO des formes campaniennes à 1580 m.

### **b.2.2 Palynologie**

- FDO de *Andalusiella gabonensis* à 1240 m = Maastrichtien ;
- FDO de *Andalusiella ivoirensis* à 1350 m = Maastrichtien ;
- FDO de *Andalusiella mauthei*, *Andalusiella mauthei* subsp. *aegyptica* à 1370 m = Maastrichtien.

La première apparition des dinokystes du Maastrichtien *Andalusiella gabonensis* et *Cerodinium granulostratum* à 1240 m suggère la limite K/T à cette profondeur. La confirmation de la pénétration des sédiments du Maastrichtien est donnée par le FDO d'*Andalusiella ivoirensis*

à 1350 m, *Andalusiella mauthei* et *Andalusiella mauthei* subsp. *aegyptica* à 1370 m. La base du Maastrichtien est placée à 1580 m en s'appuyant sur la première apparition des marqueurs du Campanien.

### **b.2.3 Micropaléontologie des nannofossiles calcaires**

- FDO des espèces du Crétacé supérieur, *Watznaueria barnesiae*, *Micula staurophora*, *Quadrum bengalensis*, *Arkangelskiella maastrichiana* (Maastrichtien) à 1240 m ;
- FDO *Arkangelskiella cymbioformis*, *Lithraphidites quadratus* à 1270 m = Maastrichtien ;
- FDO de *Uniplanarius sissinghii* et *Eiffellithus turriseiffelii* à 1330 m = Maastrichtien.

Cet intervalle commence avec des échantillons riches en nannofossiles dont les assemblages sont bien diversifiés. Le Maastrichtien a été mise en évidence à la cote 1240 m avec la première apparition des formes du Crétacé supérieur dont celles caractéristiques du Maastrichtien : *Arkangelskiella cymbioformis*, *Uniplanarius sissinghii* et *Eiffellithus turriseiffelii*, *Watznaueria barnesiae*, *Micula staurophora*, *Quadrum bengalensis* et *Arkangelskiella maastrichiana*.

L'étage est confirmé à la cote 1270 m avec la présence de *Arkangelskiella cymbioformis* et *Lithraphidites quadratus*.

La partie inférieure de cet intervalle pourrait être attribuée au Campanien inférieur du fait de la présence sporadique de *Uniplanarius sissinghii* 1640 m et *Uniplanarius gothicus* 1700 m ; l'absence de *Uniplanarius sissinghii* et *Quadrum trifidum* à la cote 1700 m suggèrent un âge pas plus vieux que la Campanien moyen à inférieur.

Cet intervalle attribué au Campano-maastrichtien contient une zone (1520-1640 m) où les nannofossiles sont très rares à absents.

### **b.2.4 Paléoenvironnements : Marin ouvert, néritique interne à externe**

De 1240 à 1450 m, la microfaune est marquée par une présence abondante et diversifiée de foraminifères benthiques calcaires, dominée par *Bulimina* spp., espèce se développant au niveau du plateau continental. Ces foraminifères benthiques sont en association avec une présence commune des formes planctoniques non carénées.

Les dinokystes sont également abondants et diversifiés associés à des miospores à présents à rares. Ces assemblages suggèrent un environnement néritique interne à moyen pour cet

intervalle. La faible présence de formes benthiques agglutinées est révélatrice d'un environnement dysoxique qui prévalait sur les fonds marins à cette période de dépôt.

De 1450 à 1570 m, les assemblages de foraminifères sont présents et relativement diversifiée en formes benthiques agglutinées (groupe d'eau profonde *Bathysiphon* spp). Les foraminifères benthiques calcaires sont rares et les formes planctoniques absentes.

Les dinokystes sont abondants et diversifiés dominés par *Paleocystodinium golzowense* et *Andalusiella ivoirensis* associés à de rares miospores. Ces assemblages indiquent un environnement néritique moyen à externe pour cet intervalle.

### **b.3 Campanien**

#### **b.3.1 Micropaléontologie des foraminifères**

- FDO de *Gaudryina cretacea* à 1610 m = Campanien.

La pénétration est indiquée par la première apparition des foraminifères benthiques agglutinés *Gaudryina cretacea* à 1610 m. Ce taxon campanien est associé à d'autres foraminifères benthiques agglutinés et calcaires déjà observés dans les sédiments maastrichtiens.

Les foraminifères planctoniques sont absents. D'après les analyses micropaléontologiques, la section campanienne repose sur les sédiments du Sénonien inférieur à 1760 m.

#### **b.3.2 Palynologie**

- FDO de *Xenascus ceratioides* à 1580 m = Top Campanien supérieur ;
- FDO de *Hystrichodinium isodiametricum* à 1660 m = Campanien ;
- FDO de *Trichodinium castanae* à 1690 m = Campanien inférieur ;
- FDO de *Circulodinium distinctum* à 1720 m = Campanien inférieur.

Selon les critères diagnostiques en palynologie, le Campanien est indiqué à 1580 m par la première apparition de l'espèce de *Xenascus ceratioides*, l'un des taxons typiques du Campanien au large de la Côte d'Ivoire (Jardiné et Magloire 1965, 1967 ; Srivastava, 1995).

D'autres dinokystes dont *Hystrichodinium isodiametricum* à 1660 m et *Trichodinium castaneum* à 1690 m confirment cet âge.

Aucun miospore n'a été observé dans cet intervalle. La base du Campanien est fixée à 1720 m, avec l'apparition des dinokystes du Sénonien inférieur.

### **b.3.3 Paléoenvironnements : Marin, néritique moyen à externe**

Le paléoenvironnement du Campanien est identique à celui de l'étage du Maastrichtien.

## **b.4 Sénonien inférieur**

### **b.4.1 Micropaléontologie des foraminifères**

- FDO de *Whiteinella baltica* à 1770 m = Top Sénonien inférieur ;
- FDO de *Whiteinella archaeocretacea* à 1800 m = Sénonien inférieur.

Sur la base des foraminifères, la pénétration de l'intervalle du Sénonien inférieur est indiquée par la première apparition de *Whiteinella baltica* à 1770 m. Le FDO de *Whiteinella archaeocretacea* à 1800 m confirme l'âge Sénonien inférieur. Ces taxons sont en association avec d'autres foraminifères planctoniques, notamment *Hedbergella* spp., *Heterohelix* spp. et *Whiteinella* spp. Les espèces benthiques agglutinées et benthiques calcaires sont très rares, voire absents.

La base de cet intervalle est indiquée à 1830 m par le FDO des foraminifères du Turonien.

### **b.4.2 Palynologie**

- FDO de *Odontochitinia porifera* à 1720 m = Santonien ;
- FDO de *Droseridites senonicus* à 1720 m = Coniacien.

Le toit de l'intervalle du Sénonien inférieur est indiqué par le FDO de *Droseridites senonicus* à 1720 m. Le toit du Sénonien inférieur est cependant réajusté à 1675 m sur la base des

enregistrements diagraphiques. Cet âge du Sénonien inférieur est confirmé par le FDO d'*Odontochitina porifera* à 1720 m, suggérant une pénétration du Santonien.

Ces taxons du Sénonien inférieur sont associés à des dinokystes, notamment *Circulodinium distinctum*, *Hystrichodinium pulchrum*, *Odontochitina operculata*, *Oligosphaeridium complex* et *Xenascus sarjentii*. L'intervalle comprend également des grains de pollen tels que *Proteacidites dehaani*, *Ephedripites multicostatus* et *Syncolpites marginatus*.

#### **b.4.3 Micropaléontologie des nannofossiles calcaires**

- FDO à 1730 m d'*Eprolithus floralis* *Eprolithus septenarius/moratus* = Sénonien Inférieur ;
- FDO à 1830 m de *Zeugrhabdotus noeliae* = Sénonien inférieur.

Le toit du Sénonien inférieur est à 1730 m avec la première apparition des coccolithes *Eprolithus floralis*, *Lithastrinus septenarius/moratus* et *Zeugrhabdotus noeliae*. Avec l'absence totale du genre *Micula* (*M. staurophora* et *M. concava*), cet intervalle peut être attribué au Coniacien inférieur.

#### **b.4.4 Paléoenvironnements : néritique moyen**

L'intervalle 1675 - 1760 m est marqué par une présence commune de dinokystes et de foraminifères benthiques suggérant un milieu néritique moyen.

De 1760 à 1820 m, les sédiments contiennent de rares dinokystes, une présence commune et relativement diversifiées de miospores et des foraminifères planctoniques. Ces assemblages impliquent un environnement néritique interne à moyen.

### **b.5 Turonien**

#### **b.5.1 Micropaléontologie des foraminifères**

- FDO de *Hedbergella planispira*, *Hedbergella simplex* et *Hedbergella planispira* à 1830 m = Turonien ;

L'étage est caractérisé par une abondance de foraminifères planctoniques composés d'Hedbergellinidés et d'Hétérohelicidés.

La base de l'intervalle turonien est fixée à 1840 m, avec le FDO des marqueurs cénomaniens.

### **b.5.2 Palynologie**

- FDO de *Tricolpites* sp. SCI 107 à 1810 m = Turonien.

Le sommet de l'intervalle est indiqué par le FDO de *Tricolpites* sp. SCI 107 à 1810 m, suggérant une pénétration des sédiments du Turonien. Cet intervalle Turonien est très étroit (10 m) car sa détermination est basée sur le seul échantillon de 1810 m.

Sur la base des preuves palynologiques, l'intervalle Turonien repose directement sur les strates du Cénomaniens à 1820 m.

### **b.5.3 Micropaléontologie des nannofossiles calcaires**

- FDO de *Stoverius achylosus* à la cote 1830 m = Turonien ;
- FDO de *Radiolithus planus* à 1850 m = Turonien.

Les échantillons de cet intervalle sont riches en nannofossiles bien préservés avec des assembles diversifiés. Le Turonien a été identifié à la cote 1830 m par la première apparition de *Stoverius achylosus* et la FDO de *Radiolithus planus* à 1850 m confirme cet étage.

La base de cet intervalle a été située à la cote 1880 m par l'observation de *Rhagodiscus asper* qui indique le toit du Cénomaniens.

### **b.5.4 Paléoenvironnements : néritique interne à moyen**

La microfaune dans cet intervalle est principalement composée de formes planctoniques à chambre globulaire comprenant *Hedbergella*, *Whiteinella*, *Heterohelix* etc. Les spécimens benthiques sont absents. Les palynomorphes ne sont composés que de miospores. Cette association suggère des conditions de dépôt néritique interne à moyen.

## **b.6 Cénomanién**

### **b.6.1 Micropaléontologie des foraminifères**

- FDO de *Globigerinelloides bentonensis* à 1840 m = Cénomanién ;
- FDO de *Schackoina cenomana* à 1850 m = Cénomanién ;
- FDO de *Globigerinelloides caseyi* à 1880 m = Cénomanién ;
- FDO de *Hedbergella/ Globigerinelloides* sp. à 2150 m = Cénomanién.

Le toit de l'intervalle cénomanién est placé à 1840 m grâce à l'interprétation diagraphique. Cette proposition est cohérente avec le FDO de *Globigerinelloides bentonensis* à la même profondeur (1840 m) et aussi le FDO de *Schackoina cenomana* à 1850 m qui confirment la présence cénomaniénne.

Les assemblages microfaunistiques dans cet intervalle sont dominés par des espèces planctoniques déjà observées dans les autres taxons du Cénomanién enregistrés dans cet intervalle sont : *Globigerinelloides caseyi* à 1880 m et *Hedbergella/Globigerinelloides* sp. à 2150 m. La présence voire rare des Buliminidés est notée dans la partie supérieure de l'intervalle cénomanién. La base de l'intervalle cénomanién est fixée à 2200 m.

### **b.6.2 Palynologie**

- FDO de *Classopollis classoides* à 1900 m = Cénomanién ;
- FDO de *Classopollis brasiliensis* à 1940 m = Cénomanién ;
- FDO de *Steevesipollenites binodosus* à 1960 m = Cénomanién ;
- FDO de *Gnetaceaepollenites jansonii* à 2150 m = Cénomanién.

Le toit de la section du Cénomanién est indiqué par la première apparition des grains de pollens *Classopollis classoides* à 1900 m. Cet âge cénomanién est confirmé par le FDO de *Classopollis brasiliensis* à 1940 m, *Steevesipollenites binodosus* à 1960 m et *Gnetaceaepollenites jansonii* à 2150 m.

Les assemblages de dinokystes sont absents dans cet intervalle.

L'intervalle cénomanién repose sur l'albien à la profondeur de 2200 m.

### **b.6.3 Micropaléontologie des nannofossiles calcaires**

- FDO de *Rhagodiscus asper* et *Radiolithus hollandicus* à 1880 m = Cénomaniens ;
- FDO de *Axopodorhabdus albianus* à la cote 1910 m = Cénomaniens ; • FDO de *Staurolithites gausorhetium* à la cote 2030 m = Cénomaniens ;
- FDO de *Gartnerago theta* à la cote 2060 m = Cénomaniens.

Dans cet intervalle, les nannofossiles sont mal préservés et les assemblages sont pauvres avec des traces de recristallisation/dissolution.

Le Cénomaniens a été identifié à la cote 1880 m grâce à l'apparition de *Rhagodiscus asper* et *Radiolithus hollandicus*. Il est confirmé par les espèces *Axopodorhabdus albianus* (CC8CC10), *Staurolithites gausorhetium* et *Gartnerago theta* qui est cantonnée au Cénomaniens.

### **b.6.4 Paléoenvironnements : néritique interne**

L'intervalle de 1840 à 2200 m contient exclusivement des foraminifères planctoniques, composés d'abondants Hedbergellidae et d'Heterohelicidae. Les dinokystes et les foraminifères benthiques sont absents. Ces assemblages sont caractéristiques d'un environnement marin de dépôt néritique interne.

## **b.7 Albien**

### **b.7.1 Micropaléontologie des foraminifères**

- FDO de *?Ticinella/ Globigerinelloides* sp. à 2210 à 2210 m = Albien moyen ;
- FDO de *Ticinella primula*, *T. raynaudi*, *T. roberti*, *Ticinella* spp. à 2210 m = Albien supérieur.

Le toit de l'intervalle albien se situe à la profondeur de 2210 m.

La pénétration de l'Albien dans les formations est indiquée par le FDO des espèces planctoniques *Ticinella primula*, *T. raynaudi*, *Ticinella roberti* et *Ticinella* spp. à 2210 m. La FDO de *?Ticinella/Globigerinelloides* sp. à la même profondeur (2210 m) suggère la séquence de l'Albien moyen. Le pic d'abondance de *Ticinella et Globigerinelloides*, et la faible présence d'*Hedbergella* confirme l'âge albien.

Seule la partie supérieure de cet intervalle de l'Albien moyen (2210 - 2230 m) contient d'abondants foraminifères, exclusivement composés d'espèces planctoniques. La partie inférieure de l'intervalle (2230 - 2625 m) est marquée par une rare présence de foraminifères. La base de l'intervalle de l'Albien moyen coïncide avec la disparition des foraminifères et également avec une importante signature des courbes diagraphiques à 2625 m.

Les sédiments analysés de 2625 à 3570 m sont dépourvus de foraminifères.

### **b.7.2 Palynologie**

- FDO d'*Appendicisporites potomacensis*, *Cicatricosisporites baconicus*, *C. berouensis*, *Ephedripites torosus* et *Lusatisporis dettmannae* à 2200 m = Albien moyen ;

L'observation des espèces *Appendicisporites potomacensis*, *Cicatricosisporites baconicus*, *C. berouensis*, *Ephedripites torosus* et *Lusatisporis dettmannae* à 2200 m suggère l'Albien moyen.

L'âge albien est confirmé par le FDO d'autres miospores *Elaterosporites klaszi* et *Ephedripites barghoornii* à 2220 m, *Callialasporites dampieri*, *Classopollis minor* et *Densoisporites velatus* à 2240 m, *Steevesipollenites sinuosus* à 2260 m et *Ephedripites fusiformis* à 2280 m. La présence de formes à élatères dans tous les échantillons de l'Albien suggère un âge pas plus ancien que l'Albien moyen pour cet intervalle. Le puits SE1d est donc supposé se terminer dans des sédiments d'âge pas plus jeune que l'Albien moyen.

### **b.7.3 Micropaléontologie des nannofossiles calcaires**

- FDO de *Nannoconus truiti truiti* à la cote 2180 m = Albien ;
- FDO de *Braarudosphaera africana* (CC7a-CC9a) à la cote 2210 m.

Le toit de l'Albien a été mis en évidence à 2180 m par la première apparition de *Nannoconus truiti truiti*. Les espèces deviennent rares et males conservées jusqu'à la cote 2670 m. Dans l'intervalle 2750-3580m, les nannofossiles sont très rares voire absents.

#### **b.7.4 Paléoenvironnements : néritique interne à non marin**

L'intervalle 2210 - 2230 m est marqué par l'abondance de foraminifères planctoniques *Ticinella* et *Globigerinelloides*. Les formes benthiques sont absentes. Les miospores sont présents et abondantes et les dinokystes absents. Ces assemblages indiquent un cadre néritique interne marin.

De 2230 à 3570 m (fin du sondage), les foraminifères sont absents, suggérant un milieu de dépôt non marin. Ceci est confirmé par la présence de miospores et une absence des dinokystes.

Tableau 3 : synthèse des toits biostratigraphiques du sondage SE1d.

<b>PALYNOMORPHES</b> Cette étude	<b>PALYNOMORPHES</b> Petroci, 2009	<b>FORAMINIFÈRES</b> Petroci, 2009	<b>NANNOFOSSILES</b> Petroci, 2009	<b>PALÉOENVIRONNEMENTS</b> Petroci, 2009
<b>PALÉOCÈNE</b> +1150 m		<b>PALÉOCÈNE</b> +1150 m	<b>DANIEN</b> +1150 m	Néritique interne à moyen
<b>MAASTRICHTIEN SUP.</b> 1240 m	<b>MAASTRICHTIEN</b> +1240 – 1560 m	<b>MAASTRICHTIEN</b> 1240 m	<b>MAASTRICHTIEN-CAMPANIEN</b> 1240 m	Néritique interne à externe
<b>MAASTRICHTIEN INF.</b> 1350 m				
<b>CAMPANIEN SUP.</b> 1580 m	<b>CAMPANIEN</b> 1580 – 1690 m	<b>CAMPANIEN</b> 1610 m		Néritique interne à externe
<b>CAMPANIEN INF.</b> 1690 m				
<i>DISCONTINUITÉ BASE CAMPANIENNE</i>				
<b>CONIACIEN</b> 1720 m	<b>SENONIEN INFÉRIEUR</b> 1720 – 1780 m	<b>CONIACIEN</b> 1770 m	<b>CONIACIEN</b> 1730 m	Néritique interne à moyen
<b>TURONIEN</b> 1820 m	<b>TURONIEN</b> 1810 m	<b>TURONIEN</b> 1830 m	<b>TURONIEN</b> 1830 m	Néritique interne à moyen
<b>CÉNOMANIEN SUP.</b> 1900 m	<b>CÉNOMANIEN</b> 1820 – 2180 m	<b>CÉNOMANIEN</b> 1840 m	<b>CÉNOMANIEN</b> 1880 m	Néritique interne
<b>CÉNOMANIEN INF.</b> 1940 m				
<i>DISCONTINUITÉ POST ALBIENNE</i>				
<b>ALBIEN SUPÉRIEUR</b> 2200 m	<b>ALBIEN</b> 2200 – 3570 m	<b>ALBIEN</b> 2200 - 3570 m	<b>ALBIEN</b> 2180 - 3570 m	Non marin à néritique interne
<b>ALBIEN MOYEN</b> 2220 - 3570 m				

## II.2 Synthèse biostratigraphique

Les biozonations proposées sont définies sens forage pour des raisons pratiques liées à l'exploration pétrolière. Nous rappelons que nos biozones palynologiques sont fondées sur la présence des espèces marqueurs dans les échantillons de carottes, sur leurs distributions dans le temps et leurs extinctions (LADs) dans les carottes et sur leurs premières présences (FDOs) dans les déblais afin d'harmoniser les résultats de datation. Les acmès des espèces repères locales, liées aux environnements, ont été également prises en considération. Les résultats sont placés en parallèle avec les datations apportées par la biostratigraphie des foraminifères et nannofossiles élaborés par les équipes de PETROCI.

Les sondages étudiés nous ont permis de mettre en évidence treize biozones caractéristiques appelées Palynozones du Crétacé Ivoirien (PCI) allant de PCI-I à PCI- XIII du Maastrichtien à l'Albien (Figure 51).

CHRONOSTRATIGRAPHIE DU CRÉTACÉ DU BASSIN SEDIMENTAIRE DE CÔTE D'IVOIRE		LES PALYNOZONES DU CRÉTACÉ IVOIRIEN (PCI)		KYSTES DE DINOFLAGELLÉS	SPORES ET GRAINS DE POLLEN	PALÉOENVIRONNEMENTS
CRÉTACÉ SUPÉRIEUR	MAASTRICHTIEN SUPÉRIEUR	PCI-I	<i>Cerodinium granulostriatum</i> , <i>Andalusiella</i> spp.	1 <i>Cerodinium granulostriatum</i> 2 <i>Andalusiella</i> spp.		
	MAASTRICHTIEN INFÉRIEUR	PCI-II	<i>Andalusiella ivoirensis</i> , <i>Andalusiella mauthei aegyptica</i>	3 <i>Andalusiella ivoirensis</i> 4 <i>Andalusiella mauthei aegyptica</i>		
	CAMPANIAN SUPÉRIEUR	PCI-III	<i>Xenascus ceratioides</i> , <i>Circulodinium distinctum</i>	5 <i>Xenascus ceratioides</i> 6 <i>Trichodinium castanea</i>		
	CAMPANIAN INFÉRIEUR	PCI-IV	<i>Tricodinium castanae</i> , <i>Hystrihodinium pulchrum</i> spp., <i>Unipontidinium grande</i>	7 <i>Hystrihodinium pulchrum</i> 8 <i>Unipontidinium grande</i> 9 <i>Oligosphaeridium</i> spp.		
DISCORDANCE BASE CAMPANIENNE						
CRÉTACÉ SUPÉRIEUR	SANTONIEN	PCI-V	<i>Oligosphaeridium</i> spp., <i>Tricolpites</i> spp.	1 <i>Tricolpites</i> spp.		
	CONIACIEN	PCI-VI	<i>Drosariidites senonicus</i>	2 <i>Drosariidites senonicus</i>		
	TURONIEN	PCI-VII	<i>Tricolpites microstriatus</i> , <i>Cretaceisporites</i> spp., <i>Steevesipollenites</i> spp.	3 <i>Tricolpites microstriatus</i> 4 <i>Tricolpites microstriatus</i> 5 <i>Cretaceisporites</i> spp. 6 <i>Steevesipollenites</i> spp.		
	CÉNOMANIEN SUPÉRIEUR	PCI-VIII	<i>Classopollis classoides</i>	7 <i>Classopollis classoides</i>		
	CÉNOMANIEN MOYEN	PCI-IX	<i>Triorites africaensis</i> , <i>Pemphixipollenites inequixinus</i>	8 <i>Triorites africaensis</i> 9 <i>Pemphixipollenites inequixinus</i>		
	CÉNO. INF. / ALBIEN SUP.	PCI-X	<i>Galeacornea</i> spp., <i>Elaterosporites klaszii</i> , <i>Afropollis jardinus</i>	10 <i>Galeacornea</i> spp. 11 <i>Elaterosporites castelaimi</i> 12 <i>Elaterosporites klaszii</i> 13 <i>Lusatisporites dettmanae</i> 14 <i>Quadricolpites reticulatus</i> 15 <i>Callialasporites dampieri</i> 16 <i>Afropollis</i> spp.		
DISCORDANCE POST ALBIENNE						
CRÉTACÉ INFÉRIEUR	ALBIEN SUPÉRIEUR	PCI-XI	<i>Lusatisporites dettmanae</i> , <i>Callialasporites dampieri</i>	17 <i>Lusatisporites dettmanae</i> 18 <i>Callialasporites dampieri</i>		
	ALBIEN MOYEN	SUP.	PCI-XII	<i>Elaterosporites</i> spp., <i>Appendicisporites</i> spp.	19 <i>Elaterosporites verrucatus</i> 20 <i>Appendicisporites</i> spp.	
		INF.	PCI-XIII	<i>Callialasporites trilobatus</i> , <i>Afropollis</i> sp. aff. <i>A. jardinus</i>	21 <i>Callialasporites trilobatus</i> 22 <i>Afropollis</i> sp. aff. <i>A. jardinus</i>	
						Non marin Transitoinal Plateau continental interne Plateau continental moyen Plateau continental externe Bathyal supérieur Bathyal moyen Bathyal inférieur Abyssal

Figure 51 : Palynozones et paléoenvironnements du Crétacé du bassin ivoirien.

## **a. Maastrichtien**

### **a.1 Palynozone PCI-I : Maastrichtien supérieur**

Cette biozone est caractérisée par le LAD du genre *Andalusiella*, et par l'abondance des péridinioïdes cornucavates (*Cerodinium granulostriatum* et *Cerodinium diebelii*) qui sont des kystes hétérotrophes marquant un environnement de dépôt néritique à océanique. Ce groupe est associé aux nutriments et des niveaux de fortes productivité (Brinkhuis et Leereveld, 1988 ; Eshet *et al.*, 1992 ; Firth, 1993 ; Nohr-Hansen *et al.*, 1997 ; Guasti *et al.*, 2005). Cette biozone est marquée par les grains de pollen triporés à épines (*Proteacidites* spp., *Proteacidites longispinosus*) et le sporomorphe *Buttinia andrevii*.

Les sédiments du Maastrichtien sont composés d'un assemblage de foraminifères benthiques (DWAF = Deep Water Agglutinated Foraminifera) dont *Trochammina*, *Bathysiphon*, *Haplophragmoides*, *Spiroplectammina*, *Aschemocella*, *Rhizammina*, *Rhabdammina*, *Kalamopsis*, *Textularia*, *Recurvoides*, *Verneuillinoïdes*, *Karrerulina*, *Dorothia*, *Gaudryina*, *Clavulinoïdes*, *Conotrochammina*, *Trochamminoides*, *Reophax* and *Rzehakina* group. Cette association est typique d'un environnement de milieu marin ouvert allant du milieu bathyal supérieur au milieu bathyal moyen (Rapports internes PETROCI).

### **a.2 Palynozone PCI-II : Maastrichtien inférieur**

Le toit de cette palynozone est marquée par l'apparition sans forage de l'espèce *Andalusiella ivoirensis*. À sa base, nous notons une diversité d'espèces de dinokystes du genre *Andalusiella* (avec *A. gabonensis*, *A. mauthei*, *A. mauthei* subsp. *aegyptica*, *A. rhomboides*) marquant le passage Maastrichtien-Campanien. Ces kystes de dinoflagellés marquent un environnement de dépôt néritique à océanique et sont associés par une constance de l'espèce *Buttinia andrevii* et les grains de pollen triporés à épines.

## **b. Campanien**

### **b.1 Palynozone PCI-III : Campanien supérieur**

Cette biozone est un prolongement de la biozone PCI-II (environnement de dépôt néritique à océanique) avec l'apparition sans forage de l'espèce *Xenascus ceratioides* accompagnée de grande forme de pollen du type *Granulatasporites* sp. SCI 80 et le genre

*Odontochina* (*O. operculata*, *O. costata*), kystes de dinoflagellés associés aux milieux de plateau continental ouvert (Sanchez-Pellicer *et al.*, 2017).

L'étage du Campanien est marqué par l'apparition sans forage des foraminifères benthiques agglutinés (DWAF = Deep Water Agglutinated Foraminifera) dont *Gaudryina rugos*, *Gaudryina* cf. *G. cretacea*, *Gaudryina cretacea* qui sont en association avec de rares foraminifères benthiques calcaires et une absence totale de foraminifères planctoniques. Cette association indique probablement un milieu marin ouvert de type bathyal supérieur, avec une dissolution modérée de tests calcaires.

## **b.2 PCI-IV : Campanien inférieur**

Biozone caractérisée par l'apparition sans forage du gonyaulacoïde *Trichodinium castanae* avec la continuité sans forage des espèces du PCI-III. L'espèce *Trichodinium castanae* est très répandue dans les environnements côtiers et plus rare dans les milieux de plateau continental ouvert ou bassin (Sanchez-Pellicer *et al.*, 2017). Marquée également par l'apparition sans forage de *Hystrichodinium* spp. et *Unipontidinium* spp., ces kystes chorates préfèrent les milieux marins ouverts et sont très caractéristiques du Campanien inférieur (PCI-IV), en association avec les grains de pollen et kystes de dinoflagellés de la biozone PCI-IV.

L'étage du Campanien (SW1# et SE9#) montre un milieu marin avec une faible influence continentale (Figures 46 et 47) indiquées par des proportions de spores, grains de pollen faible et une augmentation de phytoplancton riche en kyste de dinoflagellés.

## **c. Santonien**

### **c.1 Palynozone PCI-V**

Cette biozone est caractérisée par l'apparition sans forage du groupe des genres *Oligosphaeridium*, *Florentinia* et *Tricolpites*. Il s'agit de *Oligosphaeridium complex*, *Dinogymnium westralinium* et *Odontochitina porifera* également présents préférant un milieu de plateau continental externe à marin ouvert, *Oligosphaeridium pulcherrimum* typique des milieux plateau continental interne à moyen. L'influence continentale est marquée par la diversité des grains de pollen tricolpés, caractéristiques des angiospermes.

## **d. Coniacien**

### **d.1 Palynozone PCI-VI**

Biozone du Sénonien inférieur, nous y observons les formes du Santonien qui continuent sans forage dans la biozone PCI-VI et on atteint le Coniacien par l'apparition sans forage du grain de pollen *Droseridites senonicus* en association avec les tricolpés du Santonien (biozone PCI-V). Ces taxons marquent la permanence d'un environnement de plateau continental interne à marin ouvert avec des influences continentales.

L'étage du Sénonien inférieur (SW4#, SE5# et SE6#) est caractérisé par une forte influence continentale du milieu marin (Figures 42, 43 et 44) indiquées par des proportions élevées de spores, et de grains de pollen. Nous notons une présence de kystes de dinoflagellés.

## **e. Turonien**

### **e.1 Palynozone PCI-VII**

L'étage du Turonien correspond à la biozone PCI-VII, caractérisée par les grains de pollen tricolpés striés. On les observe en association avec une abondance du genre *Florentinia* et *Xenascus gotchii* préférant les milieux de plateau continental. L'abondance des grains de pollen traduit l'influence continentale de milieux arides et secs marqués par *Steevesipollintes cupuliformis*.

L'assemblage des foraminifères est composé d'abondantes formes planctoniques (*Hedbergella*, *Heterohelix* et *Whiteinella*...), de rares foraminifères calcaires et quelques foraminifères benthiques agglutinés indiquant un milieu marin ouvert de type plateau continental externe (Leckie, 1987).

## **f. Cénomanién**

### **f.1 Palynozone PCI-VIII : Cénomanién supérieur**

La biozone PCI-VIII se caractérise par l'apparition sens forage du genre *Classopollis* (*Classopollis classoides*), d'une microflore à gymnospermes et par une disparition sens forage de la totalité des kystes de dinoflagellés significatifs (excepté de rares *Spiniferites* spp.). La biozone PCI-IX est témoin d'une proximité du continent.

L'étude des foraminifères montre des faunes de milieux marins peu profonds de plateau continental interne dont *Hedbergella*, *Heterohelix*, *Whiteinella* et *Globigerinelloides* (Leckie, 1987).

L'analyse du palynofaciès d'âge Cénomanién supérieur montre une forte influence continentale du milieu marin.

### **f.2 Palynozone PCI-IX : Cénomanién moyen**

On y observe le groupe des *Classopollis* avec l'apparition des grandes formes striées (*Classopollis brasiliensis*, *Classopollis jardinei*) en association avec *Pemphixipollenites inequixinus*, *Triorites africaensis*, *Steevesipollenites cupuliformis*. L'abondance des miospores traduit la proximité du milieu continental. L'étude des foraminifères montre des faunes de milieux marins peu profonds de plateau continental interne dont *Hedbergella*, *Heterohelix*, *Whiteinella* et *Globigerinelloides* (Leckie, 1987).

### **f.3 Palynozone PCI-X : Cénomanién inférieur-Albien supérieur**

Cette biozone marque le Cénomanién inférieur avec un début de manifestation des formes de l'Albien. La biozone PCI-XI est marquée par l'apparition sens forage des formes à élatères (*Galeacornea clavis*, *Elaterosporites klaszi*, *Elaterosporites protensus*, *Elaterosporites verrucatus*, *Elaterosporites castelaini*), de *Afropollis jardinus* dont la présence indique l'Albien

avec la disparition totale des tricolpés. L'environnement est largement sous influence continentale.

## **g. Albien**

### **g.1 Palynozone PCI-XI : Albien supérieur**

Cette biozone de l'Albien supérieur est marquée par l'abondance des ptéridophytes (formes verruquées ou tuberculées) avec l'apparition sens forage de *Lusatisporis dettmanae*, *Callialasporites dampieri*, *Quadricolpites reticulatus* et un pic du genre *Classopollis* spp.

L'Albien supérieur est marqué par les foraminifères planctoniques *Ticinella primula* et *Hedbergella rischi*, caractéristiques des milieux marins peu profonds de type plateau continental interne (Caron, 1985).

### **g.2 Palynozone PCI-XII : Albien moyen-supérieur**

Cette biozone est marquée par l'apparition sens forage des *Appendicisporites* en association avec un développement maximum des *Elaterosporites* (*E. protensus* et *E. verrucatus*). Cette biozone est également marquée par un pic de foraminifères planctoniques du genre *Ticinella*, caractéristique des milieux peu profonds de plateau continental interne (Caron, 1985).

### **g.3 Palynozone PCI-XIII : Albien moyen-inférieur**

Biozone marquant la base de l'Albien moyen, elle est marquée par l'apparition sens forage de *Callialasporites trilobatus* en association avec un développement maximum du genre *Afropollis* et la dernière présence (sens forage) des formes à élatères traduisant une source d'approvisionnement fluviale ou lacustre (Atta-Peters, 2013). L'absence des foraminifères témoigne du caractère non marin de l'Albien moyen-inférieur.

## **Chapitre IV : Abondance relative des constituants des palynofaciès**

L'analyse des palynofaciès et de l'abondance relative des différents constituants apportent des compléments aux analyses géochimiques permettant de mieux caractériser les environnements de dépôt. Dans ce chapitre, les résultats des analyses des palynofaciès sont présentés selon l'âge des dépôts dans les sondages.

### **IV.1 Albien**

Le sondage SW3# est d'âge Albien moyen et les sondages SW2# et SE4# sont de l'Albien supérieur.

Dans les 12 échantillons albiens analysés, les phytoclastes dominent largement avec des proportions de 60 à 80 %, sauf deux échantillons de l'Albien moyen et les échantillons de l'Albien supérieur dans lesquels la MOA peut représenter de 50 à 80 % des particules organiques (Figure 52). Les palynomorphes ne représentent que 5 à 30 % du palynofaciès, et ceux d'origine terrestre (spores et grains de pollen) dominent largement (80 à 100 %) avec une rare présence de microforaminifères marins (membranes basales de foraminifères) dans deux échantillons (SW3# 2295,14 m de l'Albien moyen et SE4# 2315 m de l'Albien supérieur). On note que la proportion de spores est plus élevée dans les échantillons albiens moyens alors que grains de pollen dominent dans les échantillons albiens supérieurs où ils peuvent même être exclusifs (échantillon SE4# 1092,71 m).

L'analyse montre une forte influence continentale (Figure 52) avec des palynomorphes très riches en spores (60 à 90 %) et grains de pollen (10 à 40 %). Ceci traduit l'importance de l'influence continentale dans le milieu.

Selon le diagramme ternaire de Tyson (1993), les palynofaciès des échantillons albiens se répartissent :- dans les champs II, III, IV et VII pour l'Albien moyen (SW3#), ce qui traduit un environnement de bassin marginal anoxique-dysoxique.

- dans le champ IX pour l'Albien supérieur (SW2# et SE4#) indiquant un bassin proximal anoxique-suboxique.

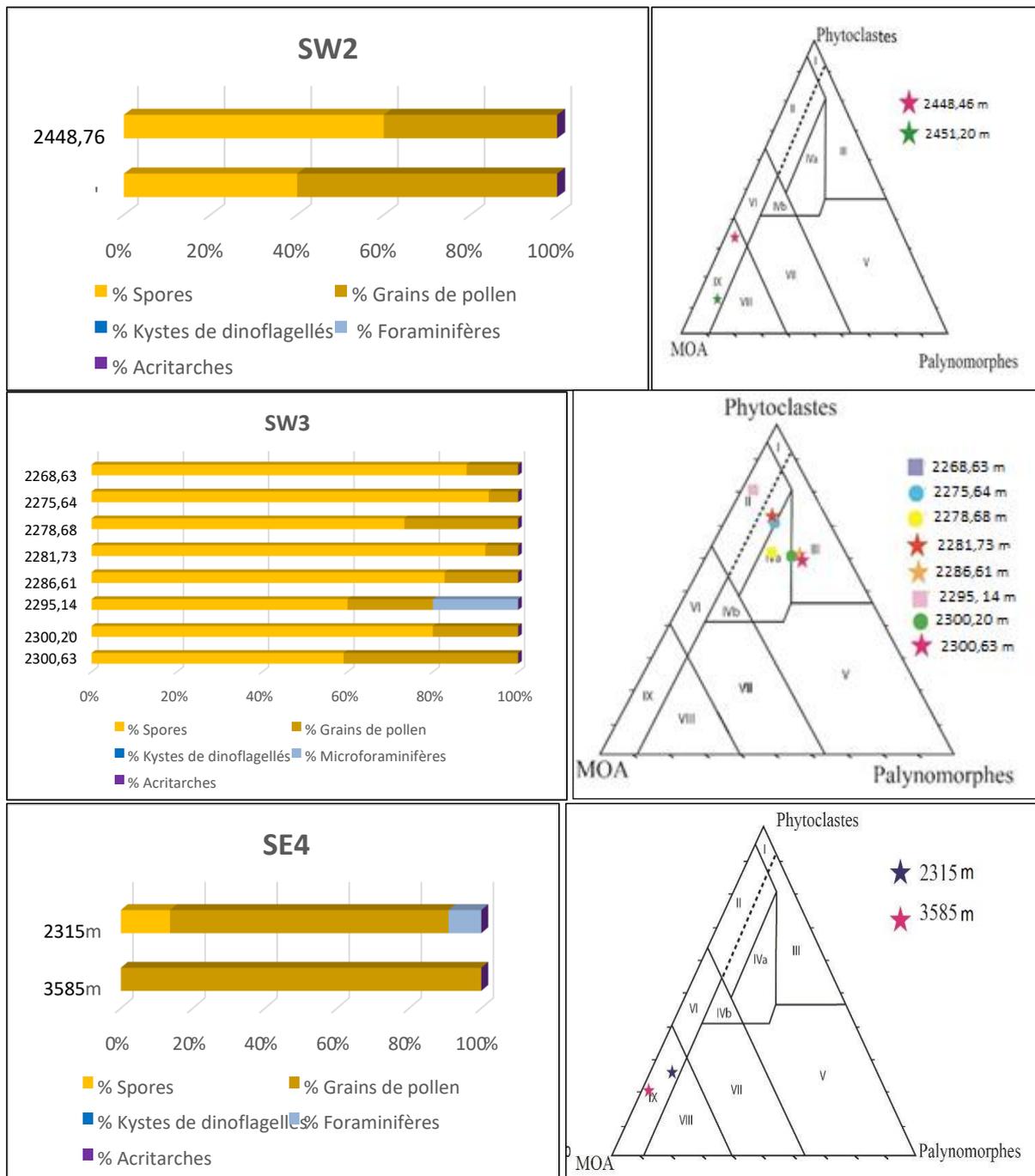


Figure 52 : fréquences relatives des palynomorphes et diagrammes ternaires de Phytoclastes MOA-Palynomorphes des sondages d'âge albien (sondages SW2#, SW3# et SE4#).

## IV.2 Cénomaniien

Dans les 23 échantillons des sondages SW7#, SE7#, SE12# et SE13# d'âge Cénomaniien ont une faible proportion de palynomorphes de 5 à 10 % et 35 à 80 % de

phytostates et 20 à 60 % de MOA. Le palynofaciès est plus variable que dans l'Albien avec une proportion mixte de palynomorphes continentaux et marins. Les palynomorphes marins étant dominés par les basales de micro-foraminifères. Cela traduirait une influence continentale moins forte en lien avec la transgression post-albienne.

Les échantillons du sondage SE12# (Figure 53) d'âge cénomanien inférieur se répartissent dans les champs II et VI. Ces champs traduisent respectivement un environnement de bassin marginal anoxique-dysoxique et un plateau continental proximal suboxique-anoxique. On note une forte proportion de phytostates (35 à 80 %), une MOA de 20 à 60 % et une variation des palynomorphes (5 à 15 %) marquée par la présence des kystes de dinoflagellés (10 à 50 %) ou dominés par les basales de micro-foraminifères (10 à 90 %).

À la cote 2780,25 m, les palynomorphes d'origine marine (basales de foraminifères) dominent largement sur ceux d'origine continentale.

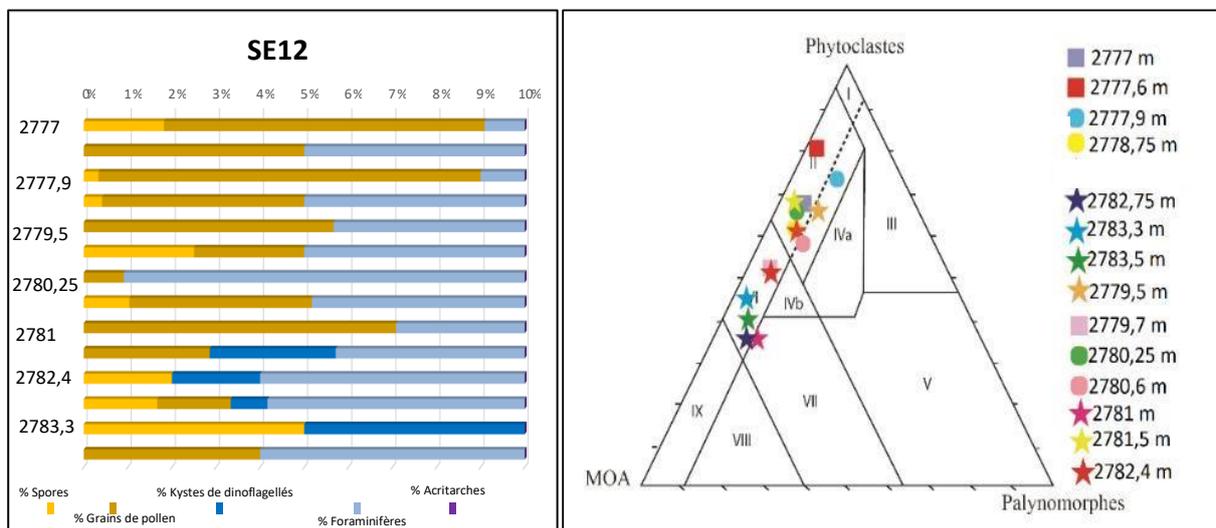


Figure 53 : Fréquences relatives des palynomorphes et diagrammes ternaires de Phytoclastes MOA-Palynomorphes du sondage d'âge cénomanien inférieur (SE12#).

Le sondage SW7#, SE7# et SE13# sont d'âge cénomanien supérieur. Nous observons une forte proportion de MOA (50 à 90 %), 10 à 55 % de MOA et une proportion de palynomorphes inférieur à 10 % (Figure 54). Les palynomorphes contiennent une forte proportion de spores et grains de pollen (20 à 100 %) mais une présence de palynomorphes marins dont les kystes de dinoflagellés (0 à 20 %) et les basales de micro-foraminifères (0 à 70 %) selon les échantillons.

Le diagramme de Tyson (1993) montre des champs VI (SE7#-SE13#) et IX (SW7#-SE7#SE13#). Ces champs traduisent respectivement un environnement de transition de plateau continental à bassin et un bassin proximal anoxique-suboxique.

Les palynomorphes terrestres *Galeacornea* spp., *Elaterosporites klaszii*, *Elaterocolpites castelaini* et le grain de pollen d'angiosperme *Afropollis jardinus* sont une association typique des plaines côtières humides (Dino, 1999 ; Schrank, 2001 ; Mahmoud et Deaf, 2007). Ces angiospermes en association avec le genre *Classopollis* et les éphédroïdes indiqueraient un climat chaud-aride à semi-aride (Schrank, 2001). Les kystes de dinoflagellés *Spiniferites ramosus* observés sont favorables aux milieux marins de plateau continental interne à marin ouvert (Sánchez-Pellicer, 2017) et confirme la transgression albo-cénomaniennne.

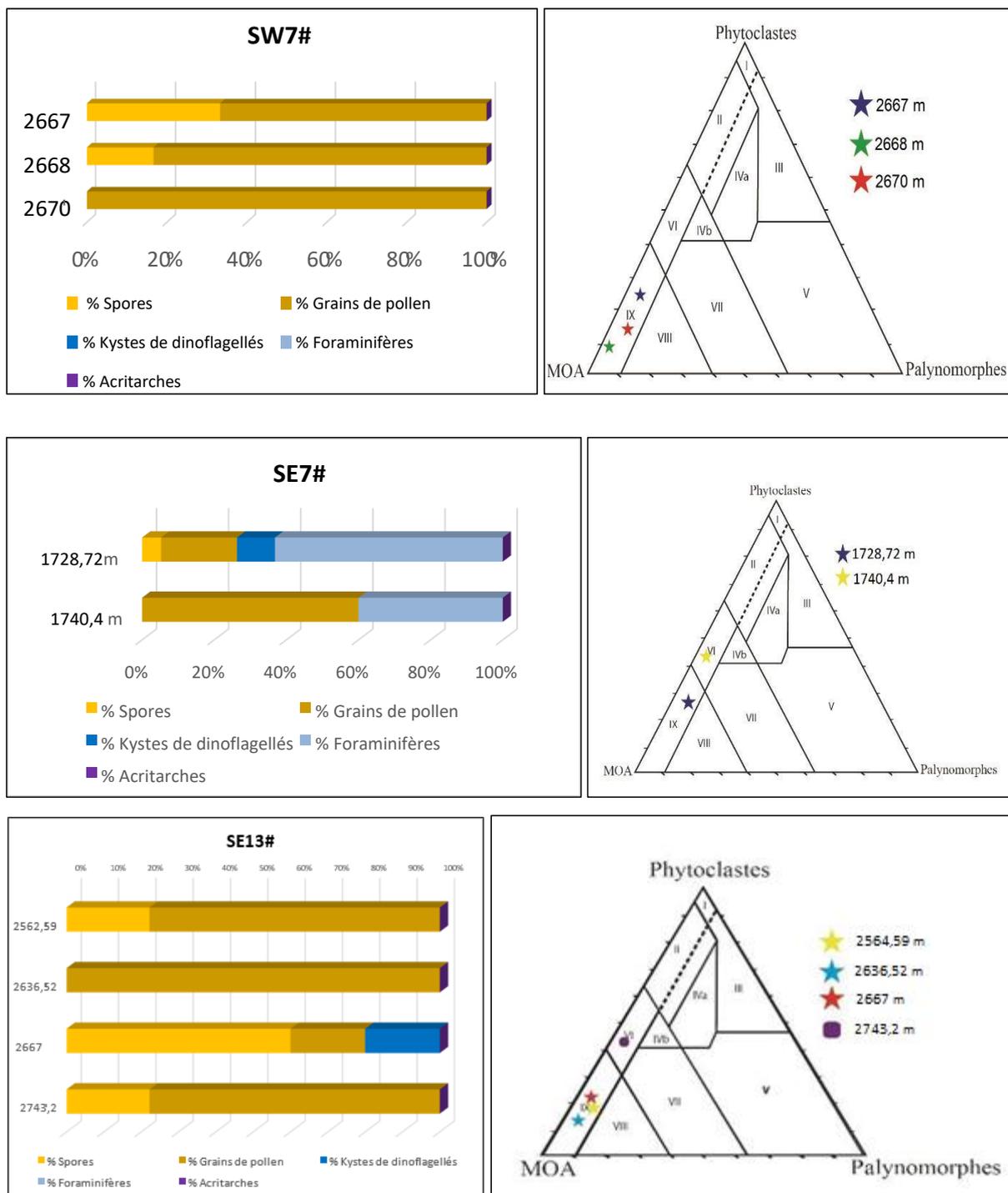


Figure 54 : Fréquences relatives des palynomorphes et diagrammes ternaires de PhytoclastesMOA-Palynomorphes des sondages d'âges céno-manien (SW7#, SE7# et SE13#).

### IV.3 Sénonien inférieur

Les sondages SW4# (7807'-8132') et SE5# sont d'âge sénonien inférieur. L'analyse des 7 échantillons montre une forte proportion des phytoclastes (60 à 70 %) dans SW4# et une

forte proportion de MOA (60 à 75 %) dans SE5# avec une proportion de 5 à 10 % de palynomorphes. Ces palynomorphes dominés par les spores et grains de pollen et comprennent néanmoins de 5 à 40 % de phytoplancton algaire . Ils montrent une forte influence continentale avec une présence marine relativement faible, sauf l'échantillon SE5# 6108' où la proportion des palynomorphes marins avoisine les 90 % (Figure 55).

Le diagramme de Tyson (1993) montre des champs II (SW4#) et IX (SE5#). Ces champs traduisent respectivement un environnement de bassin marginal anoxique-dysoxique et un bassin proximal anoxique-suboxique.

Les grains de pollen de gymnospermes tendent à disparaître, ceux de *Classopollis* (Cheirolepidacea), ainsi que ceux des Proteaceae indiquant une recrudescence des conditions tropicales humides due à l'accroissement des étendues marines propices à l'évaporation. Les grains de pollen d'angiospermes (les tricolpés, les tricolporés et *Droseridites senonicus*) poursuivent leur diversification (Jardiné et Magloire, 1965; Salard-Chebouldaeff et Dejax, 1991). On note également une amorce du développement du phytoplancton algaire marin par le développement des gonyaulacoïdes *Florentinia* spp. et *Dinogymnodinoides* au Turonien, avec une diversification et une abondance au Sénonien inférieur de *Oligosphaeridium complex* (SW4) et *Xenascus gotchii*. *Oligosphaeridium complex* caractérise un environnement de milieu marin ouvert (Sánchez-Pellicer *et al.*, 2018).

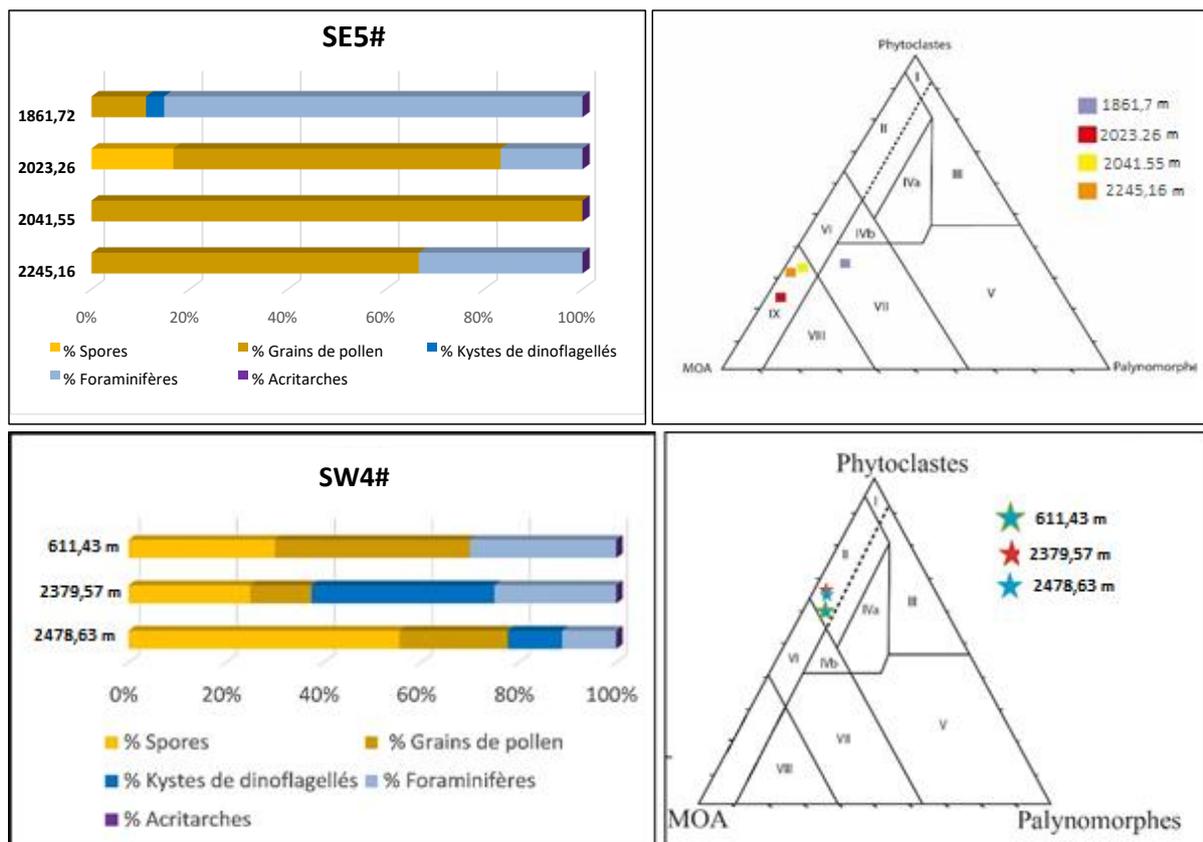


Figure 55 : Fréquences relatives des palynomorphes et diagrammes ternaires de Phytoclastes MOA-Palynomorphes des sondages d'âge sénonien inférieur (SW4# et SE5#).

#### IV.4 Campanien

Les trois échantillons campaniens analysés proviennent des sondages SW1# (445,33 m) et SE9# (1932 m). Une forte proportion de MOA (35 à 75 %), les phytoclastes de 20 à 55 % et des proportions de palynomorphes allant de 5 à 40%. Les palynomorphes sont dominés largement par des proportions du phytoplancton algairé à plus de 90 % (SW1# et SE9#).

Les palynomorphes montrent une forte influence marine et avec une présence continentale limitée (Figure 56) ce qu'indique des proportions assez faibles de spores, grains de pollen faible et une augmentation de phytoplancton riche en kyste de dinoflagellés. Si l'échantillon SW1 448,33 m contient peu de MOA (~10 %), il est en revanche dominé par des kystes de dinoflagellés (~35 à 40 % du palynofaciès).

Le diagramme de Tyson (1993) montre des champs II à IV (SE9#) et IX (SW1#). Ces champs traduisent respectivement un environnement de bassin marginal anoxique-dysoxique à

une zone de transition de plateau continental à bassin et un bassin proximal anoxique-suboxique.

En effet, *Andalusiella* spp., *Cerodinium* et *Senegalinium* spp. constituent une association typiquement marine de la province tropicale à subtropicale de la « suite de Malloy » (Lentin et Williams, 1980), en association avec des gonyaulacoïdes *Trichodinium castanea*, *Unipontidinium grande*, *Hystrichodinium pulchrum*, *Dinogymnodinoïdes* et des cératioïdes *Xenascus ceratioïdes* (Digbehi *et al.*, 1996 ; Masure *et al.*, 1998 ; Sanchez-Pellicer *et al.*, 2017) dû vraisemblablement à une forte influence continentale à littorale en raison d'une régression importante marquée par la discordance majeure à la base du Campanien (PETROCI et Beicip, 1990). Au sommet de cet intervalle (Campanien-Maastrichtien) un enrichissement du milieu en nutriments a favorisé l'explosion des kystes de dinoflagellés de péridinoïdes au Maastrichtien dans un climat tropical à subtropical humide avec une décroissance des grains de pollen d'angiosperme due à l'éloignement de la côte (Digbehi *et al.*, 2011).

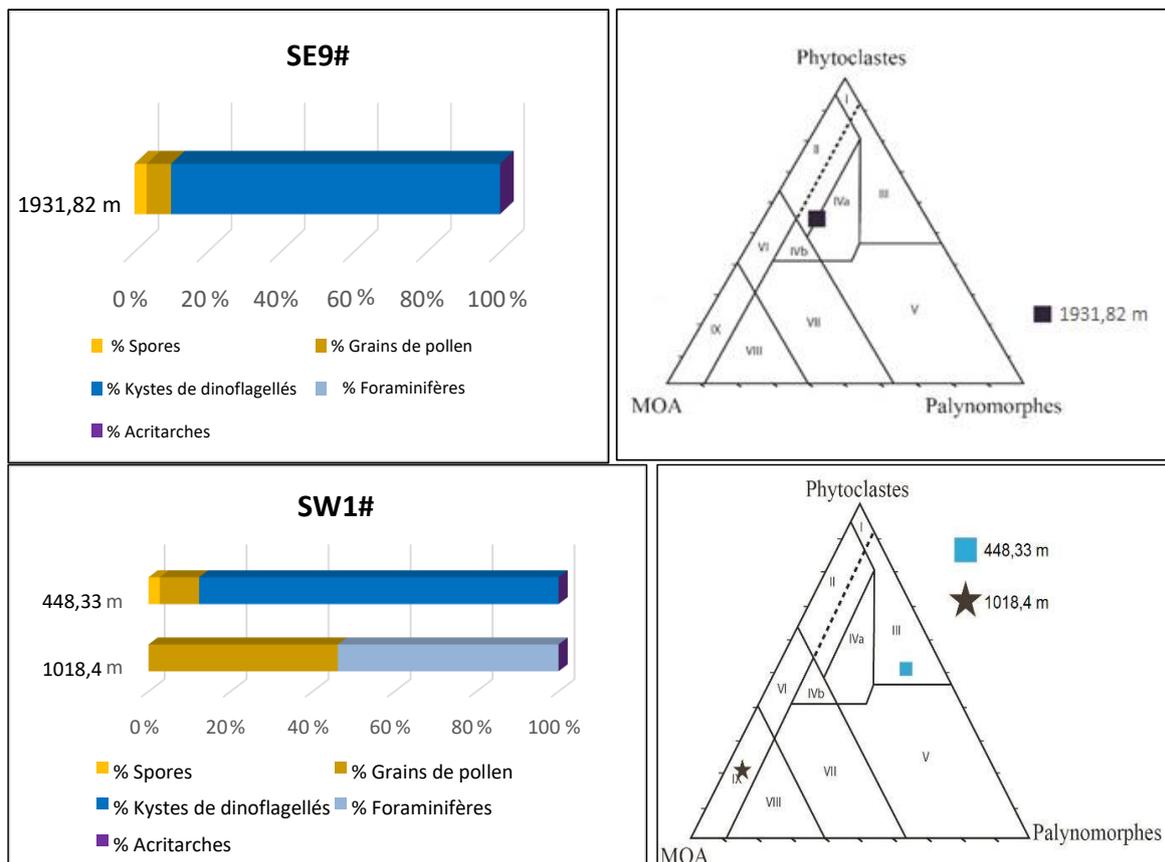


Figure 56 : Fréquences relatives des palynomorphes et diagrammes ternaires de Phytoclastes MOA-Palynomorphes des sondages d'âge campanien (SW1# et SE9#).

## Chapitre V : Analyses des échantillons au Rock-Eval 6

Les résultats des analyses Rock-Eval de soixante-quinze échantillons prélevés sur des carottes de 16 sondages (SW2#, SW3#, SW4#, SW6#, SW8#, SE2#, SE3#, SE5#, SE6#, SE7#, SE8#, SE9#, SE10#, SE11#, SE12# et SE13#), du bassin sédimentaire ivoirien sont consignés dans le tableau annexé (annexe 02).

### V.1 Teneur en carbone organique total (TOC)

La teneur en carbone organique total (TOC) dans ces différents puits est généralement inférieure à 3,5 % poids et varie entre 0,05 et 3,5 % (Figure 57).

Cette variation indique que les différents intervalles analysés renferment des faciès pauvres ( $0 < \text{TOC} < 0,5 \%$ ) à très bons ( $2 < \text{TOC} < 4 \%$ ) (Figure 1) (Espitalié *et al.*, 1977). Si on considère qu'une bonne roche mère doit avoir un TOC minimum compris entre 1,5 et 2 % (Hunt, 1996), la majorité des échantillons ayant un TOC  $> 1,5 \%$  poids se localisent dans le Maastrichtien, le Sénonien inférieur, le Cénomaniens et l'Albien (Figure 1). Dans d'autres intervalles stratigraphiques, de bons TOC sont observés, mais limités à des niveaux très fins. Le TOC des échantillons provenant de ces différents âges est généralement moyen à bon ( $1 < \text{TOC} < 2 \%$ ). Ils pourraient donc renfermer des roches mères prometteuses dans la présente étude.

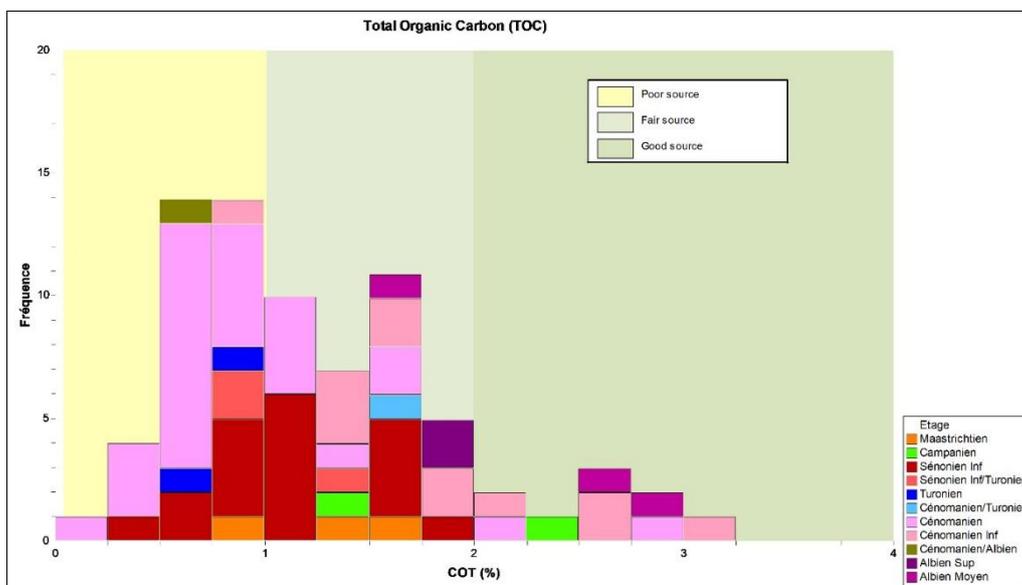


Figure 57 : Distribution des TOC dans les sédiments crétacés au large de la Côte d'Ivoire, colorés en fonction des âges des échantillons.

Bien que le TOC soit un bon point de départ pour l'évaluation des roches mères, il devrait être utilisé avec précaution car les sédiments contiennent différents types de matière organique. Certains seront capables de générer des hydrocarbures tandis que d'autres seront inertes et ne généreront rien (Tissot *et al.*, 1974 ; Harry, 2017). Le TOC mesure toute la matière organique dans un sédiment et ne fait pas la différence entre la matière organique inerte et celle qui a un potentiel.

## V.2 Type de matière organique

Bien que le type de matière organique soit défini par l'analyse élémentaire du kérogène, l'index d'hydrogène (IH) et l'index d'oxygène (IO), fournis par la pyrolyse, permettent également de déterminer le type de matière organique que renferme une roche mère (Espitalié *et al.*, 1977, 1981 ; Espitalié, 1984 ; Hunt, 1996 ; Harry, 2017).

Aussi un diagramme IH-IO (Figure 58) est-il comparable au diagramme de Van Krevelen, basé lui sur le rapport atomique H/C-O/C des kérogènes. On parle alors de diagramme pseudo-Van Krevelen.

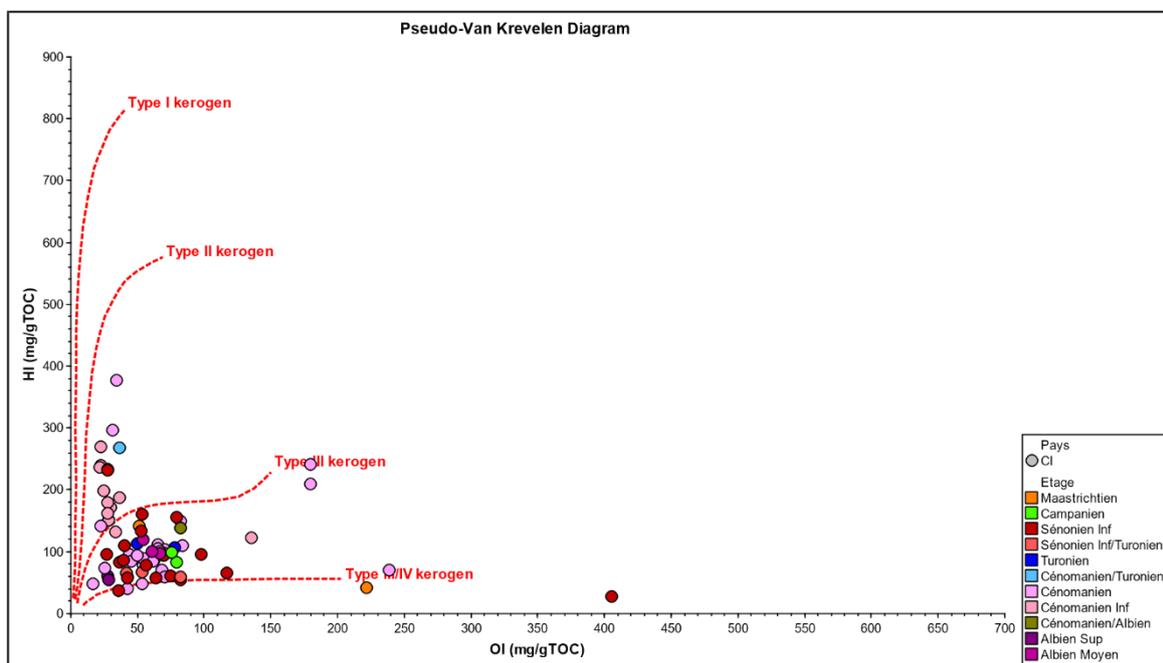


Figure 58 : Diagramme HI vs OI

Les valeurs de l'Indice d'Hydrogène (IH) de la plupart des échantillons sont inférieures à 200 mg HC g/TOC dans les sondages étudiés, ce qui correspond à une prédominance de

matière organique de Type III, propice à la génération d'hydrocarbures gazeux. Certains échantillons, provenant principalement du Sénonien inférieur et du Cénomaniens ont des valeurs d'IH faibles ( $\leq 50$  mg HC g/TOC) qui se situent dans le champ des kérogènes de Type IV (Espitalié *et al.*, 1985 ; Hunt, 1996). Néanmoins, quelques échantillons se placent aussi dans le champ du Type II et indiquent une origine marine de la matière organique qu'ils contiennent.

### V.3 Maturité thermique

L'évaluation du niveau de maturité thermique atteint par les échantillons est fournie par le Tmax (Espitalié *et al.*, 1985). Les valeurs de Tmax varient de 338 à 462 °C, dans les sondages. Comme illustré dans le diagramme profondeur en fonction du Tmax (Figure 59). Des échantillons du Cénomaniens et de l'Albien sont dans la fenêtre à huile. On note, cependant des Tmax élevés dans le Campanien et le Sénonien inférieur.

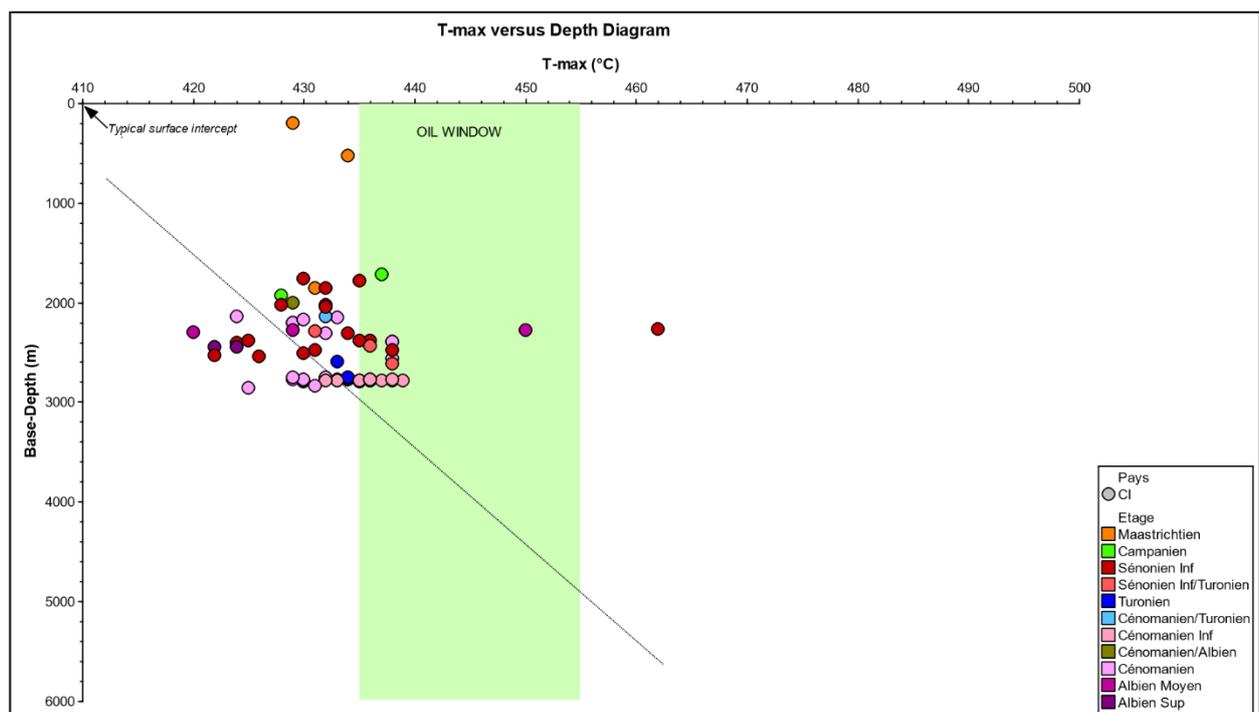


Figure 59 : Profondeur f (Tmax) des sondages étudiés.

En conclusion, les échantillons, susceptibles de renfermer des roches mères potentielles dans cette étude se localisent dans le Sénonien inférieur, le Cénomaniens et l'Albien. Les roches mères cénomaniennes et albiennes sont matures pour la génération des hydrocarbures.

## Chapitre VI : Synthèse paléoenvironnementale basée sur les palynofaciès et l'analyse géochimique

### VI.1 Albien

À l'Albien moyen-inférieur, on note une absence de phytoplancton. Zone à *Callialasporites trilobatus* en association avec un développement maximum du genre *Afropollis* et une absence des formes de "spores" à élatères.

À l'Albien moyen-supérieur on a également une absence de phytoplancton. Apparition sens forage des ptéridophytes du genre *Appendicisporites* en association avec les *Elaterosporites* et un développement maximum des espèces *Elaterosporites protensus* et *Elaterosporites verrucatus*. Bassin marginal anoxique-dysoxique à une zone de transition plateau continental à bassin. Matière organique type III à IV.

L'Albien supérieur est caractérisé par une absence voire de rares phytoplanctons (*Oligosphaeridium* spp.). Abondance des ptéridophytes cicatricosés (formes verruquées ou tuberculées) avec la présence de *Lusatisporis dettmanae*, *Callialasporites dampieri*, *Quadricolpites reticulatus* et un pic de développement du genre *Classopollis*. Bassin proximal anoxique-suboxique. Matière organique type II.

L'Albien indique un TOC très bon ( $2 < \text{TOC} < 4 \%$ ) et varie de 1,59 à 2,87 %. HI variant de 121 à 268, indique la présence de kérogène de type III à type II/III, propice à la génération des hydrocarbures gazeux et liquides. Le Tmax indique, un intervalle immature à mature avec un potentiel moyen ( $2,5 < S_2 < 5 \text{ mg HC/g roche}$ ) pour la génération des hydrocarbures (Tableau 4).

### VI.2 Cénomanién

Le Cénomanién inférieur/Albien supérieur est caractérisé par l'absence ou la rareté du phytoplancton et la présence des spores à élatères (*Galeacornea clavis*, *Elaterosporites klaszi*, *Elaterosporites protensus*, *Elaterosporites verrucatus*, *Elaterosporites castelaini*) apparaissent sens forage avec le genre *Afropollis* et l'absence des tricolpés.

Au Cénomanién moyen, la flore à *Classopollis* est constante avec une diversité des grains de pollen d'angiospermes (*Triorites africaensis*, *Pemphixipollenites inequixinus*).

Bassin marginal anoxique-dysoxique à un plateau continental proximal suboxique-anoxique. La matière organique allant du type II au type III.

Absence voire rares phytoplanctons dans le Cénomaniens supérieur. L'apparition brutale sens forage de la microflore de gymnospermes à *Classopollis* marque le passage du Cénomaniens au Turonien dans les bassins de l'Ouest africain (Jardiné et Magloire, 1963). Nous y observons des grains de pollen angiospermique, zone de transition de plateau continental à un bassin proximal anoxique-suboxique. La matière organique de type II, absence voire rares phytoplanctons. Apparition brutal sens forage de la microflore de gymnospermes à *Classopollis* marque le passage du Cénomaniens au Turonien dans les bassins de l'Ouest africain (Jardiné et Magloire, 1965).

Le TOC dans le Cénomaniens est moyen ( $0,5 < \text{TOC} < 1 \%$ ) à très bon ( $2 < \text{TOC} < 4 \%$ ) et varie de 1,61 à 3,05 %. HI variant de 48 à 376, indique la présence de kérogène de type IV, type III et type II/III et type II par endroits, propice à la génération des hydrocarbure liquide et gazeux.  $424 < T_{\text{max}} < 439 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , intervalle immature à mature avec un potentiel faible ( $S_2 < 2,5 \text{ mg HC/g}$  roche) à bon ( $2,5 < S_2 < 5 \text{ mg HC/g}$  roche) pour la génération des hydrocarbures (Tableau 4).

### **VI.3 Turonien**

Rare présence des genres des phytoplanctons du genre *Florentinia* spp. et *Xenascus gotchii* sont propices des milieux de plateau continental. Présence des grains de pollen d'angiospermes tricolpés de petites tailles à géantes à membranes striées et développement maximum des grains de pollen multiporés du genre *Cretaceisporites*.

Le TOC dans cet intervalle est moyen ( $0,5 < \text{TOC} < 1\%$ ) et varie de 0,68 à 0,86 %. Les valeurs HI (généralement inférieures à 200 mg HC g/TOC) indiquent un kérogène de type III, propice à la génération des hydrocarbures gazeux.  $424 < T_{\text{max}} < 439 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , intervalle immature avec un potentiel faible ( $S_2 < 2,5 \text{ mg HC/g}$  roche) pour la génération des hydrocarbures (Tableau 4).

### **VI.4 Sénonien inférieur**

Présence de phytoplanctons et de sporomorphes. Les gonyaulacoides *Oligosphaeridium* spp. marquant un milieu de plateau continental interne à milieu marin ouvert et une abondance des grains de pollen tricolpés et tricolporés, des petites formes lisses et formes géantes reticulées (*Tricolpites gigantoreticulatus*, *Tricolpites giganteus*). Apparition de petites

tétrades de miospores épineuses (*Droseridites senonicus*) en faible proportion. Bassin marginal anoxique-dysoxique à bassin proximal anoxique-suboxique. La matière organique étant du type III à type II.

Le TOC est moyen ( $0,5 < \text{TOC} < 1 \%$ ) à bon ( $1 < \text{TOC} < 2 \%$ ) et varie de 0,5 à 1,79 %. Les valeurs HI (généralement inférieures à 200 mg HC g/TOC) indiquent un kérogène de type III, propice à la génération des hydrocarbures gazeux.  $T_{\text{max}} < 435 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , intervalle immature avec un potentiel faible ( $S_2 < 2,5 \text{ mg HC/g roche}$ ) à moyen ( $2,5 < S_2 < 5 \text{ mg HC/g roche}$ ) pour la génération des hydrocarbures (Tableau 4).

### VI.5 Campanien

Au Campanien inférieur, on enregistre l'abondance du phytoplancton avec les gonyaulacoïdes *Trichodinium castanae* et *Circulodinium distinctum* des environnements côtiers. Il est intéressant de noter que dans le sondage SE1d, ces deux espèces s'observent après la discordance du Campanien inférieur. Ces espèces prolifèrent dans les environnements côtiers instables et pauvres en oxygène (Sanchez-Pellicier *et al.*, 2018). Abondance du phytoplancton avec les chorates *Hystrichodinium* spp. et *Unipontidinium* spp. qui préfèrent les milieux marins ouverts.

Dans le Campanien supérieur, on a une abondance du phytoplancton avec les gonyaulacoides *Xenascus ceratioides* et péridinioides *Odontochina* spp. favorables à un environnement de plateau continental ouvert. Grande forme de grain de pollen inaperturé (*Granulatasporites* sp. S.CI. 80). Bassin marginal anoxique-dysoxique à une zone de transition de plateau continental à bassin à un bassin proximal anoxique-suboxique. La matière organique allant des types I, II à III.

Dans le Campanien, le TOC est bon ( $1 < \text{TOC} < 2 \%$ ) à très bon ( $2 < \text{TOC} < 4 \%$ ) et varie de 1,49 à 2,54 %. Les valeurs HI (inférieures à 200 mg HC g/TOC) indiquent un kérogène de type III, propice à la génération des hydrocarbures gazeux.  $T_{\text{max}} < 435 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , intervalle immature avec un potentiel faible ( $S_2 < 2,5 \text{ mg HC/g roche}$ ) pour la génération de hydrocarbures (Tableau 4).

## VI.6 Maastrichtien

Abondance du phytoplancton avec les péridinoïdes *Cerodinium* spp. et *Andalusiella* spp., kystes hétérotrophes marquant un environnement de dépôt néritique à océanique. Quelques grains de pollen triporés à épine ou granuleuse (*Proteacidites* sp. S.CI. 1) et *Buttinia andrevii*, grains de pollen à reticulum à maille régulière, lumière arrondie très large et mur irréguliers.

Le TOC de l'intervalle Maastrichtien est moyen à bon, variant de 0,82 à 1,65 % avec un potentiel pétrolier faible ( $S_2 < 2,5$  mg HC/g roche). Les valeurs d'IH inférieures à 200 mg HC/g/TOC indiquent un kérogène de type III, propice à la génération des hydrocarbures gazeux. Les valeurs de  $T_{max} < 431^\circ\text{C}$  situent la série dans la zone immature pour la génération des hydrocarbures (Tableau 4).

Tableau 4 : Synthèse paléoenvironnementale des dépôts du Crétacé ivoirien

CHRONOSTRATIGRAPHIE DU CRÉTACÉ DU BASSIN SEDIMENTAIRE DE CÔTE D'IVOIRE	LITHOLOGIE SONDAGE SE1d Rapport interne PETROCI 2009	PALYNOZONE CÔTE D'IVOIRE (P.C.I)	PALÉOENVIRONNEMENTS		ENVIRONNEMENTS DE DEPOT									
			PALYNOFACIES	ANALYSES AU ROCK-EVAL	NON MARIN	TRANSITIONNEL	PLATEAU CONT. INT.	PLATEAU CONT. MOY.	PLATEAU CONT. EXT.	BATHYAL SUPERIEUR	BATHYAL MOYEN	BATHYAL INFÉRIEUR	ABYSSAL	SYNTHÈSE
MAASTRICHTIEN SUPERIEUR		PCI-I	<i>Cerodinium granulostriatum</i> , <i>Andalusiaella</i> spp.	Abondance du phytoplancton avec les péridinoides <i>Cerodinium</i> spp. et <i>Andalusiaella</i> spp., kystes hétérotrophes marquant un environnement de dépôt néritique à océanique. Quelques grains de pollen triploés à épine ou granuleuse ( <i>Prateacidites</i> sp. S.Cl. 1) et <i>Buttinia andrewii</i> , grain de pollen à reticulum à maille régulière, lumière arrondie très large et muri régulières.	Le TOC, dans cet intervalle est moyen (0,5<TOC<1%) à bon (1<TOC<2%) et varie de 0,82 à 1,65%. Les valeurs HI ( inférieures à 200 mg HC g/TOC) indiquent un kérogène de type III, propice à la génération des hydrocarbures gazeux. Tmax<435°C et varie 429 à 431°C, intervalle immature avec un potentiel faible (S <sub>2</sub> < 2,5mg HC/g roche) pour la génération des hydrocarbures.								Milieu marin ouvert allant du milieu bathyal supérieur au milieu bathyal moyen à influence continentale	
MAASTRICHTIEN INFÉRIEUR		PCI-II	<i>Andalusiaella ivoirensis</i> , <i>Andalusiaella mauthi aegyptica</i>											
CAMPANIEN SUPERIEUR		PCI-III	<i>Xenascus ceratioides</i>	Abondance du phytoplancton avec les gonvaulcoïdes <i>Xenascus ceratioides</i> et péridinoides <i>Odontochina</i> spp. favorables à un environnement de plateau continental ouvert. Grande forme de grain de pollen inaperturé ( <i>Granulatosporites</i> sp. S.Cl. 80). Bassin marginal anoxique-dysoxique à une zone de transition de plateau continental à bassin à un bassin proximal anoxique-suboxique. La matière organique allant du type II à III.	Le TOC, dans cet intervalle est bon (1<TOC<2 %) à très bon (2<TOC<4%) et varie de 1,49 à 2,54%. Les valeurs HI ( inférieures à 200 mg HC g/TOC) indiquent un kérogène de type III, propice à la génération des hydrocarbures gazeux. Tmax<435°C, intervalle immature avec un potentiel faible (S <sub>2</sub> < 2,5mg HC/g roche) pour la génération de hydrocarbures.								Milieu marin ouvert de type bathyal supérieur, anoxique-dysoxique à influence continentale	
CAMPANIEN INFÉRIEUR		PCI-IV	<i>Trichodinium castanea</i> , <i>Hystrichodinium</i> spp., <i>Unipontidinium grande</i>	Abondance du phytoplancton avec les gonvaulcoïdes <i>Trichodinium castanea</i> propice des environnements côtiers vers une rarefaction dans les milieux de plateau continental ouvert ou bassins. Abondance du phytoplancton avec les chorates <i>Hystrichodinium</i> spp. et <i>Unipontidinium</i> spp. préfèrent les milieux marins ouverts.										
DISCORDANCE BASE CAMPANIENNE														
SANTONIEN		PCI-V	<i>Oligosphaeridium</i> spp., <i>Tricolpites</i> spp.	Présence de phytoplanctons et de sporomorphes. Les gonvaulcoïdes <i>Oligosphaeridium</i> spp. marquant un milieu de plateau continental interne à milieu marin ouvert et une abondance des grains de pollen tricolpés et tricolporés, des petites formes lisses et formes géantes reticulées ( <i>Tricolpites gigantoreticulatus</i> , <i>Tricolpites giganteus</i> ). Apparition de petites tétrades de miospores épineuses ( <i>Droseridites senonicus</i> ) en faible proportion. Bassin marginal anoxique-dysoxique à bassin proximal anoxique-suboxique. La matière organique étant du type III et du type II.	Le TOC, est moyen (0,5<TOC<1%) à bon (1<TOC<2 %) et varie de 0,5 à 1,79%. Les valeurs HI (généralement inférieures à 200 mg HC g/TOC) indiquent un kérogène de type III, propice à la génération des hydrocarbures gazeux. Tmax<435°C, intervalle immature avec un potentiel faible(S <sub>2</sub> < 2,5mg HC/g roche) à moyen (2,5<S <sub>2</sub> <5 mg HC/g roche) pour la generation des hydrocarbures.								Milieu marin ouvert de type plateau continental externe, anoxique-dysoxique à influence continentale	
CONIACIEN		PCI-VI	<i>Droseridites senonicus</i>											
TURONIEN		PCI-VII	<i>Tricolpites microstriatus</i> , <i>Steevesipollenites cupiliformis</i> , <i>Cretaceisporites</i> spp.	Rare présence des genres des phytoplanctons du genre <i>Florentinia</i> spp. et <i>Xenascus gatchii</i> sont propices des milieux de plateau continental. Présence des grains de pollen d'angiospermes tricolpés de petites tailles à géantes à membranes striées et développement maximum des grains de pollen multiporés du genre <i>Cretaceisporites</i> .	Le TOC, dans cet intervalle est moyen (0,5<TOC<1%) et varie de 0,68 à 0,86%. Les valeurs HI (généralement inférieures à 200 mg HC g/TOC) indiquent un kérogène de type III, propice à la génération des hydrocarbures gazeux. Tmax<435°C, intervalle immature avec un potentiel faible (S <sub>2</sub> < 2,5mg HC/g roche) pour la generation des hydrocarbures.								Milieu marin ouvert de type plateau continental externe à influence continentale	
CENOMANIEN SUPERIEUR		PCI-VIII	<i>Classopollis classoides</i>	Absence voir rares phytoplanctons. Apparition brutal sens forage de la microflore de gymnospermes à <i>Classopollis</i> marque le passage du Cenomanien au Turonien dans les bassins de l'Ouest africain (Jardiné & Magloire, 1963). Nous y observons des grains de pollen angiospermiques Zone de transition de plateau continental à un bassin proximal anoxique-suboxique. La matière organique de type II.	Le TOC, dans cet intervalle est moyen (0,5<TOC<1%) à très bon (2<TOC<4%) et varie de 1,61 à 3,05%. HI variant de 48 à 376, indiquent la présence de kérogène de type IV, type III et type II/III et type II par endroits, propice à la generation des hydrocarbures liquide et gazeux. Tmax<439°C, intervalle immature à mature avec un potentiel faible (S <sub>2</sub> < 2,5mg HC/g roche) à bon (2,5<S <sub>2</sub> <5 mg HC/g roche) pour la génération des hydrocarbures.								Milieu marin peu profond de type plateau continental interne à moyen, intermittent, anoxique-dysoxique à influence continentale	
CENOMANIEN MOYEN		PCI-IX	<i>Triorites africaensis</i> , <i>Pemphixipollenites inequixinus</i>	Constance de la flore à <i>Classopollis</i> avec une diversité des grains de pollen d'angiosperme ( <i>Triorites africaensis</i> , <i>Pemphixipollenites inequixinus</i> ). Bassin marginal anoxique-dysoxique à un plateau continental proximal suboxique-anoxique. La matière organique allant du type II au type III.										
CENOMANIEN INF. / ALBIEN SUP.		PCI-X	<i>Galeacornea</i> spp., <i>Elaterosporites klaszi</i> , <i>Afropollis jardinus</i>	Absence voir rares phytoplanctons. Les "spores" à élatères ( <i>Galeacornea claszi</i> , <i>Elaterosporites klaszi</i> , <i>Elaterosporites protensus</i> , <i>Elaterosporites verrucatus</i> , <i>Elaterosporites castelaini</i> ) apparaissent sens forage avec le genre <i>Afropollis</i> et une absence des <i>Tricolpés</i> .										
DISCORDANCE POST ALBIENNE														
ALBIEN SUPERIEUR		PCI-XI	<i>Lusatisporis dettmana</i> , <i>Callialasporites dampieri</i>	Absence voir rares phytoplanctons ( <i>Oligosphaeridium</i> spp.). Abondance des ptéridophytes cicatricosés (formes verruquées ou tuberculées) avec l'apparition sens forage de <i>Lusatisporis dettmana</i> , <i>Callialasporites dampieri</i> , <i>Quadricolpites reticulatus</i> et un pic de développement du genre <i>Classopollis</i> . Bassin proximal anoxique-suboxique. Matière organique de type II.	Le TOC, dans cet intervalle est très bon (2<TOC<4%) et varie de 1,59 à 2,87%. HI variant de 121 à 268, indique la présence de kérogène de type III à type II/III, propice à la generation des hydrocarbures gazeux et liquides. Tmax indique, un intervalle immature à mature avec un potentiel moyen (2,5<S <sub>2</sub> <5 mg HC/g roche) pour la génération des hydrocarbures.								Milieux marins peu profond de type plateau continental interne, intermittent, anoxique-suboxique à influence continentale	
ALBIEN MOYEN-SUPERIEUR		PCI-XII	<i>Elaterosporites</i> spp., <i>Appendicisporites</i> spp.	Absence de phytoplanctons. Apparition sens forage des ptéridophytes du genre <i>Appendicisporites</i> en association avec les <i>Elaterosporites</i> et un développement maximum des espèces <i>Elaterosporites protensus</i> et <i>Elaterosporites verrucatus</i> . Bassin marginal anoxique-dysoxique à une zone de transition plateau continental à bassin. Matière organique type III à IV.									Milieu continental à milieu transitionnel, intermittent, anoxique-dysoxique, chaud et calme à influence continentale	
ALBIEN MOYEN-INFÉRIEUR		PCI-XIII	<i>Callialasporites trilobatus</i> , <i>Afropollis</i> spp.	Absence de phytoplanctons. Zone à <i>Callialasporites trilobatus</i> en association avec un développement maximum du genre <i>Afropollis</i> et une absence des formes de "spores" à élatères.									Milieu littoral marin, intermittent, chaud et calme à influence continentale	

## CONCLUSIONS GENERALES

Ce travail présente une étude palynologique et caractérisation de la matière organique des dépôts albo/aptiens à maastrichtiens du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire. Il est basé sur les kystes de dinoflagellés, les spores et grains de pollen et le palynofaciès. Un total de 167 échantillons de carottes provenant de 20 sondages complétés par 98 échantillons de déblais d'un puits de référence. Ces 21 sondages sont tous implantés dans la marge d'Abidjan ou marge Est du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire, dont trois en onshore et dix huit en offshore.

L'étude palynologique des dépôts albiens et crétacés supérieurs de Côte d'Ivoire a montré une grande richesse en palynomorphes d'origine marine (kystes de dinoflagellés) et continental (spores et grains de pollen), dont l'analyse a permis une révision de la systématique, de la biostratigraphie, et des affinités paléoenvironnementales et paléogéographiques.

**1. Systématique :** le matériel a livré 46 espèces de kystes de dinoflagellés et 148 espèces de sporomorphes. La révision et l'actualisation de la systématique des palynomorphes et des kystes de dinoflagellés ont été essentielles à l'inventaire qualitatif et quantitatif de la diversité des assemblages palynologiques. Cette révision implique une amélioration de la fiabilité des conclusions biostratigraphiques et paléogéographiques.

**2. Biostratigraphie :** pour la première fois, une étude non-confidentielle sur la biostratigraphie complète du Crétacé ivoirien allant des dépôts albiens à maastrichtiens est réalisée sur 20 sondages carottés. Il en découle une caractérisation de treize biozones de palynomorphes identifiables dans le Crétacé du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire, et sans doute utilisables dans les secteurs voisins. Ces biozones dénommées Palynozones du Crétacé Ivoirien (P.C.I.) déterminées sens forage (LAD et FDO des espèces marqueurs) du Maastrichtien à l'Albien : PCI-I , PCI-II , PCI-III, PCI-IV, PCI-V, PCI-VI, PCI-VII, PCI-VIII, PCI-IX, PCI-X, PCI-XI, PCI-XII et PCI-XIII :

- **PCI-I d'âge Maastrichtien supérieur :** elle est caractérisée par le LAD et FDO des kystes de dinoflagellés marqueurs composés des péridinoïdes *Andalusiella* spp. - *Cerodinium granulostriatum* - *Senegalinium* spp. et sporomorphes composés des grains de pollen d'angiospermes *Buttinia andrevii* - *Proteacidites longispinosus*.

- **PCI-II d'âge Maastrichtien inférieur** : cette biozone est atteinte par le LAD des péridinoïdes *Andalusiella ivoirensis* – *Andalusiella mauthei* subsp. *aegyptica* – *Dinogymnium acuminatum*. Les grains de pollen sont représentés par l'angiosperme *Proteacidites* sp. 1.
  
- **PCI-III d'âge Campanien supérieur-Campanien moyen** : elle est caractérisée par le LAD et FDO du cératioïde *Xenascus ceratioïdes*, des gonyaulacoïdes *Circulodinium distinctum*, *Odontochitina operculata* et les grains de pollen d'angiosperme *Granulatasporites* sp. SCI 80 et *Syncolporites* sp. 146.
  
- **PCI-IV d'âge Campanien inférieur** : elle est déterminée par le LAD des gonyaulacoïdes *Trichodinium castanea* - *Hystrichodinium pulchrum* - *Unipontidinium grande* et le FAD des péridinoïdes *Andalusiella* spp. - *Cerodinium* spp.
  
- **PCI-V d'âge Santonien** : cette biozone est atteinte par le LAD des gonyaulacoïdes *Oligosphaeridium complex* - *Oligosphaeridium pulcherrimum* et des ceratioïdes *Xenascus ghanaensis* - *Xenascus gotchii*. Le LAD des grains de pollen d'angiospermes tricolpés lisses de petites tailles *Tricolpites* sp. SCI 37 - *Tricolpites* spp. (Jardiné et Magloire , 1965)
  
- **PCI-VI d'âge Coniacien** : elle est indiquée par le LAD de petites tétrades « épineuse » *Droseridites senonicus* avec un développement des angiospermes tricolpés, tricolporés et tricolpés de grandes tailles reticulés *Tricolpites giganteus* – *Tricolpites gigantoreticulatus*.
  
- **PCI-VII d'âge Turonien** : cette biozone est atteinte avec le LAD des grains de pollen d'angiospermes tricolpés à membranes striées dont *Tricolpites microstiatius*-*Tricolpites* sp SCI 107 (Jardiné et Magloire, 1965) et angiospermes à péripores *Cretacaeiporites* spp. (Herngreen, 1973 ; Lawal et Moulade, 1986) grains de pollen de gymnospermes striés *Steevesipollentes cupuliformis* (Azéma et Boltenhagen, 1974) et les spores de ptéridophytes *Cicatricosisporites* spp. (Boltenhagen, 1976). Le FAD des gonyaulacoïdes *Florentinia resex* - *Florentinia radiculata* et du groupe des *Dinogymnium*.
  
- **PCI-VIII d'âge Cénomaniens supérieur** : elle est caractérisée par le LAD des grains de pollen de gymnospermes *Classopollis classoides* (Jardiné et Magloire, 1965 ; Schrank et Ibrahim, 1995) et une rareté des kystes de dinoflagellés.

- **PCI-IX d'âge Cénomaniens moyen** : c'est la zone à LAD des grains de pollen d'angiospermes triporés *Triorites africaensis* - *Pemphixipollenites inequixinus*, un développement des grains de pollen des gymnospermes *Classopollis classoides* - *Classopollis brasiliensis* - *Classopollis jardinei* et les grains de pollen de gymnospermes *Steevesipollentes binodosus*.
  
- **PCI-X d'âge Cénomaniens inférieur-Albiens supérieurs** : elle est marquée par le LAD des angiospermes de grains de pollen à élatères *Galeacornea* spp. - *Elaterosporites klaszii* - *Elaterocolpites castelaini* et le grain de pollen d'angiosperme de *Afropollis jardinus*, une association typique des plaines côtières humides (Dino *et al.*, 1999 ; Schrank, 2001 ; Mahmoud et Deaf, 2007). Ces angiospermes en association avec le genre *Classopollis* et les éphédroïdes indiqueraient un climat chaud-aride à semi-aride (Schrank, 2001).
  
- **PCI-XI d'âge Albiens supérieurs** : c'est l'Albiens supérieur, au sens strict, marqué par le LAD des spores de ptéridophytes *Lusatisporis dettmannae*, *Matonisporites phleboteroides*, *Cicatricosisporites microstriatus*, *Callialasporites dampieri*, *Ephedripites* sp. 284, *Klukisporites foelatus* et d'abondants *Classopollis classoides* et *Elaterosporites klaszii*. Cette zone est marquée souvent par une présence sporadique de gonyaulacoïdes *Oligosphaeridium* signe d'un climat chaud très contrasté dans un milieu marin ouvert à forte influence littorale (Digbehi *et al.*, 2011).
  
- **PCI-XII d'âge Albiens moyen à supérieurs** : biozone caractérisée par le LAD des spores de ptéridophytes *Appendicisporites protensus* - *Appendicisporites potomacensis* – *Appendicisporites baconicus* et les grains de pollen d'angiospermes *Elaterosporites protensus* – *Elaterosporites verrucatus*.
  
- **PCI-XIII d'âge Albiens inférieur à moyen** : c'est la biozone marquant la partie inférieure de l'Albiens moyen et est caractérisée par l'apparition, sans forage, de *Callialasporites trilobatus* en association avec un développement maximum du genre *Afropollis* et le FAD des formes à élatères.

**3. Paléoenvironnement et paléogéographie :** Au début de l'Aptien (vers 120 Ma) apparaissent les angiospermes qui occupent une place prépondérante dans la végétation tropicale (Maley, 1996). Les travaux antérieurs ont montré que la microflore d'origine continentale domine le phytoplancton marin dans les assemblages de palynomorphes jusqu'à l'installation des conditions marines ouvertes au Turonien (Blarez et Mascle 1988 ; Salard-Cheboldaëff et Dejax, 1991). À partir du Turonien on constate le développement du phytoplancton euryhalin alguaire d'origine marine (les gonyaulacoïdes) et absence de péridinoïdes avec des influences sporadiques continentales décroissantes vers le Maastrichtien (Digbehi *et al.*, 2011).

Notre étude montre quatre types de paléoenvironnements qui vont se succéder au Crétacé, au fur et à mesure de l'ouverture du bassin sédimentaire ivoirien sur l'océan :

- **Un environnement fluvio-lacustre à marin littoral** est associé aux dépôts de l'Albien inférieur et moyen (PCI-XIII). Il est caractérisé par des grains de pollen d'angiospermes à élatère et un développement du genre *Afropollis* traduisant respectivement une influence fluvio-lacustre et un transport par le vent de pollens qui vont se déposer dans les environnements marins, côtiers, pendant l'amorce de la transgression marine dans un climat aride à semi-aride chaud (Dino, 1990 ; Abubakar, 2006).
  
- **Un environnement néritique interne** est caractérisé d'une part de dépôts Albien moyen supérieur (PCI-XII) à Albien supérieur-Cénomaniens inférieur (PCI-X), prolongeant les conditions de l'environnement marin côtier et va voir le développement de foraminifères planctoniques du genre *Ticinella* caractéristiques d'un milieu néritique interne (Caron, 1985). La disparition des formes à élatères et des *Afropollis* à la fin de cette séquence traduit une transgression marine, passage à un environnement néritique calme avec un début d'approfondissement du milieu marin marqué par des lits de carbonates surmontant le faciès fluvio-lacustre (Abubakar, 2006). Avant cette transgression, une grande régression à l'Albien supérieur (PCI-XI) a induit une discordance majeure et une érosion au toit de l'Albien (PETROCI et Beicip, 1990). D'autre part, la transgression continuant jusqu'à la fin du Cénomaniens (PCI-VIII), la fréquence des grains de pollen de gymnospermes de *Classopollis* représentatifs de climats chauds et secs sont de moins en moins fréquent et finissent par disparaître (Salard-Cheboldaëff et Boltenhagen, 1992) au profit d'une flore riche en grains de pollen d'angiospermes typique d'un climat chaud et humide (Salard-Cheboldaëff et Dejax, 1991).

- **Un environnement néritique** : il caractérise l'intervalle de temps Turonien (PCI-VII) - Santonien (PCI-V). Au cours du Turonien les grains de pollen de gymnospermes sont beaucoup moins fréquents, les grains de pollen de *Classopollis* (Cheirolepidacea) et les Proteaceae disparaissent. Les grains de pollen d'angiospermes (les tricolpés, les tricolporés et *Droseridites senonicus*) poursuivent leur diversification (Jardiné et Magloire, 1965 ; Salard-Cheboldaëff et Dejax, 1991). On note également une amorce du développement du phytoplancton algaire marin par le FAD des gonyaulacoïdes *Florentinia* spp. et des *dinogymnodioides* spp., avec une diversification et une abondance au Sénonien inférieur par les gonyaulacoïdes *Oligosphaeridium*, les cératioïdes *Xenascus*. Cette association caractérise un climat chaud et humide dans un environnement de plateau continental à forte influence littorale (Masure *et al.*, 1998 ; Digbehi *et al.*, 2011).

- **Un environnement néritique externe à bathyal supérieur** caractérise les palynozones PCI-VI (Campanien) à PCI-I (Maastrichtien supérieur) marquée par le FAD des péridinoïdes *Andalusiella* spp., *Cerodinium* et *Senegalinium* spp., une association typique de la province tropicale à subtropicale de la « suite de Malloy » (Lentin et Williams, 1980), en association avec des gonyaulacoïdes (phytoplanctons euryhalins) *Trichodinium castanea*, *Unipontidinium grande*, *Hystrichodinium pulchrum* et les *Dinogymnium* spp. avec des cératioïdes *Xenascus ceratioides* (Fazzari et Biffi, 1984 ; Digbéhi *et al.*, 1996 ; Masure *et al.*, 1998) vraisemblablement caractéristique de conditions littorales influencées par le continent proche après la régression importante qui entraîne une discordance majeure à la base du Campanien (PETROCI et Beicip, 1990). Au sommet de cette intervalle (Campanien-Maastrichtien) un enrichissement du milieu marin en nutriments a favorisé l'explosion des kystes de dinoflagellés de péridinoïdes au Maastrichtien. Dans ce climat tropical à subtropical humide, une décroissance des grains de pollen d'angiospermes est enregistrée (Digbéhi *et al.*, 2011).

#### **4. Palynofaciès et potentiel pétrolier :**

- **L'Albien** est caractérisé par une matière organique dominée par les palynomorphes continentaux, principalement les spores et grains de pollen. Les diagrammes ternaires de Tyson (1993) montrent un palynofaciès dominé par les phytoclastes (au moins 60 %) et de la matière organique amorphe dans un environnement de bassins margino-littoraux anoxiques ou suboxiques avec une matière organique de Type II et III à IV.

Sur le plan géochimique, le TOC, dans cet intervalle est très bon ( $2 < \text{TOC} < 4 \%$ ) et varie de 1,59 à 2,87 %. Le HI variant de 121 à 268, indique la présence de kérogène de type III à type II/III, propice à la génération des hydrocarbures gazeux et liquides. Le Tmax indique, un intervalle immature à mature avec un potentiel moyen ( $2,5 < S_2 < 5 \text{ mg HC/g roche}$ ) pour la génération des hydrocarbures.

- **Le Cénomaniens et le Turonien** constituent un faciès à proportion de spores et grains de pollen plus élevé par rapport à celle du phytoplancton algaire marin. Les diagrammes ternaires de Tyson (1993) indiquent un pourcentage élevé de phytoclastes (de 40 à 60 %) et une matière organique amorphe, dans un environnement transitionnel de plateau continental vers un bassin à un bassin proximal anoxique-suboxique et une matière organique de Type III à II.

Le Cénomaniens un TOC moyen ( $0,5 < \text{TOC} < 1 \%$ ) à très bon ( $2 < \text{TOC} < 4 \%$ ) et varie de 1,61 à 3,05 %. HI variant de 48 à 376, indiquent la présence de kérogène de type IV, type III et type II/III et type II par endroits, propice à la génération des hydrocarbures liquide et gazeux.  $424 < \text{Tmax} < 439 \text{ }^\circ\text{C}$ , intervalle immature à mature avec un potentiel faible ( $S_2 < 2,5 \text{ mg HC/g roche}$ ) à bon ( $2,5 < S_2 < 5 \text{ mg HC/g roche}$ ) pour la génération des hydrocarbures. Le Turonien est caractérisé par un TOC moyen ( $0,5 < \text{TOC} < 1 \%$ ) et varie de 0,68 à 0,86 %. Les valeurs HI (généralement inférieures à 200 mg HC g/TOC) indiquent un kérogène de type III, propice à la génération des hydrocarbures gazeux.  $424 < \text{Tmax} < 439 \text{ }^\circ\text{C}$ , intervalle immature avec un potentiel faible ( $S_2 < 2,5 \text{ mg HC/g roche}$ ) pour la génération des hydrocarbures.

- **Le Sénonien inférieur** révèle une matière organique avec une baisse du taux des sporomorphes toujours dominant et une augmentation de celui des kystes de dinoflagellés par rapport aux étages sous-jacents. Le diagramme ternaire de Tyson (1993) montre un palynofaciès dominé par la matière organique amorphe et les phytoclastes.

Sur le plan géochimique, le TOC est moyen ( $0,5 < \text{TOC} < 1 \%$ ) à bon ( $1 < \text{TOC} < 2 \%$ ) et varie de 0,5 à 1,79 %. Les valeurs HI (généralement inférieures à 200 mg HC g/TOC) indiquent un kérogène de type III, propice à la génération des hydrocarbures gazeux. Tmax  $< 435 \text{ }^\circ\text{C}$ , intervalle immature avec un potentiel faible ( $S_2 < 2,5 \text{ mg HC/g roche}$ ) à moyen ( $2,5 < S_2 < 5 \text{ mg HC/g roche}$ ) pour la génération des hydrocarbures.

▪ **Le Campanien-Maastrichtien** est typique d'une forte baisse de la proportion des spores et grains de pollen au profit du microplancton alguaire marin. Les diagrammes de Tyson (1993) indiquent des taux élevés de phytoclastes et de la matière organique amorphe (au moins 80 %).

La géochimie organique est caractérisée dans l'intervalle du Campanien par un TOC bon ( $1 < \text{TOC} < 2 \%$ ) à très bon ( $2 < \text{TOC} < 4 \%$ ) et varie de 1,49 à 2,54 %. Les valeurs HI (inférieures à 200 mg HC/g/TOC) indiquent un kérogène de type III, propice à la génération des hydrocarbures gazeux. Le  $T_{\text{max}} < 435^\circ$ , l'intervalle est immature avec un potentiel faible ( $S_2 < 2,5 \text{ mg HC/g roche}$ ) pour la génération de hydrocarbures. Au Maastrichtien, le TOC, est moyen ( $0,5 < \text{TOC} < 1 \%$ ) à bon ( $1 < \text{TOC} < 2 \%$ ) et varie de 0,82 à 1,65 %. Les valeurs HI (inférieures à 200 mg HC/g/TOC) indiquent un kérogène de type III, propice à la génération des hydrocarbures gazeux.  $T_{\text{max}} < 435^\circ$  et varie de 429 à 431, intervalle immature avec un potentiel faible ( $S_2 < 2,5 \text{ mg HC/g roche}$ ) pour la génération des hydrocarbures.

En somme, les sédiments susceptibles de renfermer des roches mères potentielles dans cette étude se localisent dans l'Albien, le Cénomaniens et le Sénonien inférieur. Les roches mères albiennes et cénomaniennes sont matures pour la génération des hydrocarbures.

# PERSPECTIVES

## **Intégrer les résultats de la biostratigraphie à l'échelle de la marge ivoirienne et du Golfe de Guinée et de l'Atlantique sud**

Les travaux de Core Lab et PETROCI en 2011 (Côte d'Ivoire Regional Reservoirs and Seals) ont proposé un cadre stratigraphique sur l'intervalle allant de l'Albien au Maastrichtien, qui intègre les résultats d'études stratigraphiques, géochimiques, de géologie et de pétrophysique des réservoirs. Les données provenaient des déblais de forages, de puits carottés et des huiles provenant des forages répartis sur l'ensemble de la marge ivoirienne. La synthèse des données stratigraphiques des puits a notamment permis de confronter et calibrer les données biostratigraphiques acquises pour les foraminifères, les nannofossiles calcaires et les palynomorphes. Cette échelle biostratigraphique régionale a été intégrée aux résultats de la cyclostratigraphie basés sur les données de diagraphie (gamma ray). La synthèse a abouti à l'élaboration d'un découpage de la série stratigraphique en unités "StratTPacs". Au total, huit principaux ensembles stratigraphiques régionaux correlables (StratPac CI 1 à CI 8) de l'Albien au Maastrichtien, ont été caractérisés (Figure 60) dans le bassin:

- StratPac CI 1 (Albien moyen à plus vieux ?) représentant la phase précoce syn-rift d'installation du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire. Il est caractérisé par d'importantes variations latérales d'épaisseur et de composition lithologique. On y observe des faciès deltaïques proximaux sableux et conglomératiques aux faciès turbiditiques lacustres mediaux et distaux ;
- StratPac CI 2 (Albien moyen à supérieur ?) correspondant à la première épisode d'inondation marine et la transition d'un bassin lacustre profond à un bassin partiellement influencé par la mer et modérément profond. Elle présente une lithologie similaire à la StratPac CI 1 de sables grossiers et des conglomérats avec de rares intercallations de schistes et schistes argileux vers le centre du bassin ;
- à la StratPac CI 3 (Albien supérieur basal) correspond à la phase d'extension majeur du rift qui fini par une discordance régionale et la mise en place d'une topographie de holt/graben au sein du bassin. Les sédiments sont des dépôts de plateau dits schistes marins avec des sables intermittents fins à très grossiers et de rares conglomérats. Cependant dans la partie centre-ouest de la marge ivoirienne les apports des systèmes fluviale/deltaïque continuent avec des proportions très élevées de sables grossiers ;

- StratPac CI 4 (Albien supérieur) représentant une nouvelle phase de regression par l'action des jeux des failles entrainant un affaissement du bassin intérieur. Il est composé de deux parties dont une partie inférieure qui correspond à des sables à grains grossiers et des failles synsédimentaires. La partie supérieure est caractérisée par un schiste marin transgressif régional ;
- StratPac CI 5 (Albien supérieur/Cénomanién inférieur) phase majeure de soulèvement fin rift créant des crêtes et des creux post-albiens dans le bassin. Les sédiments déposés après cette phase tectonique (Albien supérieur/Cénomanién inférieur) comprennent des schistes, des carbonates et des grès finement interstratifiés et rémaniés.
- StratPac CI 6 (Cénomanién inférieur à moyen) caractérisé par de nouveaux apports par des éventails deltaïques et des systèmes fluviaux à haute énergie le long des principales zones de failles. Les sédiments sont des grès et des conglomérats à grains grossiers, minces à très épais et des schistes ;
- StratPac CI 7 (Cénomanién supérieur - Santonien) caractérisé par une autre phase régressive majeure présente dans tout le bassin. Les sédiments vont des sables à grains très fins à grossiers ;
- StratPac CI 8 (Campanien-Maastrichtien) mis en place lors d'un autre événement tectonique majeur "l'événement Santonian Squeeze" caractérisé par un soulèvement de la marge post-albienne. Les nouveaux apports fluviaux ont occasionnés le développement des systèmes de canyons et ont entraîné les dépôts de grès et des conglomérats à grains fins à très grossiers ainsi que des schistes hétérolithiques et minces. Le dépôt des sables s'est arrêté brusquement au sommet de la StratPac CI 8 en raison d'une transgression régionale au Maastrichtien supérieur.

Nous souhaiterions faire une correspondance de ces grandes séquences (StratPac CI 1 à CI 8) avec notre biozonation (PCI-I à PCI-XIII) pour avoir des repères biostratigraphiques en vue des corrélations régionales.

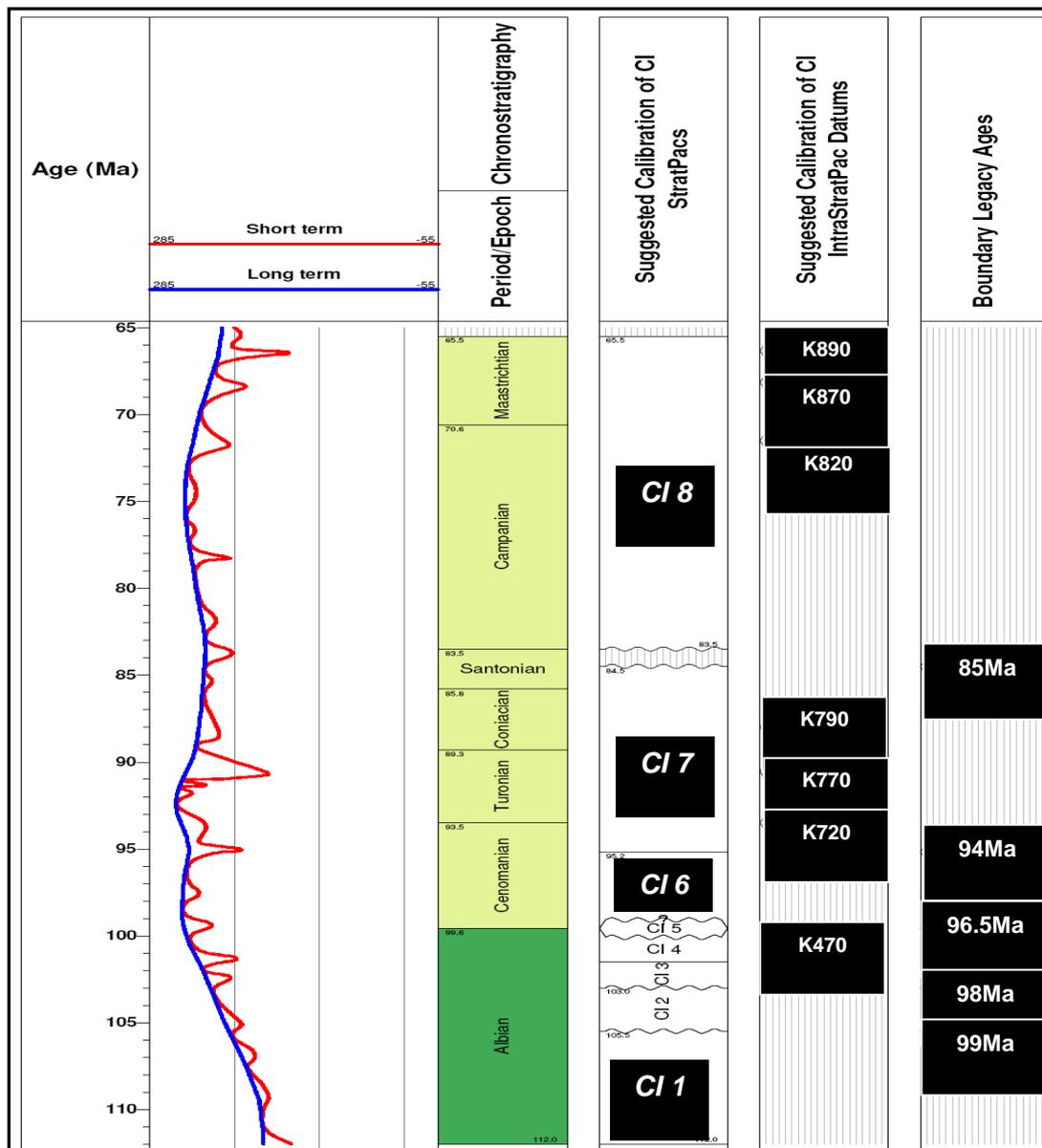


Figure 60 : Chronostratigraphie du bassin ivoirien établit (StratPac CI 1 à CI 8) par Core Lab et PETROCI, 2011.

### De la biostratigraphie à des modèles d'interprétations paléoenvironnementales

Des études palynologiques complémentaires, pour la systématique des spores et grains de pollen seraient indiquées pour l'identification et la détermination des espèces utilisées en nomenclature ouverte. En Côte d'Ivoire du point de vue palynologique le Turonien est daté par le groupe des grains de pollen tricolpés striés dont la forme *Tricolpites* sp. SCI 107 est en nomenclature ouverte. Le groupe des grains de pollen tricolpés et des spores triporés sont très développés au Sénonien inférieur ; ce sont entre autres *Tricolpites* sp. SCI 427, *Triorites* sp. SCI 37, essentiels pour la biostratigraphie du Turonien, Coniacien et Santonien en l'absence

des kystes de dinoflagellés. Les extensions stratigraphiques des kystes de dinoflagellés du Crétacé supérieur observées sur la marge ivoirienne sont incomplètes comparées à celles connues dans le reste du domaine atlantique. Leurs extensions sont limitées par le contexte environnemental régional marqué par la transition d'environnements continentaux à des conditions océaniques entre l'Albien et le Maastrichtien, ainsi que par des surfaces d'érosions majeures qui tronquent la série à plusieurs niveaux. L'évolution environnementale à longs termes a déterminé la composition des assemblages et donc leur succession stratigraphique. Au-delà des applications biostratigraphiques, il est possible d'utiliser les assemblages palynologiques et les palynofaciès à des fins de reconstitution environnementale plus poussée. Différentes approches statistiques des assemblages de kystes de dinoflagellés sont exploitables avec les données acquises dans le Bassin ivoirien. En effet, à partir du Campanien-Maastrichtien le bassin ivoirien devient très riche en kystes de dinoflagellés de Péridinoïdes et Gonyaulacoïdes. Le rapport Péridinoïdes/Gonyaulacoïdes (P/G) (Harland, 1973 ; Paris *et al.*, 1996) est utilisé en tant qu'indicateur de la proximité du rivage et de variations de salinité. L'augmentation de la population des dinoflagellés peut également indiquer des zones de remontée d'eau froide océanique ou upwellings également riches en nutriments (Bujak, 1984 ; Powell *et al.*, 1992). Les associations de dinokystes identifiées dans nos travaux sont enregistrés dans les dépôts de l'intervalle Coniacien-Maastrichtien dans le Crétacé du bassin sédimentaire ivoirien et caractérisent les conditions paléoenvironnementales et paléocéanographiques locales. Les préférences environnementales des dinokystes fossiles se reflètent dans la composition des assemblages de dinokystes qui peuvent être déduites des analyses statistiques (Peyrot *et al.*, 2011, 2012, Sanchez-Pellicer *et al.*, 2018). Sanchez-Pellicer *et al.*, (2018) ont étudié l'écologie des dinokystes albiens en analysant la biodiversité et la composition taxonomique des assemblages à partir d'un transect proximal-distal à travers la marge ibérique de l'Atlantique. Les valeurs de richesse et d'équité taxonomique des assemblages de dinokystes sont plus faibles et plus variables dans les environnements proximaux que dans les environnements distaux, un modèle bien connu dans l'actuel. La biodiversité des dinokystes est contrôlée par le stress associé à l'instabilité de l'environnement, qui augmente de l'offshore vers la côte. Les résultats de Sanchez-Pellicer *et al.*, (2018) permettent une reconstitution extrêmement précise des conditions paléoenvironnementales. Des études similaires et comparatives au niveau de la marge ivoirienne sont possibles ce qui pourraient être généralisées au Golfe de Guinée.

## BIBLIOGRAPHIE

**Abubakar M. B., Luterbacher H. P., Ashraf A. R., Ziedner R. & Maigari A. S. (2011)** - « *Late Cretaceous palynostratigraphy in the Gongola Basin (Upper Benue Trough, Nigeria)* ». *Journal of African Earth Sciences*, 60 (1-2), pp. 19-27.

**Abubakar M. B., Obaje N. G., Luterbacher H. P., Dike E. F. C. & Ashraf A. R. (2006)** - « *A report on the occurrence of Albian-Cenomanian elater-bearing pollen in Nasara-I well, Upper Benue Trough, Nigeria: Biostratigraphic and palaeoclimatological implications* ». *Journal of African Earth Sciences*, 45, pp. 347-354.

**Aka K. (1991)** – « *La sédimentation au quaternaire supérieur sur la marge ivoirienne : Essai de modélisation* ». Thèse de Doctorat d'état, Univ. Nat. Côte d'Ivoire, 146, p. 233.

**Ali S., Thomas J. S., Alexander L. & Herbert S. (2008)** - « *Dinoflagellate cysts and Ammonoids from Upper Cretaceous sediments of the Pemberger Formation (Krappfeld, Carinthia, Austria)* ». *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien* 110 A. pp. 401–421.

**Arai M. (2007)** - « *Succession d'associations de dinoflagellose (protista, pyrrhophyta) le long des colonnes stratigraphiques du Crétacé des bassins de la rivière des outaouais marge continentale brésilienne : une analyse d'un point de vue paléocéanographique et paléobiogéographique* ». Thèse de doctorat, pp. 11-12-13-16.

**Arai M., Neto J. B., Lana C. C. & Pedrao E. (2000)** - « *Cretaceous dinoflagellate provincialism in Brazilian marginal basins* ». *Cretaceous Research* 21, pp. 351–366.

**Arai M., Truckenbrodt W., Nogueira A.C.R., Góes A.M. & Rossetti D. E. (1994)** - « *Novos dados sobre a estratigrafia e ambiente deposicional dos sedimentos barreiras, ne do pará* ». in *Simposia de geologia da Amazonia 4, 1994, Sociedade Brasileira de Geologi*, pp. 185-187.

**Assalé F. & Yao P. (2013)** - « *Caractérisation sédimentologique, palynologique, géochimique et paléoenvironnementale des formations sédimentaires connexes à la faille des lagunes (Est du bassin onshore de Côte d'Ivoire)* ». Thèse de Doctorat, Université FHB de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 349 p.

**Atta-Peters D. & Salami M.B., (2004)** - « *Campanien to Paleocen dinoflagellate Cyst biostratigraphy from offshore sediments in the Tano basin, southwestern Ghana* ». *Revista Espanola de Micropaleontlogia* 36, pp. 305-321.

**Atta-Peters D. & Salami, M.B., (2006)** - « *Aptian-Maastrichtian palynomorphs from the offshore Tano Basin, Western Ghana* ». *Journal of African Earth Sciences*, 46, pp. 379-394.

**Atta-Peters D., Achaegakwo C. A, Kwayisi D. & Garrey P. (2015)** - « *Palynofacies and Source Rock Potential of the ST-7H Well, Offshore Tano Basin, Western Region, Ghana* ». *Journal of Earth Science* 4 (1), pp. 1-20.

**Atta-Peters D., Agama C. I., Asiedu D. K. & Apesegah E. (2013)** - « *Palynology, palynofacies and palaeoenvironments of sedimentary organic matter from Bonyere – 1 Well, Tano basin, western Ghana* ». *International Letters of Natural Sciences* 5, pp. 27-45.

**Azema C. & Boltenhagen E. (1974)** - « *pollen du Crétacé moyen du Gabon attribué aux Ephedrales. Paléobiologie continentale* » *Montpellier* 5(1), 1-37, [4 pl].

**Baudin F., Tribouvillard N. & Trichet J. (2017)** - « *Géologie de la matière organique* ». *Edp Sciences*, 2<sup>ème</sup> édition, 315 p.

**Behar F., Beaumont V. & Penteado H. D. B. (2001)** - « *Rock-Eval 6 technology: performances and developments* ». *Oil et Gas Science and Technology*, 56(2), pp. 111-134.

**Below R. (1982C)** - « *Scolochorate Zysten der Gonyaulacaceae (Dinophyceae) aus der Unterkreide Marokkos.* » *Palaeontographica, Abteilung B*, 182, pp. 1-51 [pl. 1-9].

**Berard-Therriault L., Poulin M. & Bosse L. (1999)** - « *Guide d'identification du phytoplancton marin de l'estuaire & du golfe du Saint-Laurent incluant également certains protozoaires* ». *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, 128, NRC Research Press.

**Bessoles B. (1977)** - « *Géologie de l'Afrique , le craton Ouest-africain* ». *Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières* 88, 44 p.

**Bettar I. & Meon H. (2006)** - « *La palynoflore continentale de l'Albien du bassin d'Agadir-Essaouira Maroc* ». *Revue de Paléobiologie, Genève* 25 (2), pp. 593-631.

**Bié G. R., Digbéhi Z. B., Yao K. R., Tea-Yassi J., Kangah K. D. & Tahi I. (2012)** - «*Stratigraphie Palynologique du Maastrichtien Supérieur- Eocène Supérieur du Bassin Sédimentaire Offshore de Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest* ». International Journal of African 6, pp. 40-57.

**Bignot G. (1982)** - « *Les microfossiles : les différents groupes : exploitation paléobiologique et géologique* ». Dunod. Paris, 211 p.

**Blarez E. & Mascle J. (1988)** - « *Shallow structures and evolution of the Ivory Coast and Ghana transform margin* ». Marine and Petroleum Geology, 5 (1), pp. 54-64.

**Blarez E. (1986)** - «*The Continental Margin of Côte d'Ivoire-Ghana. Structure and Evolution of a Transforming Continental Margin*». 188 p.

**Boltenhagen E. (1976)** - « *Pollen et spores sénoniens du Gabon* ». Cahiers du Micropaléontologie 3, p. 3-21.

**Boltenhagen E. (1977)** - « *Microplancton du Crétacé supérieur du Gabon* ». Cahiers de paléontologie 4, pp. 1-150.

**Boltenhagen E. (1980)** - « *Palynologie du Crétacé supérieur du Gabon* ». Mémoires de la section des sciences, 7, pp.1-191.

**Boltenhagen E. & Boubinger J. (1973)** - « *Macrorestes et pollen in situ de Brachyphyllum sp. (Hirmerella. du Lias d'Aguessac (Aveyron), France in: Morphology and systematics of fossils pollen and spores*» Proceedings of the III international palynology Conference Novosibirsk, pp. 20-24.

**Bordenave M. L. (1993)** - « *Applied petroleum geochemistry* ». Editions Technip, 524 p.

**Brenner G. J. (1963)** - « *The spores and pollen of the Potomac group of Maryland* ». Maryland Dept. Geol. Mines and Water Ressources, Bulletin 27, 215 p.

**Brenner G. J. (1968)** - « *Middle cretaceous spores and pollen from northeastern Peru.* » Pollen and Spores, 10, pp. 341-383.

**Brinkhuis H. & Leereveld H. (1988)** - « *Dinoflagellate cysts from the Cretaceous/Tertiary boundary sequence of El Kef, northwest Tunisia* ». Review of Palaeobotany and Palynology, 56, pp. 5-19.

**Brooks J., Grant P. R., Muir M., Gijzel P. & Shaw G. (1971)** - « *Sporopollenin* ». Academic Press, London, pp. 512-544.

**Bujak J. P. (1984)** - « *Cenozoic dinoflagellate cysts and acritarchs from the Bering Sea and northern North Pacific, DSDP Leg 19* », . Micropaleontology 30, pp. 180-212.

**Caron M., 1985** - « *Cretaceous planktonic foraminifers. In: Bolli. H. M., Saunders J. B. et Perch-Nielsen K. (Eds), Plankton Stratigraphy*, ». Cambridge University Press, pp. 17-86.

**Châteauneuf J. J. & Reyre Y. (1974)** - « *Éléments de palynologie : applications géologiques : cours de troisième cycle en Sciences de la Terre donné au Laboratoire de Paléontologie de l'Université de Genève* ». Laboratoire de paléontologie de l'Université de Genève, 194, 345 p.

**Chierici M. A. (1996)** - « *Stratigraphy, paléoenvironnements and geological evolution of the Ivory Coast-Ghana basin* ». In - Jardiné, S., Klasz I (de) et Debenay, J.P. (Eds.) - Géologie de l'Afrique et de l'Atlantique Sud, Actes des colloques d'Angers, 16, Mémoire Elf Aquitaine, 16-20 Juillet 1994, pp. 293-311.

**Clarke R. & Verdier J. (1967)** - « *An investigation of microplankton assemblages from the Chalk of the Isle of Wight, England* ». Verhandelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Afdeling Natuurkunde, Eerste Reeks 24, pp. 1-96.

**Combaz A. (1964)** - « *Les palynofaciès* ». Revue de Micropaléontologie 7, pp. 205-218.

**Combaz A. (1980)** - « *Les kérogènes vus au microscope* ». In : Durand B. (ed.) : Kerogen, Technip, Paris, pp. 55-111.

**Cookson I. C. (1956)** - « *Additional microplankton from Australian Late Mesozoic and Tertiary sediments* ». Australian Journal of Marine and Freshwater Research 7-1, pp. 183-191.

**Corradini D. (1973)** - « *Non-calcareous microplankton from the Upper Cretaceous of the northern Apennines* ». Bollettino della Societa paleontologica italiana 11, pp. 119-197.

**Davey R. J. (1966)** - « *Dinoflagellate cysts and Acritarchs from the Upper Cretaceous* ». Ph.D.

Thesis, Nottingham University, 436 p.

**Davey R. J. & Verdier J. (1971)** - « *An investigation of microplankton assemblages from the Albian of the Paris Basin* ». Verhandelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Afdeling Natuurkunde, Eerste Reeks 26, pp.1-58.

**Davey R. J. (1979)** - « *The stratigraphic distribution of dinocysts in the Portlandian (Latest Jurassic) to Barremian (Early Cretaceous) of northwest Europe* ». American Association of Stratigraphic Palynologists, Contributions Series 5B, pp. 48-81.

**Davey R. J., Downie C., Sarjeant W. A. S. & Williams G. L. (1966)** - « *Fossil dinoflagellate cysts attributed to *Baltisphaeridium** ». In: Davey, R.J., Downie, C., Sarjeant, W.A.S. and Williams, G.L., Studies on Mesozoic and Cainozoic dinoflagellate cysts; British Museum (Natural History) Geology, Bulletin, Supplement 3, pp. 157-175.

**Deaf A. S. (2009)** - « *Palynology, palynofacies and hydrocarbon potential of the Cretaceous rocks of northern Egypt* ». Thèse de doctorat. Université de Southampton.

**Deaf A. S., Ian C. H. G & John E. A. M. (1994)** - « *Palynology and stratigraphy of the Abu Tunis 1x borehole, northern Western Desert, Egypt* ». Palynology 38(1), pp. 51–77.

**Déflandre G. & Cookson I. C. (1955)** - « *Fossil microplankton from Australian Late Mesozoic and Tertiary sediments* ». Austral Journal of Marine and Freshwater Research 6, pp. 242-313.

**Delteil J. R., Valery P., Montadert L., Fondeur C., Patriat P. & Mascle J. (1974)** - « *Continental margin in the northern part of the Gulf of Guinea* ». In The Geology of Continental Margins, pp. 297-311.

**Digbéhi Z. B., Doukouré M., Téa-Yassi J., Yao R. K., Kangah K. D. & Tahi I. (2012)** - « *Palynostratigraphy and palaeoenvironmental characterization and evidence of Oligocene in the terrestrial sedimentary basin, Bingerville area, Southern Côte d'Ivoire, Northern Gulf of Guinea* ». African Journal of Environmental Science and Technology 6 (1), pp. 28-42.

**Digbéhi Z. B., Guédé K.E., Yao N. J-P, Affian K., Toé Bi K. K. K., Yao K. R. & Tahi I. (2011)** - « *Palynostratigraphy and depositional palaeoenvironment of Cretaceous-Palaeogene (K-Pg) boundary deposits on Abidjan margin (Côte d'Ivoire)* ». Journal of Geography and Regional Planning 4(11), pp. 644-655.

**Digbéhi Z. B., N'da L.V. Yao K.R. & Atteba Y.A., (1997)** – « *Principaux foraminifères et palynomorphes créacés du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire, Golfe de Guinée septentrional : propositions pour une échelle biostratigraphique locale* ». Africa Geoscience Review 4(3-4), pp. 467-479.

**Digbéhi Z. B., Toé Bi K. K. K., Adopo K. L., Guédé K. E., Tahi I. & Yao K. R. (2011)** - « *Palynologie et environnements de dépôt des sédiments d'âge cénomanien supérieur-maastrichtien inférieur dans le bassin offshore de Côte d'Ivoire (Afrique de l'ouest)* ». Sciences et Nature 8(1), pp. 95-105.

**Digbéhi Z. B., Yao K. R., Téa-Yassi J. & Boblai G. (1996)** - « *Contribution à l'étude palynologique et environnementale du Campanien et du Maastrichtien du bassin offshore de Côte d'Ivoire* ». Géologie Méditerranéenne, tome 27(2), pp. 155-171.

**Dino R., Pocknall D. T. & Dettman M. E. (1999)** - « *Morphology and ultrastructure of elater-bearing pollen from the Albian to Cenomanian of Brasil and Ecuador: implication for botanique affinity* ». Review of Palaeobotany Palynology, pp. 201-235.

**Dorning K. J. (1981)** - « *Silurian acritarch distribution in the Ludlovian shelf sea of South Wales and the Welsh Borderland* ». Microfossils from recent and fossil shelf seas, pp. 31-36.

**Durand B. (1980)** – « *Matière organique sédimentaire et kérogène: définition et importance quantitative du kérogène. Kérogène : Matière organique insoluble provenant de roches sédimentaires* ». Editions Technip, Paris.

**Ehrenberg C. G. (1837)** - « *Über das Massenverhältniss der jetzt lebenden Kiesel-Infusorien und über ein neues Infusorien-Conglomerat als Polirschiefer von Jastraba in Ungarn* ». Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, „Physikalische Klasse (1836), pp. 109-135.

**El Beialy S. Y., El Atfy H. S., Zavada M. S., El Khoriby E. M. & Ramadan H. A. (2010)** - « *Palynological, palynofacies, paleoenvironmental and organic geochemical studies on the Upper Cretaceous succession of the GPTSW-7 well, North Western Desert, Egypt* ». Marine and Petroleum Geology 27, pp. 370-385.

**Erdtman G. (1943)** - « *An Introduction to Pollen Analysis* ». Chronica Botanica Company, Waltham, pp.1-239.

**Eshet Y., Moshkovitz S., Habib D., Benjamini C. & Magaritz M. (1992)** - « *Calcareous nannofossil and dinoflagellate stratigraphy across the Cretaceous/Tertiary boundary at Hor Hahar, Israel* ». *Marine Micropaleontology* 18(3), pp. 199-228.

**Espitalié J. & Pages L. (1981)** - « *Méthode rapide d'analyse géochimique des déblais en suivi de forage* ». *Pétrole et Techniques* 283, pp.1-103.

**Espitalié J., (1984)** - « *Tentative reconstruction of geothermal paleogradients in some wells of the Rhine Graben , in Thermal phenomena in sedimentary basins* ». International colloquium, Bordeaux, 7-10 June 1983 , Editions Technip, pp . 147-159.

**Espitalié J., Deroo G. & Marquis F. (1985)** - « *La pyrolyse Rock-Eval et ses applications* ». *Revue Institut Français du Pétrole*, I-10, pp. 563-578.

**Espitalié J., Laporte J. L., Madec M., Marquis F., Leplat P., Poulet J. & Boutefeu A. (1977)** - « *Méthode rapide de caractérisation des roches- mères de leur potentiel pétrolier et de leur degré d'évolution* ». *Revue de l'Institut Français du Pétrole* 32, pp. 23-42.

**Evitt W. R. (1961)** - « *Observations on the morphology of fossil dinoflagellates* ». *Micropaleontology* pp. 385-420.

**Evitt W. R. (1985)** - « *Sporopollenin Dinoflagellate Cysts: Their Morphology and Interpretation* ». Texas: American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 333p.

**Evitt W.R. (1963)** - « *A discussion and proposals concerning fossil dinoflagellates, hystrichospheres, and acritarchs, I* ». *Proceedings of the National Academy of Sciences* 49(2), pp. 158-164.

**Fensome R.A., Taylor F.J.R., Norris G., Sarjeant W. A. S., Wharton D.I. & Williams G. L. (1993)** - « *A classification of living and fossil dinoflagellates* ». *Micropaleontology*, Special publication 7, 351 p.

**Firth J. V. (1987)** - « *Dinoflagellate biostratigraphy of the Maastrichtian to Danian interval in the U.S. Geological Survey Albany Core, Georgia, U.S.A* ». *Palynology* 11, p. 199-216 .

**Firth J. V. (1993)** - « *Palynofacies and thermal maturation analysis of sediments from the Nankai Trough* ». In Hill, I.A., Taira, A., Firth, J.V., et al. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific-Results* 131, pp. 57-69.

**Germeraad J. H. , Hopping C. A. & Muller J. (1968)** - « *Palynology of Tertiary sediments from tropical areas* ». Review of Palaeobotany and Palynology, 6 (3-4), pp. 188-348.

**Gnanzou A. (2014)** - « *Étude des séries volcano-sédimentaires de la région de Dabakala (Nord-Est de la Côte d'Ivoire) : genèse et évolution magmatique : contribution à la connaissance de la minéralisation aurifère de Bobosso dans la série de la Haute-Comoé* ». Thèse de doctorat, Université Paris Sud Paris XI, pp. 7-12-13-16.

**Guasti E. T., Kouwenhoven T. J., Brinkhuis H. & Speijer R. P. (2005)** - « *Paleocene sea-level and productivity changes at southern Tethyan margin (EL Kef, Tunisia)* ». Marine Micropaleontology 55, pp. 1-17.

**Guédé K. E. (2009)** - « *Caractérisation Palynostratigraphique et paléoenvironnementale des formations du passage Crétacé-Tertiaire et Eocène dans l'étude du puits offshore DINOIX* ». DEA des sciences de la terre option Géologie Marine et Sédimentologie, UFR STRM, Univ. Cocody (Abidjan). 78 p.

**Guédé K. E. (2016)** - « *Etude comparée de la palynoflore (kystes de dinoflagellés) au Crétacé-Paléogène (K-Pg) et Paléocène-Eocène (P-E) du Nord-Ouest du Maroc et de la Côte d'Ivoire: Systématique, Biostratigraphie Paléoenvironnements et Paléobiogéographie* ». Thèse de doctorat, Université Mohammed V Faculté des sciences Rabat, pp. 14-15-17.

**Guédé K. E., Slimani H., Louwye S., Asebriy L., Toufiq A., Ahmamou M., El Amrani El Hassani I. E. & Digbéhi Z. B. (2014)** - « *Organic-walled dinoflagellate cysts from the Upper Cretaceous-lower Paleocene succession in the western External Rif, Morocco: new species and new biostratigraphic result* ». Geobios 47, pp. 291-304.

**Gustavo S. & Javier G. (2000)** - « *Palinologia del Santoniano Tardio al Maastrichtiano del Piedemonte Lianero Colpmbiano. Correlacion con el Paleocinturon tropical* ». Géologia Colombiana (Bogota Colombia) 25, pp. 111-147.

**Harland R. (1973)** - « *Dinoflagellate cysts and acritarchs from the Bearpaw Formation (Upper Campanian) of southern Alberta, Canada* ». Palaeontology 16, p. 665-706.

**Harry D. J. R. (2017)** - « *Practical Petroleum Geochemistry for Exploration and Production* », Elsevier, 133 p.

**Helby R., Morgan R. & Partridge A. D. (1987)** - « *A palynological zonation of the Australian Mesozoic* ». Memoir of the Association of Australasian Palaeontologists 4, pp. 1-94.

**Herngreen G. F. W. (1973)** - « *Palynology of Albian-Cenomanian strata of borehole 1-qs-1-ma, state of Maranhao* ». Brazil, Bulletin du Muséum national d'histoire naturelle 15(3-4), pp. 515-555.

**Herngreen G. F. W. (1974)** - « *Palynology of Middle and Upper Cretaceous strata in Brazil* ». Mededelingen Rijks Geologische Dienst Nieuwe Serie 26(3), pp. 39-91.

**Hogg N. M. (1993)** - « *A palynological investigation of the Scalby Formation (Ravenscar Group, Middle Jurassic) and adjacent strata from the Cleveland Basin, north east Yorkshire* ». Thèse de doctorat. University of Sheffield.

**Hssaïda T. & Morzadec-Kerfourn M. T. (1993)** - « *Kystes de dinoflagellés et palynofaciès : indicateurs des variations bathymétriques dans le bassin de Guercif (Maroc) au Jurassique (Bathonien terminal-Oxfordien basal)* ». Review of Palaeobotany and Palynology, 77(1), pp. 97-106.

**Huc A.-Y. (2013)** - « *Geochemistry of fossil fuels* ». Editions TECHNIP, Science, 254 p.

**Hunt J. M. (1996)** - « *Early developments in petroleum geochemistry* ». Organic Geochemistry 33, pp. 1025-1052.

**Ibrahim M. I. A. & Abdel-Kireem M. R. (1997)** - « *Late Cretaceous palynofloras and foraminifera from Ain El-Wadi area , Farafra Oasis , Egypt* ». Cretaceous Research 18, pp. 633-660.

**Ibrahim M. I. A. (1996)** - « *Aptian-Turonian palynology of the Ghazalat-1 Well (GTX-1), Qattara Depression, Egypt.* ». Review of Palaeobotany and Palynology 94, pp. 137-168.

**Ibrahim M. I. A., Ela A. N. M. & Kholeif S. E. (2001)** - « *Palynostratigraphy of Jurassic to Lower Cretaceous sequences from the Eastern Desert of Egypt* ». Journal of African Earth Sciences 32(2), pp. 269-297.

**Ibrahim M. N. M., Tamminga S. & Zemmeling G. (1995)** - « *Degradation of tropical roughages and concentrate feeds in the rumen* ». Animal Feed Science and Technology 54(1/4), pp. 81-92.

**Jain K. P. & Millepied P. (1973)** - « *Cretaceous microplankton from Senegal Basin, NW Africa. I. Some new genera, species and combinations of dinoflagellates* ». *The Palaeobotanist* 20, p. 22-32.

**Jain K. P. & Millepied P. (1975)** - « *Cretaceous microplankton from Senegal Basin, W. Africa, pt. II. Systematics and biostratigraphy* ». *Geophytology* 5(2), pp. 126-171.

**Jan Du Chêne R., Masure E., Becheler I., Biffi U., De Vains G., Fauconnier D., Ferrario R., Foucher J. C., Gaillard M., Hochuli P., Lachkar G., Michoux D., Monteil E., Moron J. M., Rauscher R., Raynaud J. F., Taugourdeau J. & Turon J. L. (1986)** - « *Guide pratique pour la détermination de kystes de dinoflagellés fossiles. Le complexe Gonyaulacysta* ». Bulletin des Centres de recherches exploration-production Elf-Aquitaine, Mémoire 12, 479 p.

**Jan Du Chêne R. E. & Salami M. B. (1978)** - « *Palynology and micropaleontology of the Upper Eocene of the well Nsukwa 1 (Niger Delta, Nigeria)* ». *Compte Rendu des Séances de l'académie des Sciences* 13, p. 5-9.

**Jaramillo C. & Yepes O. (1994)** - « *Palinoestratigrafía del Grupo Oliní (Coniaciano Campaniano), Valle Superior del Magdalena* ». In: *Estudios geológicos del Valle Superior del Magdalena* (Ed. F. Etayo-Serna). Universidad Nacional, Bogotá, XVII, pp. 1-17.

**Jardiné S. & Magloire L. (1965)** - « *Palynologie et stratigraphie du Crétacé des bassins du Senegal et Côte d'Ivoire* ». *Mémoire du bureau de recherches de géologie et minières* 32, pp. 187-245.

**Jardiné S. (1967)** - « *Spores à expansions en formes d'élatères du Crétacé moyen d'Afrique occidentale* ». *Review of palaeobotany and palynology* 1, pp. 235-258.

**Kirsch K.-H. (1991)** - « *Kystes de dinoflagellés du Crétacé supérieur de l'Helvétique et de l'Ultrahelvétique de Haute-Bavière [Dinoflagellatenzysten aus der Oberkreide des Helvetikums und Nordultrahelvetikums von Oberbayern.]* ». *Munchener Geowissenschaftliche Abhandlungen Reihe A, Geologie und Palaeontologie* 22, pp. 1-306.

**Kotova I. Z. (1978)** - « *Spores and pollen from cretaceous deposits of the eastern North atlantic ocean*, ». deep sea drilling project, leg 41, sites 367 and 370, geological institute of the USSR academy of sciences, Moscow, USSR, pp. 841- 881.

**Kotova I. Z. (1983)** - « *Palynological study of Upper Jurassic and Lower Cretaceous sediments Site 511*, ». Deep Sea Drilling Project Leg 71, (Falkland Plateau). Deep Sea Drilling Project, Initial Reports 71(2), pp. 879- 906.

**Kouamelan A. (1996)** - « *Géochronologie et géochimie des formations archéennes et protérozoïques de la dorsale de Man en Côte d'Ivoire. Implication pour la transition archéenne protérozoïque*, Thèse de Doctorat, Université de Rennes, 289 p.

**Lawal O. & Moulade M. (1986)** - « *Palynology biostratigraphy of Cretaceous sediments in the Upper Benue Basin, N.E. Nigeria* ». Revue de Micropaléontologie 29(1), pp. 61-83.

**Lawal O. 1982** – « *Biostratigraphie palynologique et paléoenvironnements des formations du crétacées de la haute Bénoué, Nigeria Nord-oriental* ». Thèse de doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle, Université de Nice, 259 p.

**Leckie R.M. (1987)** - « *Paléoécologie des foraminifères planctoniques du Crétacé moyen : une comparaison des assemblages de l'océan ouvert et de la mer épicontinentale* ». Micropaléontologie ""(2), pp. 164-176.

**Lentin J. K. & Williams G. L. (1980)** - « *Dinoflagellate provincialism with emphasis on Campanian peridiniaceans* ». American Association of Stratigraphic Palynologists, Contributions Series 7, pp. 1-47.

**Lentin J. K. & Williams G. L. (1993)** - « *Fossil dinoflagellates: index to genera and species, 1993 edition* ». American Association of Stratigraphic Palynologists Contributions Series 28, 856 p.

**M'Bessé C. O. (2014)** - « *La limite Paléocène–Eocène dans le Bassin de Douala (Cameroun). Biostratigraphie et essai de reconstitution des paléoenvironnements par l'étude des dinoflagellés* ». Thèse de Doctorat, Université de Liège, 211 p.

**Macko S. A., Engel M. H. & Parker P. L. (1993)** - « *diagenesis of organic matter in sediments* ». In Organic geochemistry, Springer, Boston, MA. pp. 211-224.

**Macrae R. A., Fensome R. A. & Williams G. L. (1996)** - « *Fossil dinoflagellate diversity, originations, and extinctions and their significance* ». Canadian Journal of Botany 74(11), pp. 1687-1694.

**Mahmoud M. S. & Deaf A. S. (2007)** - « *Cretaceous palynology (spores, pollen and dinoflagellate cysts) of the Siqueifa 1-x borehole, northern Egypt* ». *Revista italiana di paleontologia e stratigraphia* 113(23), pp. 203-221.

**Mahmoud M. S., Sourd A. S., Tamam M. A. & Khalaf M. M. (2017)** - « *Analyse des palynofaciès et reconstruction paléoenvironnementale de la séquence du Crétacé supérieur forée par le puits Salam-60, Bassin de Shushan : Implications sur les environnements de dépôt régionaux et le potentiel d'exploration d'hydrocarbures du nord-ouest de l'Égypte* ». *Revue de micropaléontologie* 60 (4), pp. 449-467.

**Maley J. (1996)** - « *The African rain forest—main characteristics of changes in vegetation and climate from the Upper Cretaceous to the Quaternary* ». *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, Section B: Biological Sciences* 104, pp. 31-73.

**Martin L. (1977)** - « *Morphologie, sédimentologie et paléogéographie au quaternaire récent du plateau continental ivoirien* ». Thèse de doctorat. Université de Paris VI, 266 p.

**Masclé J. (1976)** - « *Submarine Niger delta: structural framework* ». *Journal des Mines* 13(1), pp. 12-28.

**Masclé J., Lohmann G. P. & Moullade M., (1998)** – « *Leg 159 – Scientific results, Côte D'Ivoire-Ghana Transform Margin Sites 959-962* ». *Proceedings of the Ocean Drilling Program Scientific Results* 159, 613 p.

**Masclé J., Mougénot D., Blarez E., Marinho M. & Virlogeux P. (1987)** - « *Transformer les marges continentales africaines : Exemples de la Guinée, de la Côte d'Ivoire et du Mozambique* ». *Journal géologique* 22(S2), pp. 537-561.

**Masure E. & Arai M. (2003)** - « *Les kystes de dinoflagellés du Crétacé moyen de la marge atlantique brésilienne, le bassin de Santos* ». *Revue de micropaléontologie* 46, pp. 47-64.

**Masure E., Rauscher R., Dejax J., Schuler M. & Ferré B. (1998)** - « *Cretaceous Paleocene palynology from the Côte d'Ivoire-Ghana transform margin, sites 959, 960, 961, and 962* ». *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results* 159, pp. 253-276.

**Masure E., Tea-Yassi J. & Yao R. (1996)** - « *The dinoflagellate *Andalusiella*: emendation of the genus, revision of species, *A. ivoirensis* Masure, Tea and Yao, sp. nov.* ». *Review of*

Palaeobotany and Palynology 91, pp.171-186.

**Moussavou D. A. (1980)** - « *Etude palynoplanctologique dans le Crétacé inférieur et moyen du bassin sédimentaire du Gabon* ». Thèse de Doctorat, Univ. des Sc. et Techn. de Lille, 174 p.

**Muller J. (1968)** - « *Palynology of the Pedawan and plateau sandstone formations (Cretaceous-Eocene) in Sarawak* », Malaysia. *Micropaleontology* 14(1), pp. 1-37.

**N'da V., Yao K. R. & Atteba A. (1992)** - « *Upper Cretaceous microfossils of Côte d'Ivoire sedimentary basin* ». Rapport interne PETROCI inédit.

**Narváez P. L., Mego N. & Prámparo M. B. (2013)** - « *Spores cicatricielles du Crétacé du nord et du centre-ouest de l'Argentine : discussion taxonomique et biostratigraphique* ». *Palynologie* , 37 (2), pp. 202-217.

**Newton E. T. (1875)** - « *On "Tasmanite" and Australian "White Coal"* ». *Geological Magazine* , 2(8), pp. 337-342.

**Nohr-Hansen H. & Dam G. (1997)** - « *Palynology and sedimentology across a new marine Cretaceous/Tertiary boundary coupe on Nuussuaq, West Greenland* ». *Geology* 25, pp. 851-854.

**Oboh-Ikuenobe F. E., Yepes O. & Gregg J. M. (1998)** - « *Palynostratigraphy, palynofacies and thermal maturation of Cretaceous-Paleocene sediments from Côte d'Ivoire-Ghana transform margin in: Mascle J., Lohmann G.P., Moullade M. (Eds)* ». *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific*, 159, pp. 277-318.

**Paris F., Jansonius J. & McGregor D. C. (1996)** - « *Chitinozoan biostratigraphy and palaeoecology* ». *Palynology: principles and applications*, 2, pp. 531-552.

**PETROCI & Beicip (1990)** - « *Côte d'Ivoire petroleum evaluation* ». Rapport interne PETROCI inédit.

**PETROCI (2009)** - « *Biostratigraphic, Sedimentologic and Geochemical study of the SE1d well, offshore Côte d'Ivoire* ». PETROCI Research and Analysis Center, Rapport interne inédit.

**Peyrot D., Barroso-Barcenilla F. & Feist-Burkhardt S. (2012)** - « *Palaeoenvironmental controls on late Cenomanian-early Turonian dinoflagellate cyst assemblages from Condemios (Central Spain)* ». *Review of Palaeobotany and Palynology* 180, pp. 25-40.

**Peyrot D., Barroso-Barcenilla F., Barrion E. & Comas-Rengifo M. J. (2011)** - « *Palaeoenvironmental analysis of Cenomanian-Turonian dinocyst assemblages from the Castilian Platform (Northern-Central Spain)* ». *Cretaceous Research* 32, pp. 504-526.

**Pons D., Berthou P. Y., De Melo Filgueira J. B. & De Alcantara Sampaio J. J. (1996)** - « *Palynologie des unités lithostratigraphiques Fundão, Crato et Ipubi (Aptien supérieur à Albien inférieur-moyen, Bassin d'Araripe, NE du Brésil): Enseignements paléoécologiques, stratigraphiques et climatologiques* ». *Bulletin des Centres de recherches exploration-production Elf-Aquitaine. Mémoire* 16, pp. 383-401.

**Powell A. J., Lewis J. & Dodge J. D. (1992)** - « *The palynological expressions of post-paleogene upwelling: a review. In: Summerhayes, C.P., Prell, W.L., Emeis, K.C. (Eds), Upwelling systems: Evolution since the Early Miocene* ». *Geological Society, London* ; pp. 215-226.

**Prössl K. F. (1992)** - « *Résultats préliminaires des investigations palynologiques sur le Crétacé de Colombie, Amérique du Sud* ». *Revue de paléobotanique et palynologie*, 71 (1-4), pp. 255-268.

**Ramírez R. A. (2004)** - « *Middle to late Eocene dinoflagellate cysts and fungal spores from the east coast of the Maracaibo lake, Venezuela: (biostratigraphy, paleoecology and taxonomy)* ». Thèse de doctorat de la Faculté des Sciences de la Terre de l'Université Eberhard-Karls de Tübingen. 145 p.

**Regali M. S. P. & Viana. C. F. (1989)** - « *Sedimentos dos Neojurássico-Eoceno do Brasil: Idade e correlação com a escala internacional* ». PETRO BRAS/SEDES, Rio de Janeiro, 95 p.

**Reyre Y. (1970)** - « *Stereoscan observations on the pollen genus *Classopollis* Pflug 1953* ». *Palaeontology* 13(2), pp. 303-322.

**Saint-Marc P. & N'Da V. (1997)** - « *Biostratigraphie et paléoenvironnements des dépôts crétacés au large d'Abidjan (Golfe de Guinée)* ». *Cretaceous Research* 18(4), pp. 545-565.

**Salard-Cheboldaeff M. & Dejax J. (1991)** - « *Evidence of Cretaceous to Recent West African intertropical vegetation from continental sediment spore-pollen analysis* ». *Journal of African Earth Sciences (and the Middle East)* 12(1-2), pp. 353-361.

**Salard-Cheboldaeff M. (1990)** – « *Palynostratigraphie africaine intertropicale du Crétacé à la fin du Quaternaire* ». *Journal of African Earth Sciences (and the Middle East)* 11, pp. 1-24.

**Sanchez-Pellicer R., Masure E. & Villier L. (2017)** - « *A new biostratigraphic correlation for Late Cretaceous–Paleocene strata of the Gulf of Guinea: Evidence from dinoflagellate cysts* ». *Comptes Rendus Geoscience*, 349(1), pp. 32-41.

**Sanchez-Pellicer R., Masure E. & Villier L. (2018)** - « *Distribution of Albian dinoflagellate cyst associations along a proximal–distal transect across the Iberian margin* ». *Cretaceous Research* 92, pp. 240-256.

**Sarjeant W. A. S. (1985)** - « *The German Aptian dinoflagellate cysts of Eisenack (1958): a restudy* ». *Revue de paléobotanique et de palynologie* 45, pp. 47-106.

**Scarselli N., Duval G., Martin J., McClay K. & Toothill S. (2018)** - « *Insights into the Early Evolution of the Côte d’Ivoire Margin (West Africa)* ». *The Geological Society of London, Special Publications* 476, pp. 109-133.

**Schrank E. & Ibrahim M. I. A. (1995)** - « *Cretaceous (Aptian-Maastrichtian) Palynology of Foraminifera-Dated Wells (KRM-1, AG-18) in Northwestern Egypt* » *Berliner geowissenschaftliche Abhandlungen A: Geologie und Paläontologie* 177, 44 p.

**Schrank E. (1987)** - « *Palaeozoic and Mesozoic palynomorphs from northeast Africa (Egypt and Sudan) with special reference to Late Cretaceous pollen and dinoflagellates* ». *Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen A*, 75, pp. 249-310.

**Schrank E. (1988)** - *Effects of chemical processing on the preservation of peridinioid dinoflagellates: a case from the late cretaceous of ne Africa*. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 56(1-2) pp. 123-140.

**Schrank E. (1999)** - « *Palynology of the dinosaur beds of Tendaguru (Tanzania) – preliminary results* ». *Fossil Record* 2(1), pp. 171-183.

**Schrank E. (2001)** - « *Paleoecological Aspects of Afropollis/Elateratespeaks (Albian-Cenomanian Pollen) in the Cretaceous of Northern Sudan and Egypt* ». In: Goodman, D.K. et Clarke R.T., Eds., 11th International Proceedings, Palynological Congress, American Association of Stratigraphers and Palynologists Foundation, Houston, pp. 201-210.

**Sibuet J. C. & Mascle J. (1978)** - « *Plate kinematic implications of Atlantic equatorial fracture zone trends* ». Journal of Geophysical Research: Solid Earth 83(B7), pp. 3401-3421.

**Skupien P. & Mohamed O. (2008)** - « *Palynofaciès du Campanien à Maastrichtien et kystes de dinoflagellés de l'unité silésienne, Carpates occidentales extérieures, République tchèque* ». Bulletin des Géosciences 83(2), pp. 207-224.

**Slimani H., Louwye S. & Toufiq A. (2010)** - « *Dinoflagellate cysts from the Cretaceous Paleogene boundary at Ouled Haddou, southeastern Rif, Morocco: biostratigraphy, paleoenvironments and paleobiogeography* ». Palynology 34(1), pp. 90-124.

**Srivastava S. K. (1972)** - « *Some spores and pollen from the Paleocene Oak Hill member of the Naheola Formation, Alabama (USA)* ». Review of Palaeobotany and Palynology 14(3-4), pp. 217-362.

**Srivastava S. K. (1975)** - « *Microspores from the fredericksburg Group (Albian) of the Southern United States* ». Paléobiologie continentale, Montpellier 6(2), pp. 1-119.

**Srivastava S. K. (1981)** - « *Evolution of Upper Cretaceous phytogeoprovinces and their pollen flora* ». Review of Palaeobotany and Palynology 35(2-4), pp. 155-173.

**Srivastava S. K. (1987)** - « *Assemblages spores-pollen jurassiques de Normandie (France) et d'Allemagne* ». Geobios 20(1), pp. 5-79.

**Srivastava S. K. (1995)** - « *Dinocyst biostratigraphy of Santonian-Maastrichtian formations of the Western Gulf Coastal Plain, southern United States* ». Palaeobotanist 42(3), pp. 249-362.

**Staplin F. L., Jansonics J. & Pocock S. A. (1965)** - « *Evaluation of some Acritarchous Hystrichosphere Genera* ». Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen 123(2), pp. 167-201.

**Stover L. E. (1963)** - « *Some Middle Cretaceous palynomorphs from West Africa* ». Micropaleontology 9, pp. 85-94.

**Stover L. E. (1964)** - « *Cretaceous ephedroid pollen from West Africa* ». *Micropaleontology* 10, pp. 145-156.

**Téa-Yassi J., Dighéhi Z. B., Yao K. R. & Glohi B. V. (1999)** - « *Etude de quelques palynomorphes du Crétacé Supérieur du bassin offshore de Côte d'Ivoire: implications biostratigraphiques et paléoenvironnementales* ». *Journal of African Earth Sciences* 29(4), pp. 783-798.

**Thusu B., & Van Der Eem J. G. L. A. (1985)** - « *Early Cretaceous (Neocomian-Cenomanian) palynomorphs* ». *Journal of Micropalaeontology* 4(1), pp. 131-149.

**Tissot B., Durand B., Espitalié J. & Combaz A. (1974)** -« *Influence de la nature et de la diagenèse de la matière organique dans la formation du pétrole* ». *AAPG Bulletin* 58(3), pp. 499-506.

**Tyson R. V. (1993)** - « *Palynofacies analysis* ». In: Jenkins DG (ed) *Applied micropaleontology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, pp. 153-191.

**Tyson R. V. (1995)** - « *Sedimentary organic matter. Organic facies and palynofacies* ». Chapman and Hall, London, 615 p.

**Vidal G. (1981)** - « *Micropaleontology and biostratigraphy of the Lower Cambrian sequence in Scandinavia* ». In: Taylor, M.E. (ed.): *Short Papers for the Second International Symposium on the Cambrian System*. U. S. Geological Survey Open-File Report 81-743, pp. 232-235.

**Wall D. (1962)** - « *Evidence from recent plankton regarding the biological affinities of *Tasmanites* Newton, 1875 and *Leiosphaeridia* Eisenack, 1958* ». *Geological Magazine* 99, pp. 353-362.

**Williams G. L. (1978)** - « *Palynological biostratigraphy, Deep Sea Drilling Project Sites 367 and 370* ». In: Lancelot, Y. et al., *Deep Sea Drilling Project, Washington, Initial Reports* 41, pp. 783-815.

**Williams G. L. (1998)** - « *Dinoflagellates, Acritarchs and Tasmanitids* ». *Introduction to Marine Micropaleontology* 13, pp. 293-326.

**Williams G. L. & Bujak J. P. (1985)** - « *Mesozoic and Cenozoic dinoflagellates*. In : Bolli , H. M. , Saunders , J. B. et Perch - Nielsen , K. ( eds ) *Plankton Stratigraphy* ». Cambridge

University Press, Cambridge, pp. 847-964.

**Williams G. L., Fensome R. A. & Macrae R. A. (2017)** - « *The Lentin and Williams index of fossil dinoflagellates 2017 edition* ». American Association of Stratigraphic Palynologists Contributions Series 48, 1097 p.

**Williams G. L., Stover L. E. & Kidson E. J. (1993)** - « *Morphology and stratigraphic ranges of selected Mesozoic-Cenozoic dinoflagellate taxa in the Northern Hemisphere* ». Geological Survey of Canada, Paper, 92-10, 137 p.

**Wingate F. H. (1983)** - « *Palynologie et âge de la Formation d'Elko (Éocène) près d'Elko, Nevada* ». Palynologie 7 (1), pp. 93-132.

**Zobaa M. K., Oboh-Ikuenobe F. E. & Ibrahim M. I. (2011)** - « *The Cenomanian/Turonian oceanic anoxic event in the Razzak Field, north Western Desert, Egypt: source rock potential and paleoenvironmental association* ». Marine and Petroleum Geology 28(8), pp. 1475-1482.

**Zobaa K. M (2006)** - « *Subsurface Jurassic-Cretaceous Applied Palynology of the Sharib-IX and Ghoroud-IX wells, North Western Desert, Egypt* ». Thèse de Doctorat. Benha University.

**Zobaa M. K., El Beialy S. Y., El-Sheikh H. A. & El Beshtawy M. K. (2013)** - « *Jurassic–Cretaceous palynomorphs, palynofacies, and petroleum potential of the Sharib-IX and Ghoroud-IX wells, north Western Desert, Egypt* ». Journal of African Earth Sciences 78, pp. 51-65.

## WEBOGRAPHIE

**Web 1:** <http://www.colby.edu>

**Web 2 :** <http://dinoflaj.smu.ca/dinoflaj3/index.php/Category:Genus>

## ANNEXE - A : Liste des espèces des kystes de dinoflagellés

1. *Andalusiella gabonensis* (Stover et Evitt, 1978) Wrenn et Hart, 1988
2. *Andalusiella ivoirensis* Masure *et al.*, 1996
3. *Andalusiella mauthei* Riegel, 1974
4. *Andalusiella mauthei* subsp. *aegyptica* (Schrank, 1988), Masure *et al.*, 1996
5. *Andalusiella polymorpha* Malloy, 1972
6. *Andalusiella* spp.
7. *Cerodinium albertii* (Corradini, 1973) Lentin et Williams, 1987
8. *Cerodinium diebelii* (Alberti, 1959) Lentin et Williams, 1987
9. *Cerodinium granulostriatum* (Jain et Millepied, 1973) Lentin et Williams, 1987
10. *Cerodinium leptodermum* Vozzhennikova, 1963
11. *Cerodinium* spp.
12. *Cerodinium wardenense* Lentin et Williams, 1987
13. *Circulodinium distinctum* Deflandre et Cookson, 1955
14. *Cleistosphaeridium diversispinosum* (Davey *et al.*, 1966) Eaton *et al.*, 2001
15. *Cordosphaeridium inodes* Klumpp, 1953
16. *Cribooperidinium* spp.
17. *Deflandrea alberti* Deflandre et Cookson, 1955
18. *Dinogymnium acuminatum* Evitt *et al.*, 1967
19. *Dinogymnium denticulatum* (Alberti, 1961) Evitt *et al.*, 1967
20. *Dinogymnium digitus* (Deflandre, 1936b) Evitt *et al.*, 1967
21. *Dinogymnium euclaense* Cookson et Eisenack 1970a
22. *Dinogymnium* spp.
23. *Exochosphaeridium bifidum* (Clarke et Verdier, 1967) Clarke *et al.*, 1968
24. *Florentinia berran* Below, 1982c
25. *Florentinia clavigera* (Deflandre, 1937b) Davey et Verdier, 1973
26. *Florentinia radiculata* (Davey et Williams, 1966b) Davey et Verdier, 1973
27. *Glaphyrocysta exuberans* (Deflandre et Cookson, 1955) Stover et Evitt, 1978
28. *Hafniasphaera septata* (Cookson et Eisenack 1967b) Hansen 1977
29. *Hystrichodinium isodiametricum* (Cookson et Eisenack 1958) Stover et Evitt, 1978
30. *Hystrichodinium pulchrum* Deflandre, 1935
31. *Hystrichodinium* spp.

32. *Hystrichosphaeridium* spp.
33. *Kallosphaeridium* spp.
34. *Manumiella cretacea* (Cookson, 1956) Bujak et Davie, 1983
35. *Odontochitina operculata* (Wetzel, 1933) Deflandre et Cookson, 1955
36. *Odontochitina porifera* Cookson, 1956
37. *Oligosphaeridium complex* (White, 1942) Davey et Williams, 1966
38. *Oligosphaeridium pulcherrimum* (Deflandre et Cookson, 1955) Davey et Williams, 1966b
39. *Oligosphaeridium* spp.
40. *Operculodinium centrocarpum* (Deflandre et Cookson, 1955) Wall, 1967
41. *Palaeocystodinium australinum*(Cookson, 1965b) Lentin et Williams, 1976
42. *Palaeocystodinium golzowense* Alberti, 1961
43. *Senegalinium bicavatum* Jain et Millepied, 1973
44. *Senegalinium laevigatum* (Malloy, 1972) Bujak et Davie, 1983
45. *Senegalinium microspinosum* (Boltenhagen, 1977) Lentin et Williams, 1980
46. *Senegalinium obscurum* (Drugg, 1967) Stover et Evitt, 1978
47. *Senegalinium* spp.
48. *Spinidinium echinoideum* (Cookson et Eisenack, 1960) Lentin et Williams, 1976
49. *Spiniferites ramosus* (Ehrenberg, 1838) Mantell, 1854
50. *Spiniferites* spp.
51. *Tectatodinium rugulatum* (Hansen, 1977) McMinn, 1988
52. *Tenua* spp.
53. *Trichodinium boltenhagenii* (Boltenhagen, 1977) Fouconnier et Masure, 2004
54. *Trichodinium castanea* (Deflandre, 1935) Clark et verdier, 1967
55. *Unipontidinium* spp.
56. *Xenascus ceratioides* (Deflandre, 1937b) Lentin et Williams, 1973
57. *Xenascus gochtii* (Corradini, 1973) Stover et Evitt, 1978
58. *Xenascus sarjeantii* (Corradini, 1973) Stover et Evitt, 1978
59. *Xenascus* spp.

## ANNEXE - B : Liste des espèces des spores et grains de pollen

1. *Aequitriradites ornatus* Upshaw, 1963
2. *Appendicisporites baconicus* Srivastava, 1975
3. *Appendicisporites jansonii* Pocock, 1962
4. *Appendicisporites potomacensis* Brenner, 1963
5. *Appendicisporites* spp.
6. *Aquilapollenites* spp.
7. *Araucariacidites australis* Cookson et Couper, 1953
8. *Araucariacites* spp.
9. *Ariadnaesporites* cf. *A. potonei* Salami, 1983
10. *Ariadnaesporites potonei* Salami, 1983
11. *Ariadnaesporites spinosus* Salami, 1983
12. *Ariadnaesporites* spp.
13. *Biretisporites* Delcourt *et al.*, 1963
14. *Biretisporites* spp.
15. *Buttinia andrevii* Boltenhagen, 1967
16. *Callialasporites dampieri* (Balme, 1957) Dev, 1961
17. *Callialasporites* spp.
18. *Callialasporites trilobatus*
19. *Camarazonosporites* spp.
20. *Camarazonosporites insignis* Norris, 1967
21. *Chomotriletes* sp. S.CI.47 Jardiné et Magloire, 1965
22. *Chomotriletes* spp.
23. *Cicatricosisporites baconicus* Deak 1963
24. *Cicatricosisporites berouensis* Jardiné et Magloire 1965
25. *Cicatricosisporites* cf. *C. baconicus* Deak, 1963
26. *Cicatricosisporites* cf. *C. norrisii* Srivastava, 1971
27. *Cicatricosisporites* cf. *C. spiralis* Singh, 1971
28. *Cicatricosisporites cooksonii* Balme, 1957
29. *Cicatricosisporites microstriatus* Jardiné et Magloire 1965
30. *Cicatricosisporites morioides* Delcourt et Sprumont, 1955

31. *Cicatricosisporites nuni* Horowitz, 1975
32. *Cicatricosisporites* sp. S.CI.163 Jardiné et Magloire, 1965
33. *Cicatricosisporites* sp. S.CI.44 Jardiné et Magloire, 1965
34. *Cicatricosisporites spiralis* Singh, 1971
35. *Cicatricosisporites* spp.
36. *Cicatricosisporites venustus*
37. *Cingulatisporites ornatus*
38. *Cingulatisporites* spp.
39. *Circulina* spp.
40. *Classopollis brasiliensis* Herngreen, 1975
41. *Classopollis classoides* Pflug, 1953
42. *Classopollis echinatus* Burger, 1965
43. *Classopollis jardinei* Herngreen, 1973
44. *Classopollis major* Groot, 1962
45. *Classopollis spinosus* Reyre, 1978
46. *Classopollis* spp.
47. *Classopollis torosus* Burger, 1965
48. *Classopollis triangulus* (Zhang 1978) Lei, 1981
49. *Concentricystis* spp.
50. *Convolutispora* spp.
51. *Cretacaeiporites mulleri* Herngreen, 1973
52. *Cretaceisporites polygonalis* Herngreen, 1973
53. *Crybelosporites pannuceus* Srivastava, 1977
54. *Crybelosporites* sp.1
55. *Crybelosporites* spp.
56. *Cyathidites australis* Pocock, 1970
57. *Cyathidites* cf. *C. australis* Pocock, 1970
58. *Cyathidites minor* Couper, 1953
59. *Cyathidites* spp.
60. *Cycadopites* spp.
61. *Deltoidospora minor* Pocock, 1970
62. *Deltoidospora* spp.
63. *Densoisporites dettmannae* (Dettmann 1963) Dejax, 1987
64. *Densoisporites velatus* Weyland et Krieger, 1953

65. *Dictyophyllidites* spp.
66. *Distaverrusporites simplex* Muller, 1966
67. *Droseridites senonicus* Jardine et Magloire, 1965
68. *Echinatisporis* spp.
69. *Echitriporites trianguliformis* Van Hoeken-Klikenberg, 1964
70. *Elaterocolpites castelaini* Jardine et Magloire, 1965
71. *Elaterocolpites castelaini* forme A Jardine et Magloire, 1965
72. *Elateroplicites africaensis* Herngreen, 1973
73. *Elaterosporites castellaini* Jardine et Magloire, 1965
74. *Elaterosporites klaszi* Jardiné, 1967
75. *Elaterosporites verrucatus* Jardiné, 1967
76. *Ephedripites ambiguus* Hedlund, 1966
77. *Ephedripites barghornii* Pocock, 1970
78. *Ephedripites binodosus* Hedlund, 1966
79. *Ephedripites fusiformis* Krutzsch, 1970
80. *Ephedripites irregularis* Herngreen, 1973
81. *Ephedripites jansonii* Muller 1968
82. *Ephedripites multicostatus* Brenner, 1963
83. *Ephedripites regularis* Van Hoeken-Klinkenberg, 1964
84. *Ephedripites* sp. 5 Herngreen, 1973
85. *Ephedripites* sp. S.CI. 284 Jardiné et Magloire, 1965
86. *Ephedripites* sp.1 Herngreen, 1973
87. *Ephedripites* sp.1 Herngreen, 1973
88. *Ephedripites* sp.2 Herngreen, 1973
89. *Ephedripites* spp.
90. *Ephedripites torosus* (Reissinger 1950) Couper, 1958
91. *Ephedripites vanegensis* Van der Hammen et Garcia, 1966
92. *Foveotriletes margaritae* Germeraad *et al.*, 1968
93. *Gabonisoris bacaricumulus* Srivastava, 1972
94. *Gabonisoris* cf. *G. bacaricumulus* Srivastava, 1972
95. *Gabonisoris labyrinthus* Srivastava, 1972
96. *Gabonisoris* spp.
97. *Gabonisorites vigourouxii* Boltenhagen, 1967
98. *Galeacornea clavis* Stover, 1963

99. *Gemmatriletes* sp.
100. *Gleicheniidites* spp.
101. *Gnetaceaepollenites barghorni* (Pocock, 1964) Lima, 1980
102. *Gnetaceaepollenites* cf. *G. diversus* Stover, 1964
103. *Gnetaceaepollenites jansonii* (Pocock, 1964) Lima, 1980
104. *Gnetaceaepollenites oreadis* Srivastava, 1968
105. *Gnetaceaepollenites* spp.
106. *Granulatasporites* sp. S.CI. 80 Jardiné et Magloire, 1965
107. *Granulatasporites* spp.
108. *Inaperturopollenites* sp. CI.93 Jardiné et Magloire, 1965
109. *Inaperturopollenites* spp.
110. *Interulobites* spp.
111. *Interulobites triangulus* Phillips et Felix, 1971
112. *Klukisporites foveolatus* Pocock, 1965
113. *Klukisporites* spp.
114. *Klukisporites variegatus* Couper, 1958
115. *Laevigatosporites ovatus* Wilson et Webster 1946
116. *Leptolepidites psarosus* Norris, 1969
117. *Leptolepidites* spp.
118. *Leptolepidites verrucatus* Couper, 1953
119. *Longapertites marginatus* Van Hoeken-Klinkenberg, 1964
120. *Longapertites microfoveolatus* Jan Du Chene *et al.*, 1978
121. *Longapertites* spp.
122. *Lusatisporis dettmannae* Srivastava, 1972
123. *Lycopodiumsporites austroclavatidites* Potonié, 1956
124. *Lycopodiumsporites* spp.
125. *Lycospora* spp.
126. *Matonisporites* spp.
127. *Mauritiidites lehmani* Van Hoeken-Klinkenberg, 1964
128. *Monocolpites marginatus* Van der Hammen, 1954
129. *Monocolpites* spp.
130. *Monocolpopollenites* sp. S.CI.39C Jardiné et Magloire, 1965
131. *Monosulcites* spp.
132. *Multicellaesporites* spp.

133. *Pachydermites diderixi* Germeraad *et al.*, 1968
134. *Parasyncolporites* sp.
135. *Pemphixipollenites inequixinus* Stover, 1974
136. *Plicatella* spp.
137. *Polycingulatisporites reduncus* Playford et Dettmann, 1965
138. *Proteacidites dehaani* Germeraad *et al.*, 1968
139. *Proteacidites longispinosus* Jardiné et Magloire, 1965
140. *Proteacidites* sp. S.154 Jardiné et Magloire, 1965
141. *Proteacidites* sp. S.CI. 1 Jardiné et Magloire, 1965
142. *Proteacidites* spp.
143. *Proteacidites tienabaensis* Jardiné et Magloire, 1965
144. *Pteropermopsis* spp.
145. *Quadricolpites reticulatus* Wingate, 1983
146. *Raistrickia obtusispina*
147. *Retimonocolpites* spp.
148. *Retistephanocolpites williamsii* Germeraad *et al.*, 1968
149. *Retisyncolpites* spp.
150. *Retitricolpites* spp.
151. *Retitriletes* spp.
152. *Schizaeoisporites* spp.
153. *Schizea certa*
154. *Schizosporis* spp.
155. *Spinizonacolpites echinatus* (Müller, 1968) Regali *et al.*, 1974
156. *Spinizonocolpites baculatus*
157. *Steevesipollenites binodosus* Stover, 1964
158. *Steevesipollenites* cf. *S. binodosus* Stover, 1964
159. *Steevesipollenites cupuliformis* Azéma et Boltenhagen, 1974
160. *Steevesipollenites micromunus* Groot et Penny, 1960
161. *Steevesipollenites multilineatus* Stover, 1964
162. *Steevesipollenites pygmeus* Azema et Boltenhagen, 1974
163. *Steevesipollenites sinuosus* Azéma et Boltenhagen, 1974
164. *Steevesipollenites* spp.
165. *Syncolpites* spp.
166. *Syncolporites marginatus* Van Hoeken Klinkenberg, 1964

167. *Tetracolpites* spp.
168. *Tetracolporites* spp.
169. *Trichotomosulcites* sp. CI.71 Jardiné et Magloire, 1965
170. *Tricolpites* cf. *T. tienabaensis*
171. *Tricolpites giganteus* Jardiné et Magloire, 1965
172. *Tricolpites microminus* Singh 1971
173. *Tricolpites microstriatus* Jardiné et Magloire, 1965
174. *Tricolpites reticulominutus* Jardiné et Magloire, 1965
175. *Tricolpites* sp. CI.13 Jardiné et Magloire, 1965
176. *Tricolpites* sp. S.261 Jardiné et Magloire, 1965
177. *Tricolpites* sp. S.427 Jardiné et Magloire, 1965
178. *Tricolpites* sp. S.CI.278 Jardiné et Magloire, 1965
179. *Tricolpites* sp. S.CI.107 Jardiné et Magloire, 1965
180. *Tricolpites* sp. S.CI.215 Jardiné et Magloire, 1965
181. *Tricolpites* sp. S.CI.217 Jardiné et Magloire, 1965
182. *Tricolpites* sp. S.CI.257 Jardiné et Magloire, 1965
183. *Tricolpites* sp. S.CI.294 Jardiné et Magloire, 1965
184. *Tricolpites* sp. S.CI.326 Jardiné et Magloire, 1965
185. *Tricolpites* sp. S.CI.348-155 Jardiné et Magloire, 1965
186. *Tricolpites* spp.
187. *Tricolpites tienabaensis* Jardiné et Magloire, 1965
188. *Tricolpopollenites micromunus* Groot et Penny, 1960
189. *Tricolporites* spp.
190. *Tricolporopollenites* sp. S. CI.100 Jardiné et Magloire, 1965
191. *Tricolporopollenites* sp. S.CI.141 Jardiné et Magloire, 1965
192. *Tricolporopollenites* sp. S.CI.428 Jardiné et Magloire, 1965
193. *Tricolporopollenites* sp. CI.100 Jardiné et Magloire, 1965
194. *Tricolporopollenites* sp. S.CI.215 Jardiné et Magloire, 1965
195. *Tricolporopollenites* sp. S.CI.424 Jardiné et Magloire, 1965
196. *Tricolporopollenites* spp.
197. *Trifossapollenites ivoirensis* Jardiné et Magloire 1965
198. *Triorites africaensis* Jardiné et Magloire 1965
199. *Triorites* sp. S.322 Jardiné et Magloire, 1965
200. *Triorites* sp. S.CI.37 Jardiné et Magloire, 1965

201. *Triorites* spp.
202. *Triporites* spp.
203. *Triporoletes asper* Srivastava, 1972
204. *Triporoletes blanensis* Srivastava, 1975
205. *Triporoletes* spp.
206. *Tubistephanocolpites cylindricus* Salami, 1984
207. *Verrucatosporites* spp.

## ANNEXE - C : Systématique des kystes de dinoflagellés

Dans ce chapitre, la systématique des kystes de dinoflagellés est donnée d'abord par ordre alphabétique des genres, puis des espèces en suivant la base de données Dinoflaj3 (<http://dinoflaj.smu.ca/dinoflaj3/index.php/>). Les données de Dinoflaj3 sont fondées sur la dernière édition de l'Index de Lentin and Williams Index (William et al., 2017).

Une liste de synonymie, les répartitions géographique et stratigraphique ainsi que des illustrations (planches et figures) ont été données pour chaque espèce décrite.

**Division : DINOFLAGELLATA (Bütschli, 1885) Fensome *et al.*, 1993**

**Sous-division : DINOKARYOTA Fensome *et al.*, 1993**

**Classe : DINOPHYCEAE (Pascher 1914)**

**Sous-classe : PERIDINIPHYCIDAE (Fensome *et al.*, 1993)**

**Ordre : GONYAULACALES (Taylor, 1980) et Peridiniales (Haeckel, 1894)**

**Famille : GONYAULACACEAE Lindemann, 1928**

**GENRE : *ANDALUSIELLA* (Riegel, 1974) Emend. Riegel et Sarjeant, 1982 ;  
Masure et al. 1996**

**Espèce-type : *Andalusiella mauthei* Riegel, 1974 ; Emend. Riegel et Sarjeant, 1982**

***Andalusiella gabonensis* (Stover et Evitt, 1978) Wrenn et Hart, 1988**

**Pl. 1, Fig. G, H, I, J K et L**

### **Synonymie :**

1972 *Svalbardella australina* Malloy, pl.1, fig.17.

1974 *Palaeocystodinium* sp. B Regali et al., p.292, p.25, fig.5.

1978 *Palaeocystodinium gabonensis* Stover et Evitt, p.115.

1988 *Andalusiella gabonensis* (Stover et Evitt) Wrenn et Hart, p.362.

**Holotype :** *Palaeocystodinium australina* Malloy 1972, pl. 1, fig. 17.

**Description :** kyste proximate, cornucavate, fusiforme, présentant deux cornes, une dans chaque pôle. Ces expansions sont pointues et parfois tronquées distalement, avec deux projections dans la partie antapicale, dont l'une est peu développée. L'archéopyle est intercalaire à contour pentagonal. Le parasulcus est marqué par une empreinte flagellaire, contour circulaire, indiquant la région ventrale. L'opercule est libre. Les caractéristiques parasuturales sont absentes, la paratabulation est indiquée par l'archéopyle.

**Occurrences :**

- SE11 : 1758,09 m ; SE10 : 1852,57 m ; SW1 : 445,33 m.

**Répartition géographique et stratigraphique :** Côte d'Ivoire – Ghana (Masure et al., 1998 : Maastrichtien – Danien inférieur), Maroc (Soncini et Rauscher, 1988 : Campanien – Eocène); Slimani et al., 2010 : Maastrichtien – Danien).

***Andalusiella ivoirensis* Masure et al., 1996**

**Pl. 2, Fig. A, B et C**

**Synonymie :**

1996 *Andalusiella ivoirensis* sp. nov. - Masure et al., p. 177, 179-180, pl. 1, figs. 1-10; pl. 2, figs. 1-5; text-figs. 3-4.

**Holotype :** *Andalusiella ivoirensis* Masure et al., 1996, pl. 1, figs. 1-2, text-fig. 3.

**Description :** Cette espèce se distingue de toutes les autres espèces du genre *Andalusiella* surtout par son périphragme qui est tabulé par des septes parasuturaires. La paratabulation est de type périodinoïde, représentée par les plaques suivantes : pr (préapicale), 4' (apicales), 3 intercalaires (1a, 2a et 3a) ; 1''', 2''', 3''', 4''' et 5''' (postcingulaires), 1'''' et 2'''' (antapicales). L'archéopyle est marqué par le départ de la plaque intercalaire 2a.

**Occurrences :**

SW1 : 445,33 m.

**Répartition géographique et stratigraphique :** Maastrichtien inférieur de Côte d'Ivoire (Masure et al., 1998 ; Tea-Yassi et al., 1999), du Ghana (Masure et al., 1998) et du Brésil (Lana et Roesner, 2002).

***Andalusiella mauthei* (Riegel, 1974) Riegel et Sarjeant, 1982**

**Pl ; 1, Fig. B, C, D, E et F**

**Synonymie :**

1974 *Andalusiella mauthei* Riegel, pl. 2, fig. 4.

1982 *Andalusiella mauthei* Riegel 1974 emend. nov. - Riegel and Sarjeant, figs. 1A-C, 4A, 5A.

**Holotype :** *Andalusiella mauthei* Riegel, 1974, pl. 2, fig. 4, Riegel et Sarjeant, 1982, figs. 1A-C, 4A, 5A; Fensome et coll., 1995, figs. 2, 5 et 6, p. 1613.

**Description :** Kyste proximate acrocavate, le corps central est rhomboïdal ou ovoïde avec une corne apicale et deux cornes antapicales bifurquées proches du corps central. L'endophragme est brun et lisse. Le périphragme est lisse ou granuleux. Le cingulum net, est bordé par de minuscules rangées de tubercules. Le sulcus est net. L'archéopyle est intercalaire.

**Occurrences :**

- SE11 : 1717,55 m ; 1750,47 m ; 1786,13 m ; 1825,75 m ; SW1 : 445,33 m.

**Répartition géographique et stratigraphique :** Campanien à Danien en Côte d'Ivoire et au Ghana (Masure *et al.*, 1998), Maastrichtien supérieur et Danien au Maroc (Slimani *et al.*, 2010).

***Andalusiella polymorpha* (Malloy, 1972) Lentin et Williams, 1977b**

Synonymie :

1972 *Svalbardella polymorpha* sp. nov. - Malloy, p. 63-64, pl. 1, figs. 8-16, 21.

1976 *Alterbia polymorpha* (Malloy, 1972) comb. nov. - Lentin et Williams, p. 50.

1977 *Andalusiella polymorpha* (Malloy, 1972) comb. nov. - Lentin et Williams, p. 8.

Holotype : *Svalbardella polymorpha* Malloy 1972, pl. 1, fig. 15.

**Description :** kyste proximate, cornucavate, corps comprimé ellipsoïdal avec une corne apicale et deux courtes cornes antapicales, qui sont rapprochées et près de l'axe longitudinal.

La paratabulation est généralement indiquée par l'archéopyle et le paracingulum. L'archéopyle est intercalaire, type I ou I/I (2a). Le paracingulum est indiqué par une dépression équatoriale transversale faible. Le parasulcus est indiqué par la dépression longitudinale sur l'hypokyste. Cette espèce à cornu-cavate et un archéopyle intercalaire, avec une corne apicale et deux cornes antapicales.

**Occurrence :** SE11 : 1758,09 m ; 1771,80 m ; 1825,75 m.

**Répartition stratigraphique :** Maastrichtien–Danien. Maroc (Soncini, 1990 : Maastrichtien ; Williams et al., 2004 : Maastrichtien; Slimani *et al.*, 2010 : Maastrichtien sup.–Danien).

**GENRE *CERODINIUM* Vozzhennikova, 1963 Emend. Lentin et Williams, 1987**

**Espèce-type : *Cerodinium sibiricum* Vozzhennikova, 1963;**

**Emend. Lentin et Vozzhennikova, 1990**

***Cerodinium wardenense* Williams et Downie, 1966c**

Synonymie :

1966c *Cerodinium wardenense* Williams et Downie p.233, pl.26, fig.5.

**Holotype :** *Deflandrea wardenense* Williams et Downie, 1966c, pl. 26, fig. 5.

**Description :** Cette espèce est caractérisée par sa corne apicale conique avec une pointe émoussée, ses cornes antapicales allongées, plus ou moins égales en taille avec une base élargie et effilées distalement avec des bouts pointus.

**Occurrences :**

- SE11 : 1750,47 m.

**Répartition géographique et stratigraphique :** Éocène inférieur (Williams et al., 2004).

**GENRE *CIRCULODINIUM* Alberti, 1961**

**Espèce-type:** *Circulodinium hirtellum* Alberti, 1961

*Circulodinium distinctum* (Deflandre et Cookson, 1955) Jansonius, 1986

Pl ; 14, Fig. A

1969 *Circulodinium deflandrei*, Millioud, p. 427 ;

1990 *Circulodinium deflandrei*, Harker et al., p. 80;

2004 *Circulodinium deflandrei*, Fauconnier et Londeix in Fauconnier et Masure, p. 114.

**Holotype :** *Cyclonephelium distinctum* Deflandre et Cookson 1955, pl. 2, fig. 14, text-figs. 47-48, p. 285-286.

**Description :** Kyste proximate à proximochorate, dont le corps central est de forme lenticulaire (concavo-convexe) et d'ambitus subcirculaire, souvent prolongé par une proéminence apicale et une ou deux proéminences antapicales, souvent inégales. La paroi est formée d'un autophragme. L'ornementation sous forme d'épines pleines, pointues, rarement fourchues distalement, de longueur variable, est généralement plus développée sur les marges du kyste et absente ou réduite sur les aires média-dorsale et média-ventrale. La paratabulation de type gonyaulacoïde est indiquée par les parasutures principales de l'archéopyle et les parasutures accessoires développées entre les paraplaques précingulaires. L'archéopyle est apical, de type (tA). L'opercule est libre ou adhérent. Longueur du corps central (avec l'opercule) : 102 µm, Diamètre équatorial : 93 µm et Longueur des processus : 3-4 µm. R = 0,03-0,04.

**Occurrences :**

- SE9 : 1932 m

**Répartition géographique et stratigraphique :** Vraconien du Maroc (Below, 1981). Albien de l'Australie (Cookson et Eisenack, 1962). Valanginien-Cénomaniens (Habib, 1972), Berriasien-Albien (Habib, 1978) et Aptien-Albien de l'Océan Atlantique (Davey, 1979a). Hautérivien supérieur-Aptien inférieur (Milloud, 1969), Albien supérieur de la France (Davey et Verdier, 1971).

**GENRE *CORDOSPHAERIDIUM* Eisenack, 1963**

**Espèce-type :** *Cordosphaeridium inodes* (Klumpp, 1953), Eisenack, 1963b.

**Emend. Morgenroth, 1968**

***Cordosphaeridium inodes* (Klumpp, 1953) Eisenack, 1963b. Emend. Morgenroth, 1968**

**Pl ; 11, Fig. Cet D**

**Synonymie :**

1953 *Hystrichosphaeridium inodes* subsp. *inodes* Autonym. - Klumpp, pl. 18, figs. 1-2.

1986b *Cordosphaeridium sangchamallae* Mehrotra and Sinha, 1981, p.153, pl.2, figs.7-8.

**Holotype :** *Hystrichosphaeridium inodes* Klumpp, 1953, pl. 18, figs. 1-2.

**Description :** Kystes chorates, corps central subsphérique portant des processus fibreux creux et intratabulaires dont l'extrémité distale peut être denticulée, des stries présentent sur les appendices s'étendant sur le corps central et un archéophyte précingulaire. Taille : environ 50 µm (corps central).

**Occurrences :**

- SW6 : 2506,67 m.

**Répartition stratigraphique :** Maastrichtien supérieur à Eocène supérieur au Maroc (Soncini, 1990 ; Slimani *et al.*, 2010) ; Maastrichtien supérieur à Thanétien en Côte d'Ivoire et au Ghana (Obloh-Ikuenobe *et al.*, 1998 ; Masure *et al.*, 1998).

**GENRE *DINOGYMNIUM* Evitt et al., 1967 emend. Lentin et Vozzhennikova, 1990**

**Espèce-type : *Dinogymnium acuminatum* Evitt et al., 1967**

***Dinogymnium acuminatum* Evitt et al., 1967**

**Pl. 7, Fig. E et F**

**Holotype :** *Dinogymnium acuminatum* Evitt et al., 1967, pl. 1, figs. 21-23; pl. 2, fig. 5; text-figs. 16-18.

**Description :** Kyste proximate, acavate, ovoïde, dont la paroi est constituée d'un autophragme moyennement épais et lisse. Un paracingulum peu déprimé, plutôt étroit (2µm), divise le kyste en deux : l'hypokyste est fortement arrondi (proche d'une demi-sphère) et porte une très petite protrusion antapicale (environ 1 µm de haut pour 1,5 µm de large) ; l'épikyste est à peine plus long et lui aussi arrondi. Aucune côte ou ride n'est présente sur le kyste. L'archéopyle est apical, visible sous la forme d'une incision triangulaire à l'apex.

**Occurrences :**

- SE11 : 1758,09 m ;

- SW4 : 2379,57 m.

#### **Répartition géographique et stratigraphique :**

Campanien Supérieur de Belgique et des Pays-Bas (Slimani 1995, 2000, 2001 ; Slimani *et al.*, 2011) ; Turonien à Maastrichtien supérieur en Australie (Cookson et Eisenack, 1970; McMinn, 1988) ; Campanien du Canada (Harker *et al.*, 1990:) ; Maastrichtien d’Egypte (Schrank, 1984, 1987) ; Sénonien du Gabon (Boltenhagen, 1977) ; Maastrichtien d’Inde (Jain, 1977) ; Maastrichtien du Nigeria (Oloto, 1989) ; Maastrichtien à Danien inférieur en Tunisie (Brinkhuis et Leereveld, 1988) ; Maastrichtien supérieur au Maroc (Slimani *et al.*, 2010 ; Slimani et Toufiq, 2013 ; Guédé *et al.*, 2014) ; Turonien à Maastrichtien supérieur en Côte d’Ivoire et au Ghana (Obboh-Ikuenobe *et al.*, 1998).

### **GENRE *EXOCHOSPHAERIDIUM* Davey *et al.*, 1966 Emend. Helenes, 2000**

**Espèce-type : *Exochosphaeridium phragmites* Davey *et al.*, 1966**

***Exochosphaeridium bifidum* (Clarke et Verdier, 1967) Clarke *et al.*, 1968.**

**Emend. Davey, 1969b**

**Pl. 10, Fig. C**

#### **Synonymie :**

1967 *Baltisphaeridium bifidum* sp. nov. – Clarke et Verdier, p. 72 – 73, pl. 17, figs. 5 – 6.

1968 *Exochosphaeridium bifidum* (Clarke et Verdier, 1967) comb. nov. – Clarke *et al.*, p. 182.

2011 *Hystrichosphaeridium majus*, Peyrot, p. 284.

**Holotype :** *Baltisphaeridium bifidum* Clarke and Verdier, 1967, pl. 17, fig. 5.

**Description :** Kyste proximo-chorate, acavate avec un contour du corps central de forme subsphérique, pourvu de plusieurs processus non tabulaires. Ces processus sont solides et fermés distalement. Certains d'entre eux sont bifurqués distalement. La paroi est relativement épaisse et présente des microperforations et des stries, qui s'étendent jusqu'aux processus. Certains de ces processus peuvent être reliés proximement. Le paracingulim et le parasulcus ne sont pas indiqués. La paratabulation est indiquée uniquement par l'archéopyle précingulaire (type P3). L'opercule est libre.

#### **Occurrences :**

- SE10 : 1852,57 m.

**Répartition géographique et stratigraphique :** Santonien à Maastrichtien en Allemagne (Yun Hyesu, 1981 ; Kirsh, 1991 ; Marheinecke, 1986, 1992) ; Cénomaniens à Campanien en

Angleterre (Clarke et verdier, 1967) ; Campanien à Danien au Danemark, Belgique et Pays-Bas (1971 Wilson *et al.*, 1974 ; Slimani 1995, 2000, 2001 ; Slimani *et al.*, 2011) ; Campanien et Maastrichtien d’Egypte (Schränk, 1987) ; Sénonien d’Italie (Corradini, 1973) ; Cénomaniens supérieur à Danien suivant les bassins des U.S.A. (Whitney, 1984 ; Tocher, 1987 ; Aurisano, 1989) ; Maastrichtien inférieur à Danien au Maroc (Soncini et Raucher, 1988 ; Slimani *et al.*, 2010) ; Turonien au Danien en Côte d’Ivoire et au Ghana (Oboh-Ikuenobe *et al.*, 1998).

**GENRE *FLORENTINIA* Davey et Verdier, 1973 Emend. Duxbury, 1980**

**Espèce-type : *Florentinia laciniata* Davey et Verdier, 1973**

***Florentinia radiculata* (Davey et Williams, 1966) Davey et Verdier, 1973**

**Emend. Davey et Verdier, 1976**

**Pl. 9, Fig. F, H, I, J, K, L et M**

**Synonymie :**

1966 *Hystrichosphaeridium radiculatum* sp. nov. - Davey et Williams, p. 65, pl. 7, fig. 9 ; pl. 8, fig. 6.

1973 *Florentinia radiculata* (Davey et Williams, 1966) comb. nov. - Davey et Verdier, p. 191-192, pl.4, fig. 7.

1976 *Florentinia radiculata* (Davey et Williams, 1966) Davey et Verdier, 1973 - emend. Davey et Verdier, p. 318-319, pl. 1, fig. 7-12.

1982c – *Coronifera kaiseri* Below, p. 9.

**Holotype :** *Florentinia radiculata* Davey et Williams, 1966, pl. 8, fig. 6 ; Davey et Verdier, 1973, pl. 4, fig. 7.

**Description :** Kyste proximochorates, acavate et de forme subsphérique. Le processus antapical est plus large et apparaît nettement ouvert distalement.

**Occurrences :**

- SE11 : 1750,47 m.

**Répartition stratigraphique et géographique :** Albien à Cénomaniens supérieur d’Angleterre (Davey et Williams, 1966; Davey, 1969) ; Cénomaniens à Maastrichtien supérieur en Belgique et aux Pays-Bas (Louwye, 1991 ; Slimani 1995, 2000, 2001 ; Slimani *et al.*, 2011) ; Albien supérieur au Sénonien en France (Davey, 1969 ; Davey et Verdier, 1971, 1973 ; Davey et Verdier, 1976) ; Santonien à Campanien des U.S.A. (Harker *et al.*, 1990) ; Hauteriviens à Danien

au Maroc (Below, 1982 ; Slimani *et al.*, 2010).

**GENRE *HAFNIASPHAERA* (Hansen, 1977) Emend. Fensome *et al.*, 2009**

**Espèce-type : *Hafniasphaera hyalospinosa* Hansen, 1977**

***Hafniasphaera septata* (Cookson et Eisenack 1967b) Hansen 1977**

**Synonymie :**

1967 *Baltisphaeridium septatum* sp. nov. - Cookson et Eisenack, p. 253-254, pl. 42, figs. 6-10 ; text-fig. 1.

1971 *Spiniferites septatus* (Cookson et Eisenack, 1967) comb. nov. - McLean, p. 730.

1977 *Hafniasphaera septata* (Cookson et Eisenack, 1967) comb. nov. - Hansen, p. 16.

1978 *Achomosphaera septata* (Cookson et Eisenack, 1967) comb. nov. - Stover et Evitt, p. 139.

1982 *Rivernookia septata* (Cookson et Eisenack, 1967) comb. nov. - Cookson et Eisenack, p. 56.

**Holotype :** *Hafniasphaera septata* Cookson et Eisenack 1967b, pl.42, fig.6.

**Occurrences :**

- SW4 2478,63 m.

**Répartition géographique et stratigraphique :** Maastrichtien supérieur et Danien du Maroc (Slimani *et al.*, 2010).

**GENRE *HYSTRICHODINIUM* Deflandre, 1935**

**Espèce-type : *Hystrichodinium pulchrum* Deflandre, 1935**

***Hystrichodinium pulchrum* Deflandre, 1935**

**Pl. 10, Fig. I, J, K, L, M et N**

**Synonymie :**

1966b *Xanthidium spinosumum* Deflandre, p. 141.

**Holotype :** *Hystrichodinium pulchrum* Deflandre, 1935, pl. 5, fig. 1 ; text-figs. 9-11, p. 229-230.

**Description :** kyste chorate, acavate dont le corps central est subsphérique à faiblement ovoïdal. La paroi est composée d'un endophragme épais et d'un périphragme fin, étroitement

accolés au niveau du corps central. La surface du corps central est scabre à microgranulière. Les processus sont lisses, creux, longs, rubanés, fermés et pointus distalement. L'opercule est libre.

**Occurrences :**

- SE9 : 1931,82 m.

**Répartition géographique et stratigraphique :** Sénonien (Williams *et al.*, 2004) ; Belgique et Pays-Bas (Slimani 1995, 2000, 2001 ; Slimani *et al.*, 2011) : Campanien inf.–Maastrichtien sup.) ; Europe (Berriasien–Maastrichtien)] ; Canada (Berriasien–Maastrichtien) ; Libye (Cénomaniens) ; Maroc (Valanginien–Hauteriviens).

**Genre *ISABELIDINIUM* Lentin et Williams, 1977. Emend. Marshall, 1988**

**Espèce type : *Isabelidinium korojonensis* (Cookson et Eisenack, 1958) Lentin et Williams, 1977**

***Isabelidinium cretaceum* (Cookson, 1956) Lentin and Williams, 1977a  
p.167, pl. 5, Fig. G**

**Synonymie :**

1956 *Manumiella cretacea* Cookson, p.184–185, pl.1, figs.1–7.

1988 *Isabelidinium Marshall*, p.205.

**Holotype :** *Deflandrea cretacea* Cookson, 1956, pl. 1, fig. 1 ; Helby et al., 1987, fig.42L.

**Description :** kyste déflandréoïde à contour ovoïde, clairement circulaire, épikyste et hypokyste de taille approximativement égale. L'apex du péricyste arrondi à tronqué et l'antapex arrondi à tronqué, souvent avec léger épaissement, rarement avec une corne antapicale gauche courte et la protrusion antapicale droite généralement absente.

**Occurrence :**

- SE7 : 1728,72 m.

**Répartition géographique et stratigraphique :** Crétacé supérieur (Williams *et al.*, 2004).

GENRE *ODONTOCHITINA* Deflandre, 1937 Emend. Davey, 1970;

Bint, 1986; El Mehdawi, 1998; Núñez-Betelu et Hills, 1998.

Espèce-type : *Odontochitina operculata* (Wetzel, 1933a) Deflandre et Cookson, 1955

*Odontochitina operculata* (Wetzel, 1933a) Deflandre et Cookson, 1955

Pl. 8, Fig. A

**Synonymie :**

1933 *Ceratium operculatum* sp. nov. - Wetzel, p. 170, pl. 2, figs. 21-22; text-fig. 3.

1955 *Odontochitina operculata* (Wetzel, 1933) comb. nov. - Deflandre et Cookson, p. 291-292.

1955 *Odontochitina silicorum* Deflandre et Cookson, 1955, p. 292.

**Holotype:** *Ceratium operculatum* Wetzel, 1933a, pl. 2, fig. 21-22.

**Description :** Kyste proximate, cornucavate à delphicavate, portant 3 cornes bien développées : l'apicale, une latérale sur la droite du kyste et une antapicale. Ces cornes sont longues (jusqu'à 2 fois le diamètre équatorial du central), à base large puis régulièrement effilées pour finir pointues et fermées distalement. Aucune perforation n'a été observée. La corne apicale n'a pas été vue ici. La corne antapicale est droite et se situe dans l'axe sagittal du kyste. La corne latérale est courbe, sa partie distale étant dirigée vers l'arrière du kyste.

La paroi est composée d'un endophragme lisse à scabre et d'un périphragme mince et lisse. Seul le périphragme développe les cornes. L'endophragme délimite un endokyste d'ambitus subcirculaire à ovale. Un péricœle bien développé à la base des cornes peut s'étendre entre les cornes latérales et antapicale. La paratabulation, de type cératioïde, est exprimée uniquement par l'archéopyle apical, au contour en zigzag ; l'opercule est composé. Ni le paracingulum, ni le parasulcus ne sont exprimés. Longueur du corps central sans opercule : 46-50 µm ; largeur : 50-58 µm ; longueur des cornes antapicales : 90-130 µm.

**Occurrences :**

- SE11 : 1717,55 m.

**Répartition stratigraphique et géographique :** Campanien et Maastrichtien inférieur au Danemark, Belgique et Pays-Bas (Wilson, 1971, 1974 Robaszynski *et al.*, 1985 ; Slimani 1995, 2000, 2001 ; Slimani *et al.*, 2011) ; Aptien à Campanien de France (Davey et Verdier, 1971, 1973, 1974 ; Foucher, 1971, 1975, 1979, 1980 ; Masure, 1985); Barrémien à Campanien supérieur aux U.S.A. ; Campanien du Maroc (Soncini, 1990) ; Santonien à Danien de Côte d'ivoire et du Ghana (Masure *et al.*, 1998 ; Oboh-Ikuenobe *et al.*, 1998).

**GENRE *OLIGOSPHAERIDIUM* Davey et Williams, 1966 Emend. Davey, 1982**

**Espèce-type: *Oligosphaeridium complex* (White, 1842) Emend. Davey et Williams, 1966**

***Oligosphaeridium complex* (White, 1842) Davey et Williams, 1966**

**Pl. 12, Fig. D, E et G**

**Synonymie :**

1842 *Xanthidium tubiferum* var. *complex* sp. nov. - White, p. 39, pl. 4, fig. 11.

1848 *Xanthidium complex* (White, 1842) comb. nov. - Bronn, p. 1375.

1946 *Hystrichosphaeridium complex* (White, 1842) comb. nov. - Deflandre, p. 111.

1966 *Oligosphaeridium complex* (White, 1842) comb. nov. - Davey et Williams, p. 71-74.

**Holotype:** *Xanthidium complex* White, 1842, pl. 4, fig. 11.

**Description :** kyste chorate (skolochorate) acavate, d'ambitus circulaire à subcirculaire. La paroi est composée d'un périphragme, formant les processus, étroitement accolé à l'endophragme au niveau du corps central. La paratabulation de type gonyaulacoïde, 4', 6'', 0c, 5''', 1p, 1''''', 1ps, est exprimée par les processus, intratabulaires. L'archéopyle apical et présente un contour en zigzag, entaillé par une encoche parasulcale profonde. L'opercule est composé et libre. La surface du corps central est lisse à très légèrement granulaire. Les processus, tubulaires, distalement évasés, se terminent par plusieurs épines simples ou bifides. Leur largeur varie selon leur position sur le kyste, les processus précingulaires, postcingulaires et le processus antapical étant les plus développés. Les processus paracingulaires sont absents. Le seul processus parasulcal normalement présent est le parasulcal postérieur.

**Occurrences :**

- SW4 : 2379 ;57 m.

**Répartition stratigraphique :** *Oligosphaeridium complex* est une espèce cosmopolite et rencontrée depuis le Valanginien inférieur jusqu'à l'Éocène moyen (Williams *et al.*, 1993).

**GENRE *OPERCULODINIUM* Wall, 1967 Emend. Matsuoka et al., 1997**

**Espèce-type : *Operculodinium centrocarpum* (Deflandre et Cookson, 1955) Wall, 1967**

***Operculodinium centrocarpum* (Deflandre et Cookson, 1955) Wall, 1967**

**Pl. 14, Fig. E et F**

**Synonymie :**

1955 *Hystrichosphaeridium centrocarpum* sp. nov. - Deflandre et Cookson, p. 272-273, pl. 8, figs. 3-4.

1961 *Baltisphaeridium centrocarpum* (Deflandre et Cookson, 1955) comb. nov.- Gerlach, p. 192-193.

1965 *Cordosphaeridium centrocarpum* (Deflandre et Cookson, 1955) comb. nov.- De Coninck, p. 33.

1966 *Cordosphaeridium tiara subsp. centrocarpum* (Deflandre et Cookson, 1955) comb. nov. - Morgenroth, p. 26.

1967 *Operculodinium centrocarpum* (Deflandre et Cookson, 1955) comb. nov. - Wall, p. 111.

1969 *Cordosphaeridium? microtriainum subsp. centrocarpum* (Deflandre et Cookson, 1955) comb. nov. - De Coninck, p. 32.

1978 *Cleistosphaeridium centrocarpum* (Deflandre et Cookson, 1955) comb. nov. - Jiabo, p. 61.

**Holotype :** *Hystrichosphaeridium centrocarpum* Deflandre et Cookson, 1955, pl. 8, figs. 3-4.

**Description :** Kyste chorate avec un corps sphérique et un nombre faible de processus dont la distribution de tabulation n'est pas claire. Le corps central est mince. La surface est parsemée de granules, souvent délicates et légèrement visibles. Les processus sont creux, circulaires avec une ouverture dans l'extrémité. Ils ont une surface lisse et peuvent être élargis légèrement dans leur base, et expansés au bout. L'archéopyle a un angle arrondi. Il est formé par la perte d'une seule plaque précingulaire de type 3".

**Occurrence :**

- SE11 : 1786,13 m.

**Répartition géographique et stratigraphique :** *Operculodinium centrocarpum* est un taxon cosmopolite trouvé dans une grande variété d'environnement allant de l'estuaire à l'océan (Dale, 1996). Cette espèce a été reconnue dans les derniers niveaux du Maastrichtien, de la région méditerranéenne et l'Europe occidentale, (Moskhovitz et Habib, 1993). Allemagne (Kirsch, 1991 : Maastrichtien moyen-Danien) ; Australie (Deflandre et Cookson, 1955 : Miocène) ; Belgique (Slimani, 1995, 2000, 2001 ; Slimani et al., 2011 : Maastrichtien inf.-Danien) ; Maroc (Slimani et al., 2010 : Maastrichtien sup.-Danien).

**GENRE PALAEOCYSTODINIUM Alberti, 1961 Emend. Fensome et al., 2009**

**Espèce-type : *Palaeocystodinium golzowense* Alberti, 1961**

***Palaeocystodinium golzowense* Alberti, 1961**

**Pl. 2, Fig. I**

**Synonymie :**

1961 *Palaeocystodinium golzowense* sp. nov. - Alberti, p. 20, pl. 7, fig. 10-12; pl. 12, fig. 16.

**Holotype** : *Palaeocystodinium golzowense* Alberti, 1961, pl. 7, fig. 12.

**Description** : Kyste de dinoflagellé fusiforme, s'effilant graduellement à partir d'une zone centrale élargie avec des côtés convexes vers l'apex et l'antapex. La partie apicale est généralement légèrement plus longue que la partie antapicale. La partie centrale du kyste est généralement entièrement remplie par un corps central à paroi mince. L'archéopyle est petit, intercalaire hexagonal.

Une paratabulation clairement définie n'a pas été mise en évidence. La paroi est lisse à légèrement granuleuse et la paroi du corps central est finement granuleuse.

**Occurrences :**

- SW1 : 445,33 m.

**Répartition géographique et stratigraphique** : Maastrichtien inférieur à Danien de Belgique (Slimani 1995, 2000, 2001 ; Slimani *et al.*, 2011) ; Maastrichtien à Paléocène au Canada; Maastrichtien à Oligocène en Europe ; Maastrichtien supérieur à Danien en Tunisie (Brinkhuis et Zachariasse, 1988 ; M'Hamdi *et al.*, 2013) ; Maastrichtien supérieur à Eocène aux U.S.A. (Firth, 1987); Maastrichtien à Danien au Maroc (Soncini et Rauscher, 1988; Slimani *et al.*, 2010) ; Maastrichtien supérieur en Côte d'ivoire et au Ghana (Obboh-Ikuenobe *et al.*, 1998).

**GENRE *SENEGALINIUM* Jain et Millepied, 1973 Emend. Stover et Evitt, 1978**

**Espèce-type** : *Senegalinium bicavatum* Jain et Millepied, 1973

*Senegalinium bicavatum* (Jain et Millepied, 1973) Stover et Evitt, 1978

**Pl. 4, Fig. D, E, G, H et I**

**Synonymie :**

1973 *Senegalinium bicavatum* sp. nov. - Jain et Millepied, p. 23, pl. 1, figs. 1-4; text-fig. 1B.

1975 *Deflandrea bicavata* (Jain et Millepied, 1973) comb. nov. - Herngreen, p. 61.

1976 *Alterbia bicavata* (Jain et Millepied, 1973) comb. nov. - Lentin et Williams, p. 49.

1978 *Senegalinium bicavatum* Jain et Millepied, 1973, emend. - Stover et Evitt, p. 122.

**Holotype** : *Senegalinium bicavatum* Jain et Millepied, 1973, p. 23, pl. 1, figs. 1-3

**Description** : kyste bicavate de forme ovale et non tabulé. La présence d'une corne apicale plus large que longue (courte), l'hypokyste est arrondie antapicalement avec deux cornes de taille presque égale. Le périphragme est mince et l'endophragme est relativement épais. L'archéopyle est intercalaire, penta-hexagonal à hexagonal, situé sous la corne apicale.

**Occurrences :**

- SE7 : 1728, 72 m ; SW1 : 445,33 m. ; SE10 : 1852,57 m ; SE11 : 1107,95 m ; 1750,47 m ; 1758,09 m ; 1771,80 m ; 1786,13 m.

**Répartition géographique et stratigraphique :** Campanien- Maastrichtien (Williams *et al.*, 2004), Campanien–Thanétien. Maroc (Slimani *et al.*, 2010 : Maastrichtien sup.-Danien).

**GENRE *SPINIFERITES* Mantell, 1850 Emend. Sarjeant, 1970**

**Espèce-type : *Spiniferites ramosus* (Ehrenberg, 1837b) Mantell, 1854**

***Spiniferites ramosus* (Ehrenberg, 1837b) Mantell, 1854**

**Synonymie :**

1837b *Xanthidium ramosum* sp. nov. – Ehrenberg, pl. 1, fig. 1, 2, 5.

1937b *Hystrichosphaera ramosus* Deflandre, p.64.

1970 *Spiniferites ramosus* Sargeant, p.75.

**Holotype :** *Xanthidium ramosum* Lectotype : Ehrenberg, 1837b, pl.1, fig.15, désigné par Davey et Williams (1966a, p.32).

**Description :** kyste chorate, dont le corps central est subsphérique à ovoïdal. La paroi, lisse à scabre, est composée d'un endophragme fin et d'un périphragme plus épais. Ces deux membranes sont étroitement accolées l'une à l'autre, excepté au niveau des septes et des processus que seul développe le périphragme. Les processus sont essentiellement gonaux, mais quelques rares processus suturaux entre deux jonctions triples. Les processus sont pleins, coniques, de section subcirculaire à subtriangulaire, élancés et distalement fourchus. Les processus gonaux sont distalement trifides, chaque trifurcation (environ 2-5µm de long) étant à son tour bifide. En règle générale, les processus suturaux sont moins longs que les processus gonaux, et parmi ces derniers, les antapicaux peuvent être légèrement plus longs et plus robustes. Proximalement, les processus sont reliés entre eux par de bas septes (1 à 2µm de haut) à crête lisse, qui se prolongent parfois le long de la hampe des processus, tout en diminuant de hauteur. La paratabulation est de type gonyaulacoïde, soulignée à la fois par les processus gonaux et les septes parasuturales. Le paracingulum est bien marqué, relativement étroit, et certain des septes transversales peuvent être très développés. Le parasulcus ne semble pas subdivisé. L'archéopyle est précingular, de type P, l'opercule est simple, libre et réduit.

**Occurrences :**

– SE13 : 2783,30 ; SE11 : 1750,47 m ; 1786,13 m.

**Répartition géographique et stratigraphique :** Crétacé supérieur (Williams *et al.*, 2004). Crétacé inf.-Récent. Côte d'ivoire – Ghana (Oboh-Ikuenobe *et al.*, 1998 : Santonien – Danien ;

Masure *et al.*, 1998 : Coniacien–Thanétien).

**GENRE *TECTATODINIUM* Wall, 1967 Emend. Head, 1994**

**Espèce type : *Tectatodinium pellitum* Wall, 1967 Emend. Head, 1994**

***Tectatodinium rugulatum* Hansen, 1977**

**Holotype:** *Tectatodinium rugulatum* Hansen, 1977, p; 12-13, figs. 20H-J

**Description :** Kyste sphérique à ovoïde avec une légère protubérance apicale, qui est plus claire dans certains spécimens que dans d'autres. Le mur se compose d'un pédiem intérieur d'environ 0,1 µm d'épaisseur et d'une luxurie extérieure composée de fines fibrilles en saillie, donnant à la surface un aspect duveteux. L'archéopyle est péringulaire. L'opercule est libre et se trouve occasionnellement à l'intérieur du kyste.

**Occurrences :**

- SE11 : 1750,47 m.

**GENRE *TRICHODINIUM* Eisenack et Cookson, 1960 Emend. Clarke et Verdier, 1967**

**Espèce-type : *Trichodinium pellitum* Eisenack et Cookson, 1960**

***Trichodinium castanea* (Deflandre, 1935) Clarke et Verdier, 1967**

**Pl. 15, Fig. E, F, G, H, I, J, K, L et M**

**Synonymie :**

1935 *Palaeoperidinium castaneum* sp. nov. - Deflandre, p. 229, pl. 6, fig. 8.

1967 *Trichodinium castanea* (Deflandre, 1935) comb. nov. - Clarke et Verdier, p. 19-20.

1967 *Apteodinium ciliatum* Clarke et Verdier, p. 19.

1967 *Trichodinium intermedium* Clarke et Verdier, p. 19.

**Holotype:** *Palaeoperidinium castaneum* Deflandre, 1935, pl. 6, fig. 8; Deflandre, 1936, pl. 6, fig. 1; Jan du Chêne *et al.*, 1986, pl. 122, figs. 9-10.

**Description :** Ce sont des kystes avec une couverture dense d'épines courtes et pointues, tronquées ou légèrement capitonnées. Au sommet se trouve une corne apicale basse ou une touffe d'épines plus longues ; le paracingulum et peut-être d'autres caractéristiques de paratabulation sont souvent peu discernables. Le *Trichodinium intermedium* a été différencié

de cette espèce sur la base de l'absence d'un cingulum discernable, mais nous considérons que cette caractéristique a une importance douteuse pour la séparation des espèces. Longueur : 48–60 µm ; largeur : 42–58 µm.

**Occurrences :**

- SE10 : 1932 m ; SW1 : 445,33 m.

**Répartition stratigraphique :** ? Sénonien (Williams *et al.*, 2004).

**GENRE *XENASCUS* Cookson et Eisenack, 1969 Emend. Yun Hyesu, 1981; Stover et Helby, 1987a**

**Espèce-type : *Xenascus australensis* Cookson et Eisenack, 1969**

***Xenascus ceratioides* (Deflandre, 1937b) Lentin et Williams, 1973**

**Pl. 8, Fig. G**

**Synonymie :**

1937b *Hystrichosphaera ceratioides* Deflandre, p.66–67, pl.12, figs.7–8.

1967 *Pseudoceratium ceratioides* Clarke et Verdier, p.60.

1970 *Spiniferites ceratioides* Sarjeant, p.76.

1971 *Phoberocysta ceratioides* Davey et Verdier, p.26.

1973 *Xenascus ceratioides* Lentin et Williams, p.144.

**Holotype :** *Hystrichosphaera ceratioides* Deflandre, 1937b, p. 12 (al.pl.9), figs.7-8.

**Description :** Kyste avec 1 corne apicale, 1 corne anapicale et 1 corne précingulaire. L'endophragme épais et microréticulé et la membrane périphérique mince et lisse s'apprêtent entre les cornes. Paratabulation du gonyaulacoïde en forme de corniforme indiquée par des crêtes bas-parasuturales et des processus gonaux courts, solides ou creux, distalement acuminés ou bifurqués en trifurcation ; 4 apicaux, 6 précingulaires (2-1i), X cingulaires, 5 postcingulaires (II-VI), X sulcus, 1 antitapique et 1 intercalaire postérieur (X). Paracingulum et parasulcus non subdivisés. Archéopyle de type apical avec opercule libre.

**Occurrences :**

- SE1 : 1580 m-1590 m.

**Répartition stratigraphique et géographique :** Turonien à Campanien moyen en Allemagne (Yun, 1981 ; Kirsch, 1991) ; Cénomaniens supérieur à Campanien en Angleterre (Clarke et Verdier, 1967) ; Campanien inférieur à Maastrichtien inférieur de Belgique et des Pays-Bas (Wilson, 1974 ; Foucher *in* Robaszvnski *et al.*, 1985 ; Slimani, 1995, 2000, 2001) ; Campanien supérieur à Maastrichtien inférieur du Danemark (Wilson, 1974 ) ; Sénonien (Williams *et al.*, 2004).

# ANNEXE - D : Fiche des analyses des échantillons de carottes au Rock-Eval 6

Job	Analysis	Raw Sample	Qty - (mg)	KFID	S1 - (mg/g)	S2 - (mg/g)	PI	Tmax(°C)	tpkS2(°C)	S3CO - (mg/g)	S3CO - (mg/g)	S3CO - (mg/g)	PC(%)	RC(%)	TOC(%)	HI	OI	OICO	OIRE6	yoMINC(%)	MINC(%)	MINC(%)	TOC+MinC	
2019-30	SWS 9095'.ROO	2 9095'	60,8	1342	0,40	0,93	0,30	433	475	0,17	0,2	0,71	4,0	0,14	0,71	0,85	109	84	20	73	0,11	0,02	0,14	0,99
2019-30	SWS 9168'.ROO	3 9168'	60,1	1342	0,35	0,35	0,50	430	472	0,20	0,2	0,26	2,0	0,08	0,52	0,60	58	43	33	50	0,06	0,02	0,08	0,68
2019-30	SWS 9160'.ROO	4 9160'	60,6	1342	0,15	0,74	0,17	435	477	0,08	0,3	0,44	3,2	0,10	0,57	0,67	110	66	12	55	0,09	0,02	0,12	0,79
2019-30	SWS 9150'.ROO	5 9150'	60,2	1342	0,17	0,49	0,26	435	477	0,10	0,4	0,35	2,1	0,08	0,53	0,61	80	57	16	70	0,07	0,00	0,07	0,68
2019-30	SWS 9145'.ROO	6 9145'	60,7	1342	0,18	0,61	0,23	430	472	0,08	0,4	0,28	2,0	0,09	0,55	0,64	95	44	13	38	0,06	0,02	0,08	0,72
2019-30	SWS 9120'.ROO	7 9120'	60,9	1342	0,34	0,75	0,31	433	475	0,11	0,5	0,53	2,0	0,12	0,84	0,96	78	55	11	47	0,07	0,02	0,08	1,04
2019-30	SWS 9115'.ROO	8 9115'	60,3	1342	0,18	0,32	0,60	338	380	0,01	0,0	0,09	2,4	0,03	0,02	0,05	240	180	20	142	0,07	0,00	0,07	0,12
SWS 9106'MOY.ROO					0,69			431							0,47	147	83							
2019-30	SWS 9105'.ROO	12 9105'	60,7	1342	0,25	0,68	0,27	429	471	0,07	0,3	0,38	1,3	0,10	0,72	0,82	83	46	9	38	0,04	0,01	0,05	0,87
2019-30	SWS 9100'.ROO	13 9100'	60,5	1342	0,15	0,55	0,21	430	472	0,07	0,3	0,34	2,7	0,08	0,54	0,62	89	55	11	46	0,08	0,04	0,12	0,74
2019-30	SWS 9090'.ROO	14 9090'	59,8	1342	0,22	0,78	0,22	434	476	0,05	0,3	0,54	3,4	0,11	0,65	0,76	103	71	7	55	0,10	0,01	0,11	0,87
2019-30	SWS 9085'.ROO	15 9085'	59,8	1342	0,16	0,56	0,22	434	476	0,05	0,2	0,30	1,7	0,07	0,53	0,60	93	50	8	41	0,05	0,01	0,06	0,66
2019-30	SWS 9080'.ROO	16 9080'	60,1	1342	0,25	0,67	0,27	434	476	0,07	0,3	0,42	1,7	0,10	0,54	0,64	105	66	11	54	0,05	0,01	0,06	0,70
2019-30	SWS 9075'.ROO	17 9075'	60,0	1342	0,14	0,39	0,26	432	474	0,13	0,1	0,29	1,5	0,06	0,40	0,46	85	63	28	62	0,04	0,01	0,05	0,51
2019-30	SWS 9065'.ROO	18 9065'	60,3	1342	0,24	0,53	0,31	432	474	0,07	0,3	0,39	1,9	0,08	0,47	0,55	96	71	13	59	0,06	0,01	0,07	0,62
SWS 9045'MOY.ROO					0,34			429							0,48	71	68							
2019-30	SWS 9040'.ROO	22 9040'	60,6	1342	0,10	0,43	0,18	432	474	0,07	0,2	0,32	1,2	0,06	0,46	0,52	83	62	13	53	0,04	0,04	0,08	0,60
2019-30	SWS 9035'.ROO	23 9035'	60,1	1342	0,15	0,55	0,21	434	476	0,05	0,2	0,37	2,2	0,07	0,48	0,55	100	67	9	54	0,06	0,02	0,09	0,64
2019-30	SWS 9020'.ROO	24 9020'	60,1	1342	0,22	0,68	0,24	434	476	0,07	0,3	0,50	4,0	0,10	0,54	0,64	106	78	11	63	0,12	0,04	0,16	0,80
2019-30	SWS 8530'.ROO	25 8530'	60,2	1342	0,07	0,96	0,53	433	475	0,16	0,3	0,43	4,2	0,19	0,67	0,86	112	50	19	47	0,12	0,02	0,14	1,00
2019-30	SWS 8343'.ROO	26 8343'	60,1	1342	0,31	0,28	0,53	426	468	0,07	0,2	0,21	1,1	0,06	0,24	0,30	93	70	23	64	0,03	0,01	0,05	0,35
2019-30	SWS 7881'.ROO	27 7881'	60,5	1342	0,29	0,89	0,25	424	466	0,15	0,5	0,40	1,9	0,13	0,95	1,08	82	37	14	35	0,06	0,01	0,07	1,15
2019-30	SWS 7585'.ROO	28 7585'	60,5	1342	1,38	2,43	0,36	434	476	0,22	0,5	0,82	3,4	0,36	1,16	1,52	160	54	14	48	0,10	0,03	0,13	1,65
SE4 2006mMOY.ROO					0,90			432							0,69									
2019-30	SWS 197,6m.ROO	32 197,6m	60,7	1342	0,21	0,34	0,38	429	471	0,23	0,7	1,82	7,5	0,12	0,70	0,82	41	222	28	177	0,22	0,03	0,25	1,07
2019-30	SE13 8414'.ROO	33 8414'	60,2	1342	0,16	0,73	0,18	438	480	0,22	0,3	0,25	2,9	0,10	1,41	1,51	48	17	15	21	0,09	0,02	0,11	1,62
2019-30	SE11 5860'.ROO	34 5860'	60,9	1342	0,46	0,47	0,50	435	477	0,08	0,3	0,49	3,3	0,10	0,40	0,50	94	98	16	80	0,10	0,01	0,11	0,61
2019-30	SE11 5768'.ROO	35 5768'	60,6	1342	0,75	0,83	0,47	430	472	0,07	0,4	0,31	1,4	0,15	0,61	0,76	109	41	9	35	0,05	0,01	0,06	0,82
2019-30	SE11 5635'.ROO	36 5635'	60,0	1342	0,82	1,08	0,43	437	479	0,15	0,6	1,05	4,4	0,21	1,11	1,32	82	80	11	65	0,13	0,03	0,17	1,49
2019-30	SE6 7867'5".ROO	37 7867'5"	60,2	1342	0,14	0,57	0,20	438	480	0,18	0,2	0,69	6,0	0,09	0,88	0,97	59	71	19	62	0,17	0,01	0,18	1,15
2019-30	SE5 7849'.ROO	38 7849'	60,2	1342	0,55	0,71	0,44	438	480	0,11	0,3	2,41	45,3	0,21	0,80	1,01	70	239	70	214	1,24	0,03	1,27	2,28
SE6 7832'MOY.ROO					0,68			433							1,09									
2019-30	SE6 7820'.ROO	42 7820'	60,2	1342	0,06	0,56	0,10	435	477	0,18	0,3	0,63	1,8	0,08	0,90	0,98	57	64	18	57	0,06	0,03	0,08	1,06
2019-30	SE6 7436'.ROO	43 7436'	60,1	1342	0,14	0,28	0,33	462	504	10,49	4,5	4,38	178,1	0,70	0,38	1,08	26	406	971	850	4,95	0,12	5,07	6,15
2019-30	SE6 7235'5".ROO	44 7235'5"	60,4	1342	0,22	0,52	0,29	429	471	0,10	0,4	0,81	3,8	0,10	0,88	0,98	53	83	10	66	0,11	0,02	0,14	1,19
2019-30	SE6 7251'.ROO	45 7251'	60,0	1342	2,47	6,05	0,29	429	471	0,20	0,4	0,57	4,8	0,74	0,87	1,61	376	35	12	33	0,14	2,04	2,18	3,79
2019-30	SE6 7139'.ROO	46 7139'	60,1	1342	2,59	3,64	0,42	430	472	0,13	0,2	0,39	4,7	0,54	0,69	1,23	296	32	11	29	0,13	0,63	0,76	1,99
2019-30	SE6 7049'.ROO	47 7049'	60,1	1342	0,56	0,42	0,57	433	475	0,11	0,4	0,45	2,9	0,11	0,93	1,04	40	43	11	37	0,09	0,04	0,12	1,16
2019-30	SE6 7039'.ROO	48 7039'	60,8	1342	1,55	0,59	0,73	424	466	0,30	0,3	0,67	2,7	0,22	1,01	1,23	48	54	24	53	0,08	0,06	0,14	1,37
SE8 7013'MOY.ROO					4,44			432							1,63									
2019-30	SWS 2 8042'.ROO	52 8042'	60,1	1342	0,41	1,08	0,27	422	464	0,17	0,7	0,50	3,4	0,16	1,64	1,80	60	28	9	26	0,11	0,01	0,11	1,91
2019-30	SWS 2 8033'6".ROO	53 8033'6"	60,0	1342	0,25	1,00	0,20	424	466	0,54	0,5	0,54	4,3	0,15	1,74	1,89	53	29	29	37	0,13	0,01	0,13	2,02
2019-30	SE9 6338'6".ROO	54 6338'6"	60,8	1342	0,87	2,28	0,28	428	470	0,29	0,9	1,78	6,4	0,34	1,99	2,33	98	76	12	62	0,19	0,02	0,21	2,54
2019-30	SE3 7582'.ROO	55 7582'	60,7	1342	0,76	1,05	0,42	432	474	0,14	0,5	0,37	2,5	0,18	1,27	1,45	72	26	10	24	0,08	0,04	0,12	1,57
2019-30	SE85 1740,4m.ROO	56 1740,4m	60,2	1342	2,31	2,03	0,53	434	476	0,17	0,3	0,39	1,0	0,38	0,97	1,35	150	29	13	28	0,03	0,02	0,06	1,41
2019-30	SE10 8585'.ROO	57 8585'	60,4	1342	0,16	0,89	0,15	438	480	0,30	0,4	0,57	2,6	0,12	1,24	1,36	65	42	22	43	0,08	0,03	0,11	1,47
2019-30	SE10 7980'.ROO	58 7980'	60,2	1342	0,23	0,49	0,32	436	478	0,10	0,3	0,69	3,2	0,09	0,74	0,83	59	83	12	67	0,09	0,01	0,11	0,94
SE10 7520'MOY.ROO					0,65			439							0,98									
2019-30	SE10 6078'9".ROO	62 6078'9"	60,2	1342	1,23	2,31	0,35	431	473	0,22	0,6	0,85	2,5	0,34	1,31	1,65	140	52	13	45	0,08	0,03	0,11	1,76

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

- Figure 1 : Travaux palynologiques antérieurs et comparaison des chartes biostratigraphiques du Crétacé du bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire (Golfe de Guinée). Les numéros de la figure indiquent les marqueurs d'âge utilisés pour reconnaître le toit des unités. .... 2
- Figure 2 : Aperçu géologique de la Côte d'Ivoire (d'après Gnanzou, 2014)**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 3 : Carte géographique du bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire (d'après Guédé, 2009) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 4 : Carte géologique du bassin sédimentaire de la Côte d'Ivoire (Aka, 1991) ... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 5 : Différents stades de l'ouverture de l'Atlantique durant le Mésozoïque, A : 133 Ma (avant l'Actuel) ; B : 116 Ma ; C : 100 Ma ; D : 80 Ma (Blarez et Mascle 1988) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 6 : Cadre tectonique et stratigraphie du bassin sédimentaire Côte d'Ivoire-Ghana (d'après Scarselli 2018)..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 7 : Carte de localisation des sondages (PETROCI, 2010, Rapport inédit). ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 8 : Montage des lames palynologiques. .... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 9 : Evolution de la diversité spécifique des kystes de dinoflagellés, au cours des temps géologiques, en rapport avec les changements du niveau marin (Macrae *et al.*, 1996). **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 10 : Schéma de la thèque d'une dinophycée illustrant la terminologie et les symboles utilisés proposés par Kofoid pour identifier les différentes plaques (Williams, 1998).. **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 11 : Classification des dinoflagellés (Williams, 1998). ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 12 : Schéma du cycle biologique simplifié des dinoflagellés (Evitt, 1985). ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 13 : Rapport entre thèque et kyste de dinoflagellés, terminologie descriptive ... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 14 : Différents types de cornes d'un kyste de dinoflagellé (Jan du Chêne *et al.*, 1986). ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 15 : Les formes les plus fréquentes chez les kystes de dinoflagellés (Evitt, 1985). ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 16 : Différents types de paracingulum (Jan du Chêne *et al.*, 1986).**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 17 : Ornementation de la surface ou les projections, disposition et formes des processus chez les dinokystes (Evitt, 1985)..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 18 : Différents groupes de dinokystes déterminés selon le rapport entre la longueur des processus et le diamètre équatorial du corps central (Sarjeant, 1985).**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 19 : Paratabulation d'un kyste selon le système conventionnel de Kofoid (Evitt, 1985). ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 20 : Différents types d'archéopyle (Jan Du Chêne *et al.*, 1986).**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 21 : Structure de la paroi et terminologie utilisée (Châteauneuf et Reyre, 1974). ..... **Erreur ! Signet non défini.**
- Figure 22 : Les différentes structures de la paroi des kystes de dinoflagellés (Evitt, 1985). ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 23 : Mode d'association des spores dans la tétrade (Châteauneuf et Reyre, 1974).  
..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 24 : Forme générale des spores en vue polaire avec marque trilète ou monolète et allure du profil proximal ou distal en vue équatoriale (Châteauneuf et Reyre, 1974).**Erreur ! Signet non défini.**

Figure 25 : Eléments sculpturaux en relief et diversités morphologiques des sculptures à la surface des spores (Châteauneuf et Reyre, 1974)..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 26 : Principaux types d'ouvertures (Châteauneuf et Reyre, 1974).**Erreur ! Signet non défini.**

Figure 27 : Divers types de sculpture de l'exine (Châteauneuf et Reyre, 1974).**Erreur ! Signet non défini.**

Figure 28 : Diagramme ternaire de Phytoclastes-MOA-Palynomorphe (d'après Tyson, 1993)  
..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 29 : Principe de la pyrolyse Rock-Eval et exemple d'enregistrement appelé pyrogramme obtenu au cours de l'analyse (d'après Behar *et al.*, 2001; Baudin *et al.*, 2017):**Erreur ! Signet non défini.**

Figure 30 : Distribution des spores et grains de pollen dans le sondage SW3#. **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 31 : Distribution des spores et grains de pollen dans le sondage SW2#. **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 32 : Distribution des spores et grains de pollen dans le sondage SE4#. **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 33 : distribution des spores et grains de pollen dans les déblais du sondage SE1d.  
..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 34 : Distribution des spores et grains de pollen dans le sondage SW7#. **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 35 : Distribution des spores et grains de pollen dans le sondage SW5#. **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 36 : Distribution des spores et grains de pollen dans le sondage SW6#. **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 37: Distribution des kystes de dinoflagellés, des spores et grains de pollen dans le sondage SE12#. ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 38 : Distribution des spores et grains de pollen dans le sondage SE8#. **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 39 : Distribution des spores et grains de pollen des déblais dans le sondage SE1d.  
..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 40 : Distribution des kystes de dinoflagellés, spores et grains de pollen dans le sondage SW5#. ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 41 : Distribution des kystes de dinoflagellés, des spores et. **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 42 : Distribution des kystes de dinoflagellés, spores et grains de pollen **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 43 : Distribution des kystes de dinoflagellés, spores et grains de pollen **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 44 : Distribution des spores et grains de pollen dans le sondage SE6#. **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 45 : Distribution des kystes de dinoflagellés, des spores et grains de pollen ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 46 : Distribution des kystes de dinoflagellés, des spores et. **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 47 : Distribution des kystes de dinoflagellés, des spores et. **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 48 : Distribution des kystes de dinoflagellés, des spores et grains de pollen des déblais dans le sondage SE1d. .... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 49 : Distribution des kystes de dinoflagellés, des spores et grains de pollen ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 50 : Distribution des kystes de dinoflagellés, des spores et grains de pollen ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 51 : Palynozones et paléoenvironnements du Crétacé du bassin ivoirien. .... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 52 : fréquences relatives des palynomorphes et diagrammes ternaires de Phytoclastes-MOA-Palynomorphes des sondages d'âge albien (sondages SW2#, SW3# et SE4#)... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 53 : Fréquences relatives des palynomorphes et diagrammes ternaires de Phytoclastes-MOA-Palynomorphes du sondage d'âge cénonanien inférieur (SE12#). **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 54 : Fréquences relatives des palynomorphes et diagrammes ternaires de Phytoclastes-MOA-Palynomorphes des sondages d'âges cénonanien (SW7#, SE7# et SE13#). .... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 55 : Fréquences relatives des palynomorphes et diagrammes ternaires de Phytoclastes-MOA-Palynomorphes des sondages d'âge sénonien inférieur (SW4# et SE5#). .... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 56 : Fréquences relatives des palynomorphes et diagrammes ternaires de Phytoclastes-MOA-Palynomorphes des sondages d'âge campanien (SW1# et SE9#). **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 57 : Distribution des TOC dans les sédiments crétacés au large **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 58 : Diagramme HI vs OI ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 59: Profondeur f (Tmax) des sondages étudiés. **Erreur ! Signet non défini.**

## TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1: Lithologie et profondeur des échantillons étudiés.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 2: Charte d'interprétation paléoenvironnementale des différents palynofaciès du diagramme ternaire de Tyson (1993, 1995). .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 3: synthèse des toits biostratigraphiques du sondage SE1d.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 4: synthèse paléoenvironnementale des dépôts du Crétacé ivoirien.....	104

## RESUME

Les dépôts d'âge Albien-Crétacé supérieur de Côte d'Ivoire, offrent un potentiel important pour l'exploitation des hydrocarbures, car elles comportent à la fois des roches mères et des roches réservoirs. Les travaux palynologiques antérieurs menés dans ce bassin sédimentaire, et d'autres bassins marginaux du Golfe de Guinée, ont permis d'établir des échelles biostratigraphiques, opérationnelles pour l'exploitation, mais incomplètes et parfois incohérences entre elles et avec d'autres marqueurs temporels. Ce travail propose une révision complète des archives palynologiques de l'Albien et du Crétacé supérieur de Côte d'Ivoire, leur biostratigraphie, les paléoenvironnements et leur valeur pour l'exploitation pétrolière.

167 échantillons de carottes provenant de 20 sondages et un sondage de déblais de 98 échantillons, produits dans le cadre des activités de la société PETROCI, ont fait l'objet de cette étude palynologique. Le matériel a livré une diversité de kystes de dinoflagellés (46 espèces) et sporomorphes (148 espèces). Un inventaire qualitatif et quantitatif a été réalisé sur l'ensemble des échantillons.

Treize biozones ont pu être caractérisées : la palynozone PCI-I à *Cerodinium granulostriatum* du Maastrichtien supérieur ; la palynozone PCI-II à *Andalusiella ivoirensis* du Maastrichtien inférieur ; la palynozone PCI-III à *Xenascus ceratioides* du Campanien supérieur à moyen ; la palynozone PCI-IV à *Trichodinium castanea* du Campanien inférieur ; la palynozone PCI-V à *Oligosphaeridium complex* du Santonien ; la palynozone PCI-VI à *Droseridites senonicus* du Coniacien ; la palynozone PCI-VII à *Tricolpites microstriatus* du Turonien ; la palynozone PCI-VIII à *Classopollis classoides* du Cénomaniens supérieur ; la palynozone PCI-IX à *Triorites africaensis* du Cénomaniens moyen ; la palynozone PCI-X à *Elaterocolpites castelainii* de l'Albien supérieur-Cénomaniens inférieur ; la palynozone PCI-XI à *Lusatisporis dettmannae-Callialasporites dampieri* de l'Albien supérieur ; la palynozone PCI-XII à *Appendicisporites* spp.-*Elaterosporites* spp. de l'Albien moyen-supérieur et la palynozone PCI-XIII à *Callialasporites trilobatus-Afropollis* spp. de l'Albien moyen-inférieur.

L'évolution des paléoenvironnements au cours du Crétacé s'accompagne d'une réduction de la microflore d'origine continentale, dominante à l'Albien, et de l'installation de conditions marines, pour atteindre des conditions de mer ouverte au Turonien. Le développement du phytoplancton algaire d'origine marine s'amorce et évolue jusqu'au Maastrichtien. Quatre paléoenvironnements majeurs peuvent être différenciés d'après les assemblages palynologiques, en cohérence avec les données sédimentologiques : un environnement fluvio-lacustre à littoral marin est associé aux dépôts de l'Albien moyen-inférieur ; des conditions marines, néritiques internes caractérisent les dépôts de l'Albien moyen-supérieur à Cénomaniens inférieur-Albien supérieur ; un environnement néritique interne à externe va régner du Turonien au Santonien et un environnement néritique externe à bathyal supérieur caractérisant le Campanien- Maastrichtien.

Les analyses de la matière organique ont fourni des valeurs de l'Indice d'Hydrogène (IH) inférieures à 300 mg HC g/TOC dans les échantillons étudiés, et le type de kérogène indique une prédominance de matière organique de Type III susceptibles de renfermer des roches mères potentielles dans le Sénonien inférieur, Cénomaniens et Albien. Les roches mères cénomaniennes et albiennes sont matures pour la génération des hydrocarbures.

**Mots clés :** Albien-Crétacé supérieur, Palynologie, Kystes de dinoflagellés, spores et grains de pollen, Biostratigraphie, Paléoenvironnement, Palynofaciès, Bassin sédimentaire, Côte d'Ivoire.

## ABSTRACT

The deposits of Albian- Upper Cretaceous age in the Ivory Coast offer significant hydrocarbon potential. Previous palynological work carried out on this sedimentary basin does not provide consistent and complete biostratigraphic scales.

167 cores samples from 20 wells and a 98 ditch cuttings samples were the subject of this palynological study. The material yielded an abundance of dinocysts (46 species) and sporomorphs (148 species). A qualitative and quantitative inventory was carried out.

For biostratigraphy, thirteen biozones were characterized: the palynozone PCI-I with *Cerodinium granulostriatum* from the Upper Maastrichtian; palynozone PCI-II with *Andalusiella ivoirensis* of the lower Maastrichtian; upper to middle Campanian palynozone PCI-III with *Xenascus ceratioides*; Early Campanian palynozone PCI-IV with *Trichodinium castanea*; Santonian palynozone PCI-V with *Oligosphaeridium complex*; palynozone PCI-VI with *Droseridites senonicus* of the Coniacian; the palynozone PCI-VII of *Tricolpites microstriatus* from the Turonian; Upper Cenomanian palynozone PCI-VIII with *Classopollis classoides*; palynozone PCI-IX with *Triorites africaensis* of the Middle Cenomanian; the PCI-X palynozone with *Elaterocolpites castelainii* of the Lower Cenomanian-Upper Albian; palynozone PCI-XI from Upper Albian with *Lusatisporis dettmannae*- *Callialasporites dampieri*; the palynozone PCI-XII of *Appendicisporites* spp.-*Elaterosporites* spp. for Upper-middle Albian and palynozone PCI-XIII of Lower-middle Albian with *Callialasporites trilobatus*-*Afropollis* spp.

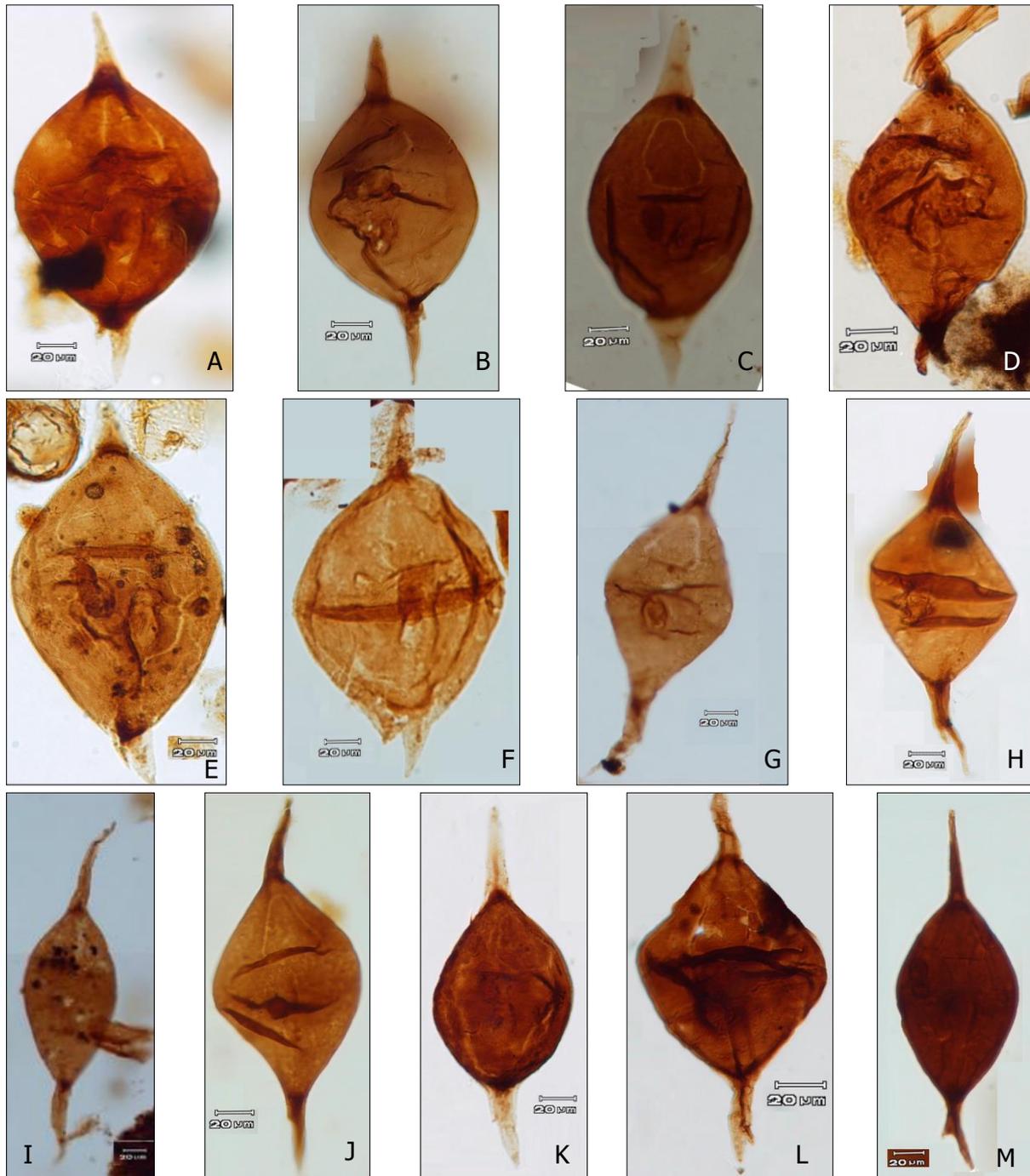
Climate change since the Albian sees the microflora of continental origin dominated until the establishment of marine conditions open to the Turonian. The development of algae phytoplankton of marine origin begins and evolves until the Maastrichtian. Four major paleoenvironments: an environment of fluvio-lacustrine facies with a marine littoral is associated with deposits of the Lower-middle Albian; an internal neritic environment characterizes deposits from the Upper-middle-Albian to Lower Cenomanian-Upper Albian; an internal to external neritic environment will reign from the Turonian to the Santonian and an external neritic environment to upper bathyal characterizing the Campanian-Maastrichtian will mark this climatic fluctuation.

In general, the values of the Hydrogen Index (HI) are less than 300 mg HC g / TOC in the samples studied, and the type of kerogen indicates a predominance of organic matter Type III likely to contain source rocks in the Lower Senonian, Cenomanian and Albian. Cenomanian and Albian source rocks are mature for the generation of hydrocarbons.

**Keywords:** Upper Cretaceous-Albian, Palynology, Dinoflagellate cysts, spores and pollen grains, Biostratigraphy, Paleoenvironment, Palynofacies, Sedimentary basin, Ivory Coast.

# ATLAS DES PALYNOMORPHES DU BASSIN IVOIRIEN

## Planche 1



**A :** *Andalusiella mauthei* subsp. *aegyptica* (Schrank, 1988) Masure *et al.*, 1996

**B, C, D, E et F :** *Andalusiella mauthei* Riegel, 1974

**G, H, I, J K et L:** *Andalusiella gabonensis* (Stover et Evitt, 1978) Wrenn et Hart 1988

**M :** *Andalusiella ivoirensis* Masure *et al.*, 1996.

## Planche 1

**Genre *Andalusiella*** : Kyste rhomboïdal avec présence d'une corne apicale et deux cornes antapicales. Les cornes antapicales sont fusionnées et se séparent le long de l'axe longitudinal, la corne gauche courte et la corne droite est longue. Le cingulum et le sulcus sont visibles, le sulcus par l'encoche flagellaire. La paroi externe épaisse et la parois interne mince sont étroitement adhérente et l'archéopyle clairement distinct.

Genre à paratabulation péridinoïde, proximochorate, cavate, l'archéopyle de type I est formé par le départ de la plaque intercalaire 2a.

**A et L** : *Andalusiella mauthei* subsp. *aegyptica* (Schrank, 1988) Masure *et al.*, 1996

Le corps central de cette espèce est nettement rhomboïdal, le périphragme est finement granulaire.

**B, C, D, E et F** : *Andalusiella mauthei* Riegel, 1974

Remarquez les cicatrices flagellaires sur les individus. Chez cette espèce la corne gauche, la plus courte, s'individualise de la corne droite à l'antapex.

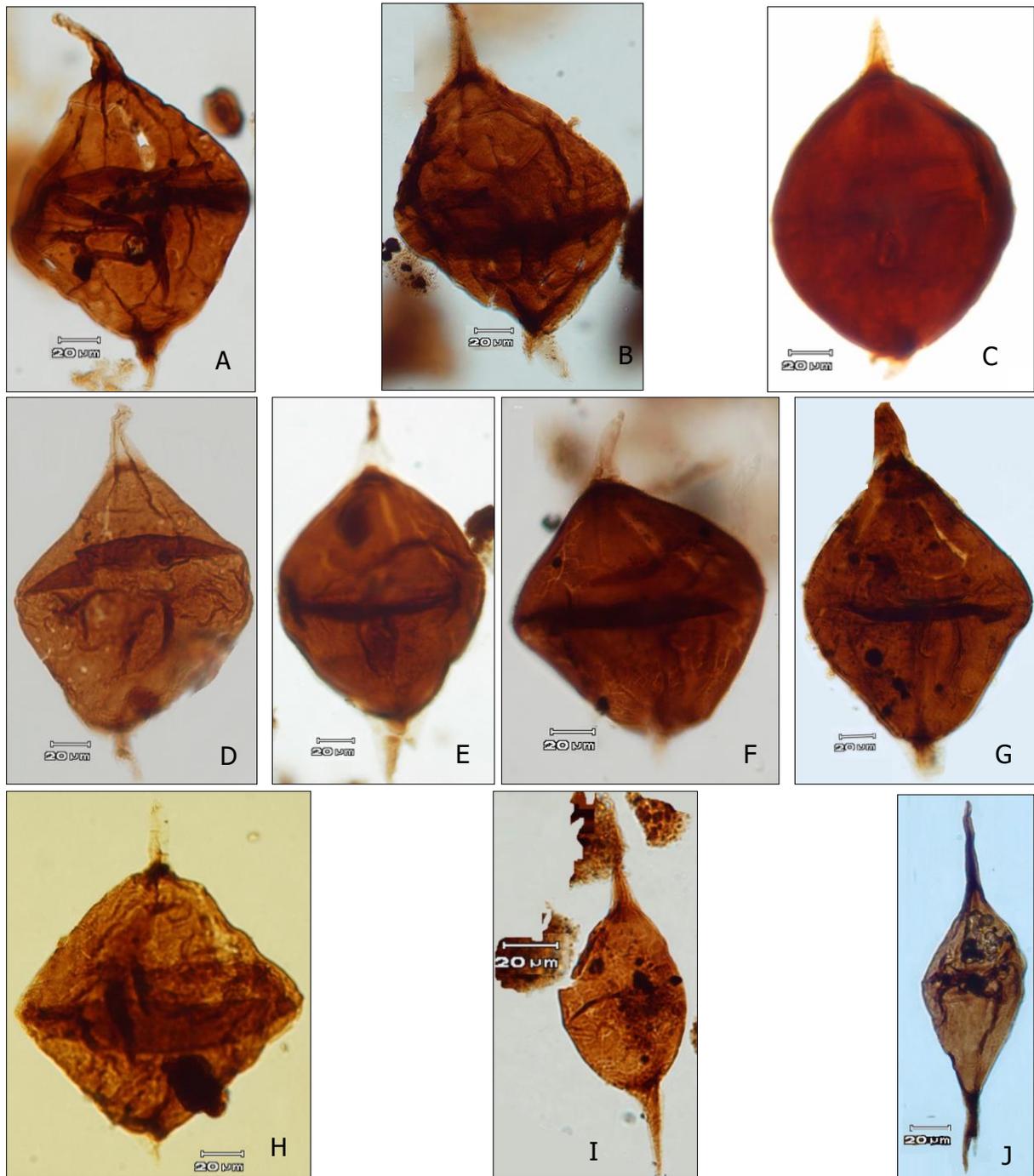
**G, H, I, J et K** : *Andalusiella gabonensis* (Stover et Evitt, 1978) Wrenn et Hart 1988

Les cicatrices flagellaires sont visibles. Chez cette espèce la corne gauche s'individualise le long de la corne droite qui est longue.

**M** : *Andalusielle ivoirensis* Masure *et al.*, 1996

Cette espèce se distingue des autres par la présence de septes parasuturaires qui soulignent la paratabulation.

## Planche 2



**A, B, C :** *Andalsusiella ivoirensis* Masure *et al.*, 1996

**D, E, F, G, H :** *Andalsusiella mauthei* subsp. *aegyptica* (Schrank, 1988), Masure *et al.*, 1996

**I:** *Palaeocystodinium golzowense* Alberti, 1961

**J:** *Palaeocystodinium australinum* (Cookson, 1965b) Malloy, 1972

## Planche 2

### **A, B, C :** *Andalusiella ivoirensis* Masure *et al.*, 1996

Ces espèces, de forme rhomboïdale à ovoïde, se distinguent des autres par la présence de septes parasuturaires qui soulignent la paratabulation. Les cicatrices flagellaires sont également perceptibles.

### **D, E, F, G et H:** *Andalusiella mauthei* subsp. *aegyptica* (Schrank, 1988), Masure *et al.*, 1996

Cette espèce, de forme rhomboïdale à ovoïde, est cornucavate et les cornes antapicales sont associées près du corps central. Les cicatrices flagellaires sont perceptibles.

**Genre *Palaeocystodinium* :** Kyste proximate, cornucavate, ellipsoïdal allongé, avec une corne apicale et antapicale simple et pointue à chaque pôle. La paratabulation est indiquée par l'archéopyle intercalaire, de type I (2a seulement).

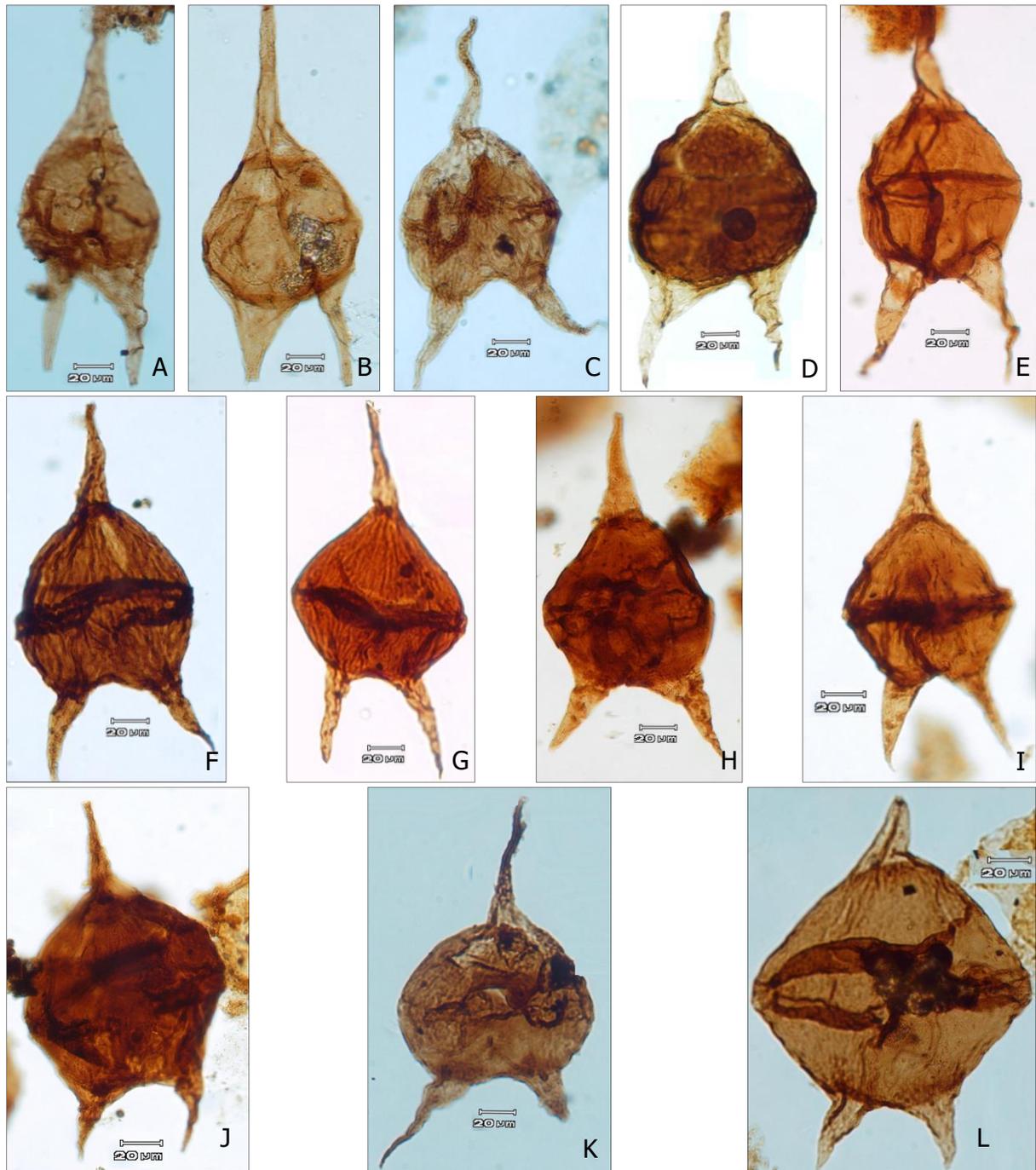
### **I:** *Palaeocystodinium golzowense* Alberti, 1961

Cette espèce, de forme fusiforme, de relatives longues cornes apicales et antapicales pointues. Elle ne présente pas de corne accessoire sur la corne antapicale.

### **J:** *Paleocystodinium australinum* (Cookson, 1965b) Malloy, 1972

Cette espèce de forme fusiforme, présente, en plus de ses cornes apicales et antapicales, une projection accessoire en forme d'épine sur la corne antapicale et avec qui, elle fusionne à proximité de l'axe longitudinal.

### Planche 3



**A et B :** *Cerodinium diebelli* (Alberti, 1959b) Vozzhennikova, 1967

**C,F,G,I, J :** *Cerodinium granulostriatum* (Jain et Millepied, 1973) Lentin et Williams, 1977b

**H :** *Cerodinium obliquipes* (Deflandre et Cookson, 1955) Lentin et Williams, 1980

**D, E et K :** *Cerodinium leptodermum* Vozzhennikova, 1963

**L :** *Cerodinium boloniense* (Riegel, 1974) Riegel et Sarjeant, 1982

### Planche 3

**Genre *Cerodinium*** : Kystes péridinioïde proximate, circumcavates à bicavates ou cornucavates, comprimés dorso-ventralement à subellipsoïdale. Ils ont une corne apicale proéminente à faiblement développée et deux cornes antapicales symétriques par rapport à l'axe longitudinal du kyste ; périphragme lisse ou avec une ornementation discrète typiquement disposée en rangées péritabulaires ou en groupes intratabulaires. Paratabulation de style hexa, indiquée par l'archéopyle seulement. Archéopyle intercalaire, type I/I 2a hexa, le haut du périarchéopyle est visible à la base de la corne apicale, opercule libre.

**A et B : *Cerodinium diebelli*** (Alberti, 1959b) Vozzhennikova, 1967

Kystes proximate, tricornucavates, à paroi ornée de plis, endokyste ou corps central allongé, avec une longue corne apicale et deux longues cornes antapicales. Elles sont de grandeur identique.

**C, F, G, I, J: *Cerodinium granulostriatum*** (Jain et Millepied, 1973) Lentin et Williams, 1977b

Ces espèces ont un corps interne pentagonale, strié et présentant des granules, avec une longue corne apicale et deux longues cornes antapicales. Elles sont de grandeur identique. Le cingulum est bien visible et l'archéopyle intercalaire (2a) est perceptible.

**H : *Cerodinium obliquipes*** (Deflandre et Cookson, 1955) Lentin et Williams, 1980

Kystes proximate, tricornucavates, à paroi ornée de plis, endokyste ou corps central subcirculaire à pentagonal, avec une longue corne apicale et deux longues cornes antapicales. Elles sont de grandeur identique. Le cingulum est perceptible.

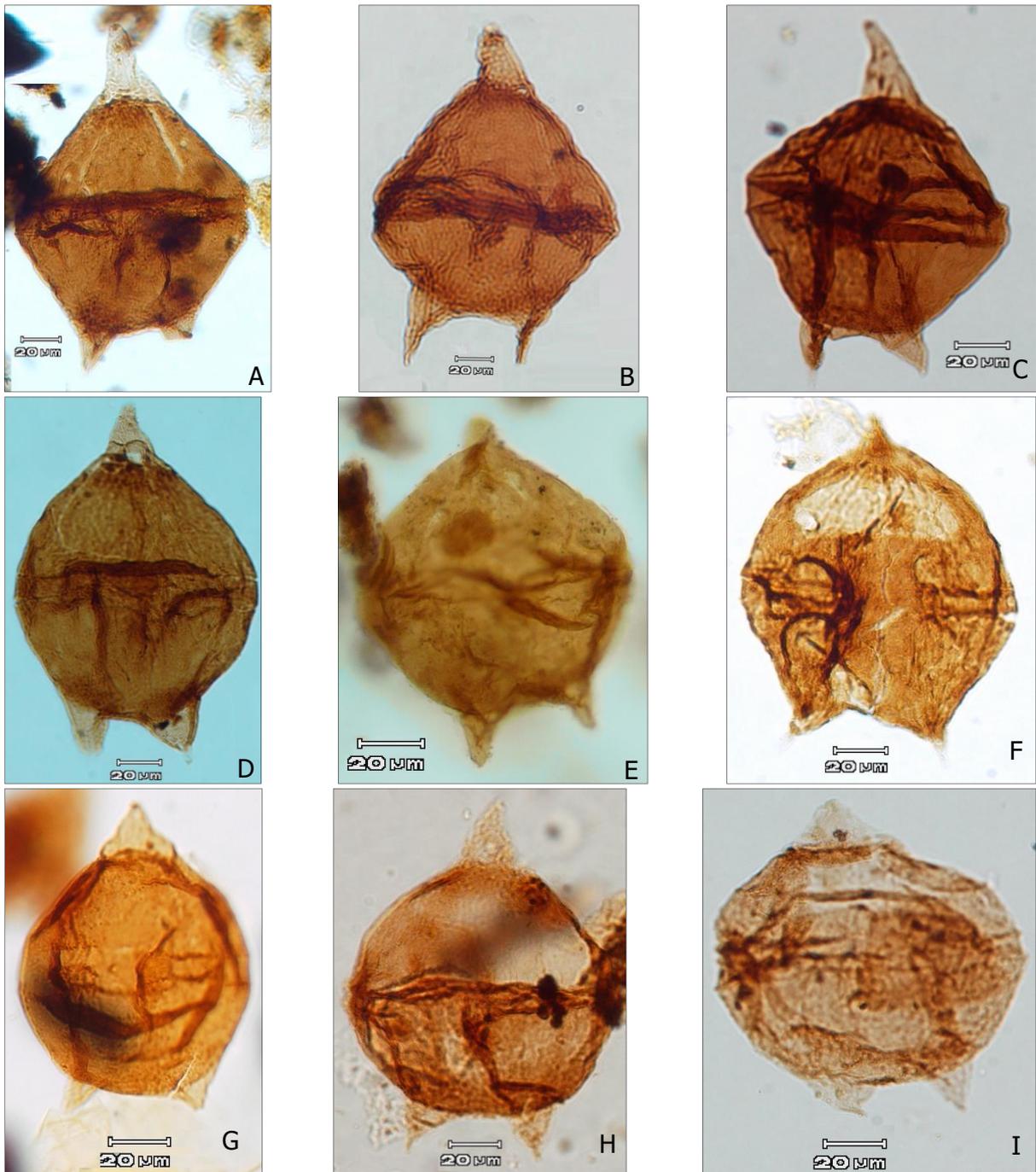
**D, E et K : *Cerodinium leptodermum*** Vozzhennikova, 1963

Kystes proximate, tricornucavates, le périkyste est prolongé par une longue corne apicale et deux longues cornes antapicales. Elles sont de grandeur identique. La paroi du kyste est lisse ou ornée de plis. L'endokyste montre un ambitus subcirculaire à elliptique. La paratabulation est indiquée par l'archéopyle intercalaire et la trace du paracingulum et la dépression parasulcale.

**L : *Cerodinium boloniense*** (Riegel, 1974) Riegel et Sarjeant, 1982

Le corps du kyste est pentagonal avec des côtés droits et des cornes apicales et antapicales courtes. La paratabulation est indiquée par l'archéopyle intercalaire et la trace du paracingulum.

## Planche 4



**A, B et C :** *Cerodinium boloniense* (Riegel, 1974) Riegel et Sarjeant, 1982

**D, E, G, H et I :** *Senegalinium bicavatum* Jain et Millepied, 1973

**F :** *Senegalinium laevigatum* (Malloy, 1972) Bujak et Davies, 1983

## Planche 4

**A, B et C : *Cerodinium boloniense*** (Riegel, 1974) Riegel et Sarjeant, 1982

Le corps du kyste est pentagonal avec des côtés droits et des cornes apicales et antapicales courtes. La paratabulation est indiquée par l'archéopyle intercalaire et par la trace du paracingulum.

**Genre *Senegalinium*** : Kyste proximate, généralement cornucavate ; péridinioïde comprimé, avec une corne apicale et deux cornes antapicales, de longueur à peu près égale. La paratabulation indiquée par l'archéopyle seulement, ou par l'archéopyle et le paracingulum. L'archéopyle intercalaire de type I/I ou I/Ia à 2a hexa. L'archéopyle (le périarchéopyle) reste sous la corne apicale.

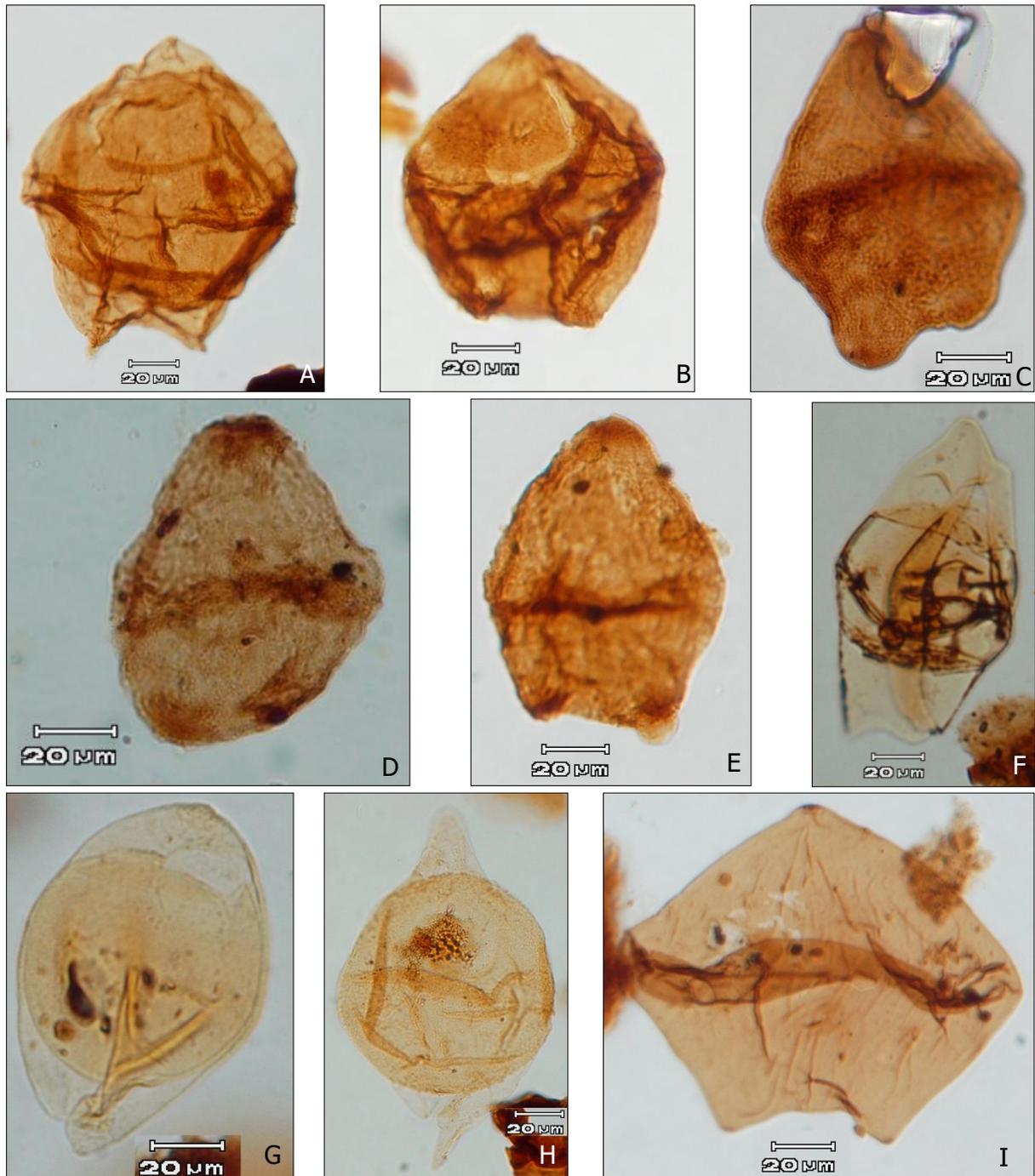
**D, E, G, H et I : *Senegalinium bicavatum*** Jain et Millepied, 1973

Kystes bicavate de forme ovale et non tabulaire, archéopyle intercalaire. Les cicatrices flagellaires sont visibles. Une corne apicale large mais courte, 2 cornes antapicales de longueurs presque égales.

**F : *Senegalinium laevigatum*** (Malloy, 1972) Bujak et Davies, 1983

Ce kyste présente une forme subsphérique à pentagonal. La surface du périphragme et de l'endophragme présentent des plis et des rides. Cette espèce a des cornes apicale et antapicale extrêmement basses.

## Planche 5



**A :** *Senegalinium bicavatum* Jain et Millepied, 1973

**B:** *Senegalinium laevigatum* (Malloy, 1972) Bujak et Davies, 1983

**C, D, E:** *Senegalinium obscurum* (Drugg, 1967) Stover et Evitt, 1978

**F:** *Isabelidinium cooksoniae* (Alberti, 1959) Lentin et Williams, 1977a

**G :** *Isabelidinium cretacea* Cookson, 1956

**H :** *Subtilisphaera* spp.

**I :** *Lejeunecysta lata* Biffi et Grignani, 1983

## Planche 5

### A : *Senegalinium bicavatum* Jain et Millepied, 1973

Kystes bicavate de forme ovale et non tabulaire, archéopyle intercalaire. Les cicatrices flagellaires sont visibles. Une corne apicale large mais courte, 2 cornes antapicales de longueurs presque égales.

### B : *Senegalinium laevigatum* (Malloy, 1972) Bujak et Davies, 1983

Cette espèce est de forme sphérique à pentagonal. Les surfaces du périphragme et de l'endophragme présentent des plis et des rides. Cette espèce a ses cornes apicale et antapicales presque imperceptibles.

### C, D, E : *Senegalinium obscurum* (Drugg, 1967) Stover et Evitt, 1978

Kyste peridinoïde à ambitus subcirculaire à pentagonal, sans ou avec une légère dépression antapicale. Kystes caractérisés par de très courtes cornes apicales et antapicales ou par des cornes inexistantes. La paratabulation est indiquée que par une trace cingulaire.

**Genre *Isabelidinium* :** Kyste proximate, bicavate ou circumcavate, comprimé ; contour généralement allongé longitudinalement, plus rarement subtriangulaire à subcirculaire ; une seule corne apicale et deux cornes antapicales normalement peu développées ou pouvant être totalement absentes. L'endokyste, circulaire à elliptique, de longueur égale ou inférieure à la largeur kyste, occupe la partie centrale du périkyste. La paratabulation est indiquée par l'archéopyle seulement, ou par le paracingulum et l'archéopyle intercalaire, de type I ou Ia. Opercule libre ou attaché postérieurement.

### F: *Isabelidinium cooksoniae* (Alberti, 1959) Lentin et Williams, 1977a

Cette espèce a un périphragme granulé dans lequel les éléments sculpturaux ont tendance à fusionner ou à s'aligner localement en de courtes crêtes.

### G : *Isabelidinium cretacea* Cookson, 1956

Cette espèce est bicavée, avec un endokyste plus large que long. Cette bicavitation, ainsi qu'un arrondi général des régions apicales et antapicales, sont caractéristiques de cette espèce.

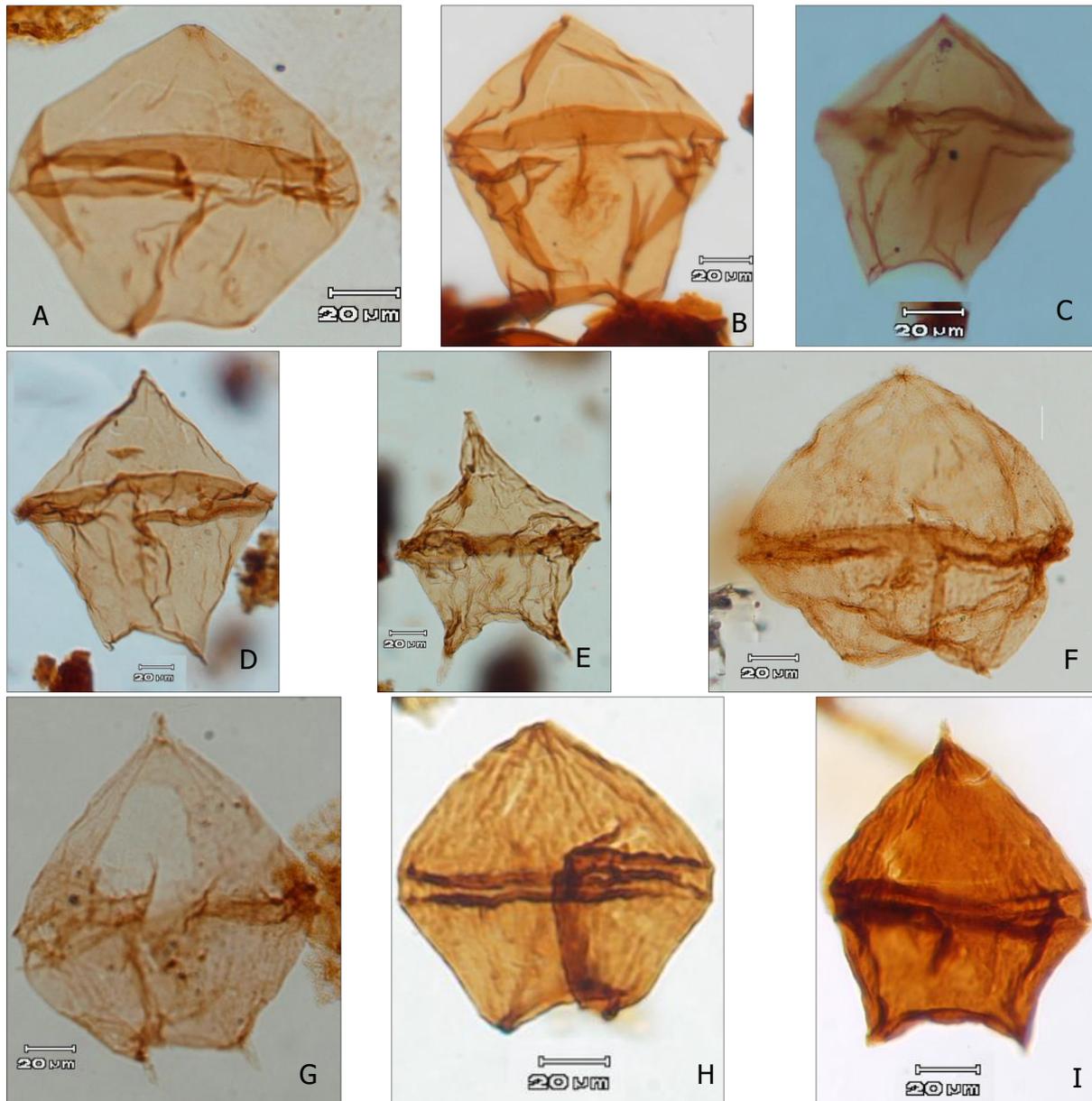
**Genre *Lejeunecysta* :** Kyste proximate, pentagonal rond à péridinioïde comprimé, typiquement avec une courte projection apicale et deux projections ou cornes antapicales. Il est autophragme lisse ou avec des caractéristiques éparses, normalement isolées, de faible relief.

La paratabulation est indiquée par l'archéopyle et le paracingulum, ensemble ou séparément. L'archéopyle, lorsqu'il est discernable, est intercalaire, type I.

**I : *Lejeunecysta lata* Biffi et Grignani, 1983**

Kyste de forme pentagonale aux cotés courbes, la corne apicale et les deux cornes antapicales sont presque imperceptibles, trace cingulaire perceptible.

## Planche 6



**A** : *Lejeunecysta lata* Biffi et Grignani, 1983

**B, C** : *Lejeunecysta* cf. *L. beninensis* Biffi et Grignani, 1983

**G, I** : *Lejeunecysta hyalina* (Gerlach, 1961) Kjellström, 1972

**D, E** : *Phelodinium magnificum* (Stanley, 1965) Stover et Evitt, 1978

**F, H** : *Lejeunecysta* cf. *L. globosa* Biffi et Grignani, 1983

## Planche 6

### **A :** *Lejeunecysta lata* Biffi et Grignani, 1983

Kyste de forme pentagonale aux cotés courbes, la corne apicale et les deux cornes antapicales sont presque imperceptibles, trace cingulaire perceptible.

### **B, C :** *Lejeunecysta cf. L. beninensis* Biffi et Grignani, 1983

Kyste pentagonale, cingulum marqué, cornes apicale et antapicales très courtes mais distinguables.

### **G, I:** *Lejeunecysta hyalina* (Gerlach, 1961) Kjellström, 1972

Kyste pentagonal aux cotés droits, cingulum apparaissant comme divisé en deux parties, la corne apicale et les deux cornes antapicales sont perceptibles.

### **F, H :** *Lejeunecysta cf. L. globosa* Biffi et Grignani, 1983

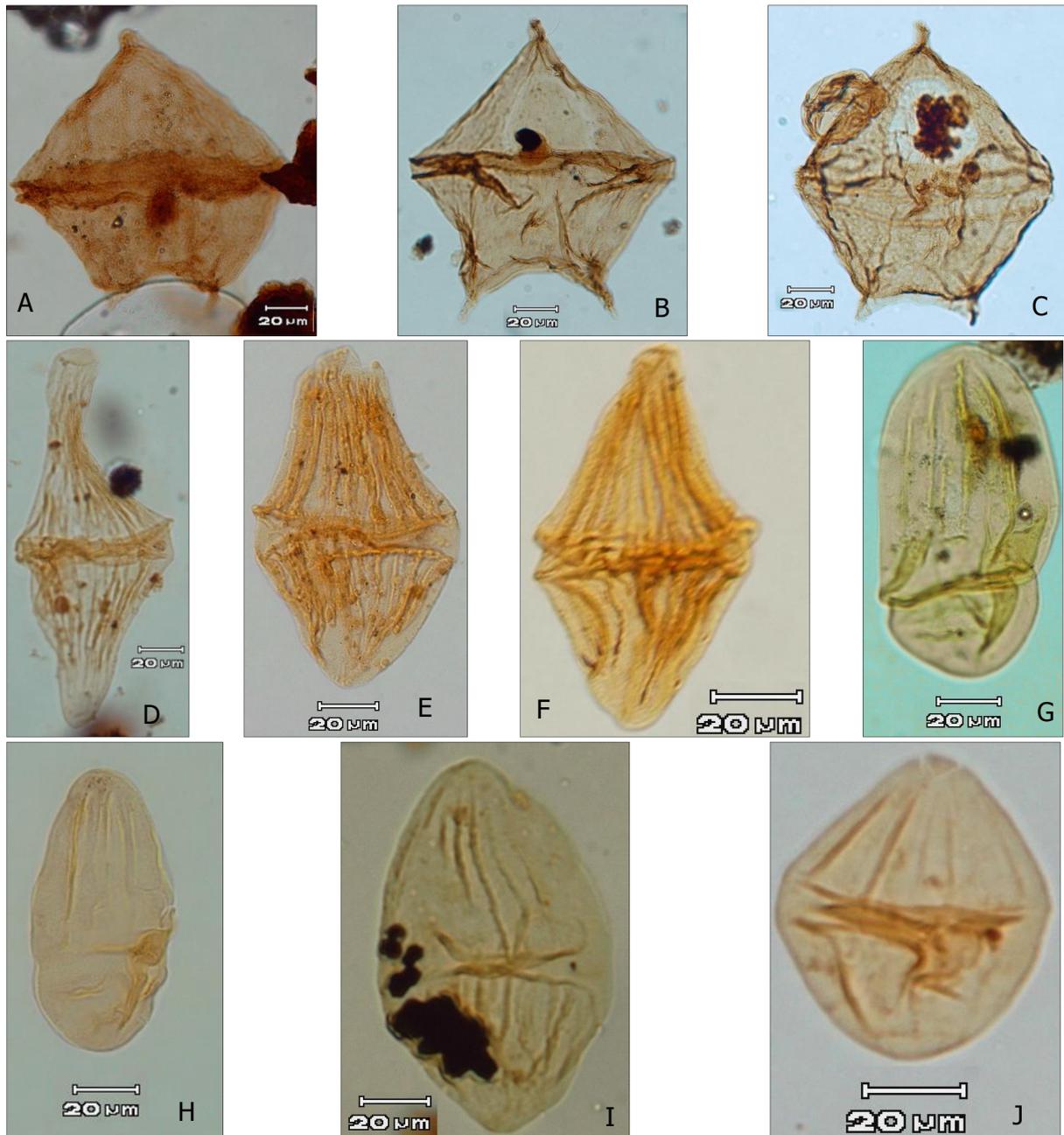
Kyste subpentagonal, aux cotés courbes, cingulum apparaissant comme divisé en deux parties, la corne apicale et les deux cornes antapicales presque imperceptibles.

**Genre *Phelodinium* :** Kystes proximate, typiquement cornucavates, comprimés dorso-ventralement à ambitus subpolygonal, avec une corne apicale et deux cornes antapicales courtes à longues. La paratabulation est généralement indiquée que par le paracingulum et l'archéopyle. Ce dernier est intercalaire, type I.

### **D, E:** *Phelodinium magnificum* (Stanley, 1965) Stover et Evitt, 1978

Ces espèces dont des kystes proximates, sont comprimées dorso-ventralement à ambitus subpolygonal, cornucavate. Le sommet de la corne apicale de l'un des spécimens semble bifide, alors que celui des cornes antapicales est simple. La paratabulation est indiquée par le paracingulum dont les marges sont marquées par des septes ou plis ondulants.

## Planche 7



**A, B, C:** *Lejeunecysta hyalina* (Gerlach, 1961) Kjellström, 1972

**D :** *Dinogymnium longicornis* (Vozzhennikova, 1967) Lentin et Vozzhennikova, 1990

**E et F :** *Dinogymnium acuminatum* Evitt et al., 1967

**G, H et I :** *Dinogymnium mitratum* (Vozzhennikova, 1967) Lentin et Vozzhennikova, 1990,

**J :** *Alisogymnium euclaensis* Cookson et Eisenack, 1970a

## Planche 7

### **A, B, C: *Lejeunecysta hyalina* (Gerlach, 1961) Kjellström, 1972**

Kyste pentagonal aux cotés droits, cingulum apparaissant comme divisé en deux parties, la corne apicale et les deux cornes antapicales sont perceptibles.

**Genre *Dinogymnium* :** Kyste biconique à ellipsoïdal, autophragme seulement, avec quelques à de nombreux plis ou nervures longitudinaux. Le paracingulum équatorial à subéquatorial est généralement discernable. Le parasulcus est apparemment confiné à l'hypocyste. L'archéopyle est petit et apical.

### **D : *Dinogymnium longicornis* (Vozzhennikova, 1967) Lentin et Vozzhennikova, 1990**

Kyste autophragme, biconique, de grande taille. Le cingulum divise le kyste en deux : l'épikyste arrondi est plus étroit et plus grand que l'hypokyste à extrémité arrondie. L'épikyste a l'air d'être rongé.

### **E et F : *Dinogymnium acuminatum* Evitt *et al.*, 1967**

Kyste autophragme, biconique et allongée. Le cingulum divise le kyste en deux : l'épikyste arrondi est plus étroit et légèrement plus grand que le large hypokyste à extrémité arrondie ou pointue ou acuminée. La surface du kyste est granuleuse, ornée de nombreuses crêtes ou côtes droites et longitudinales présentant des pores. L'archéopyle est apical, visible sous la forme d'une incision triangulaire à l'apex.

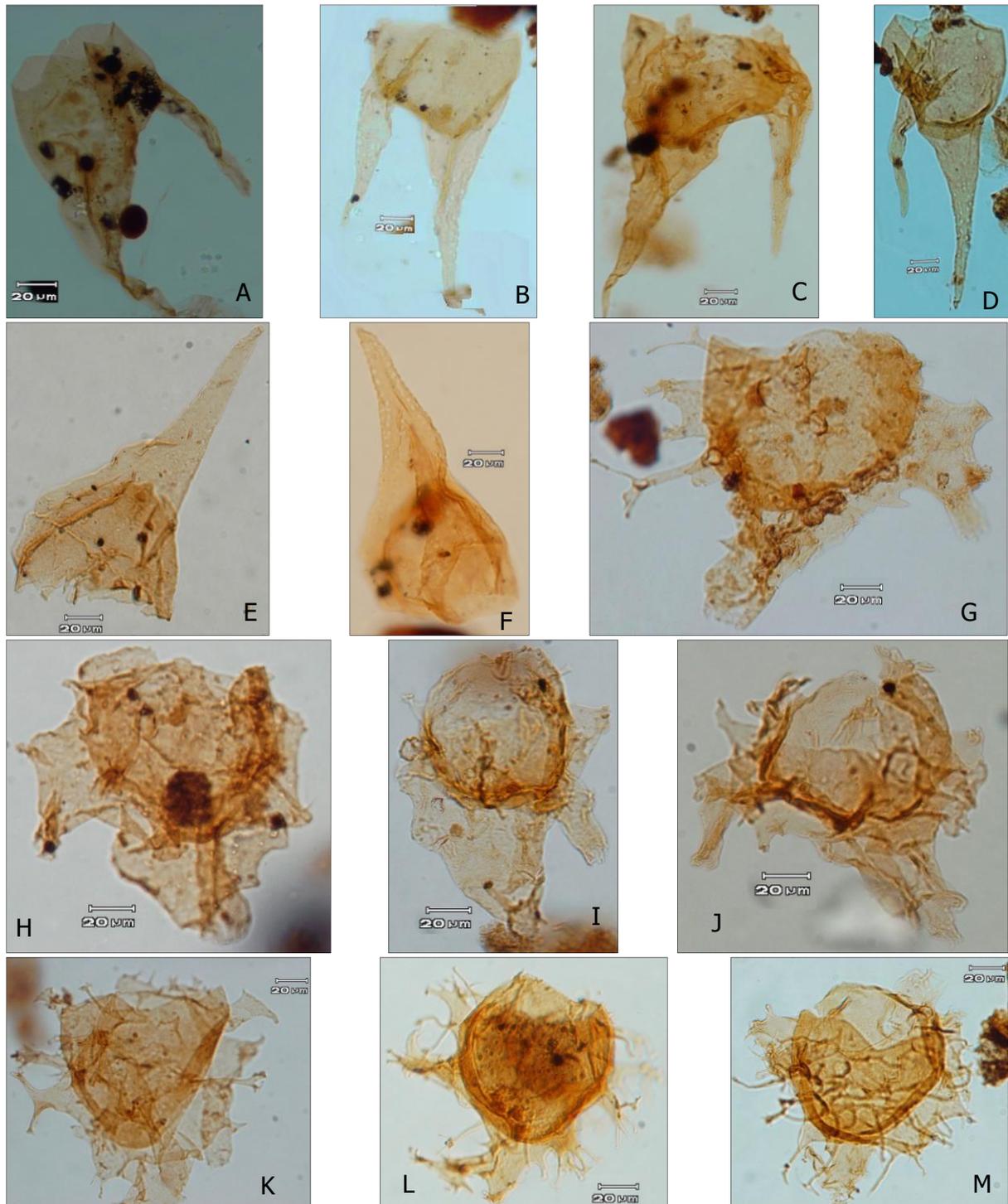
### **G, H et I : *Dinogymnium mitratum* (Vozzhennikova, 1967) Lentin et Vozzhennikova, 1990**

Kyste autophragme, biconique et presque lisse. Le cingulum divise le kyste en deux parties d'inégales longueurs qui sont l'épithèque et l'hypothèque.

### **J : *Alisogymnium euclaensis* Cookson et Eisenack, 1970a**

Kyste lisse, biconique, de petite taille (longueur). Le cingulum divise le kyste en deux moitiés inégales. L'épikyste est légèrement plus longue que l'hypokyste. L'archéopyle est apicale. Sulcus large et distinct.

## Planche 8



**A** : *Odontochitina operculata* (Wetzel, 1933a) Deflandre et Cookson, 1955

**B, C, D, E** : *Odontochitina costata* (Alberti, 1961) Clarke et Verdier, 1967

**F** : *Odontochitina porifera* Cookson, 1956

**G** : *Xenascus ceratioides* (Deflandre, 1937b) Lentin et Williams, 1973

**H, I, J** : *Xenascus ghanaensis* Masure *et al.*, 1998

**K, L, M**: *Xenascus gochtii* (Corradini, 1973) Stover et Evitt, 1978

## Planche 8

**Genre *Odontochitina*** : Kyste cératioïde, cornucavate, proximate, avec de très longues cornes : une apicale, une antapicale et une latérale droite (postcingulaire), en general, plus courte que l'antapicale. Ces cornes sont généralement simples mais peuvent être ramifiées. Le corps central est lenticulaire à sphérique et ne s'étendant pas en cornes. Il est généralement atabulé, avec une faible ornementation. L'archéopyle est apical et l'opercule peut être libre.

**A : *Odontochitina operculata*** (Wetzel, 1933a) Deflandre et Cookson, 1955

Kyste de forme cératioïde avec des costulations et trois longues cornes : une corne apicale n'a pas été vue ici, une antapicale et une troisième dans la zone paracingulaire. Ces cornes, à base large puis régulièrement effilées pour finir fermées distalement, ont toutes la surface lisse à scabreuse sans perforation. La paratabulation est exprimée uniquement par l'archéopyle apical, au contour en zigzag, l'opercule est libre. Ni le paracingulum, ni le parasulcus ne sont perceptibles.

**B, C, D, E : *Odontochitina costata*** (Alberti, 1961) Clarke et Verdier, 1967

Kyste de forme cératioïde avec, en principe trois longues cornes : une corne apicale n'a pas été vue ici, une antapicale et une troisième dans la zone paracingulaire. Ces cornes, à base large puis régulièrement effilées pour finir fermées distalement, présentent de légères perforations. La paratabulation est exprimée uniquement par l'archéopyle apical, l'opercule est libre. Ni le paracingulum, ni le parasulcus ne sont perceptibles.

**F : *Odontochitina porifera*** Cookson, 1956

Kyste de forme cératioïde avec, en principe trois longues cornes : une corne apicale n'a pas été vue ici, une antapicale et une troisième dans la zone paracingulaire. Ces cornes, à base large puis régulièrement effilées pour finir fermées distalement, présentent de nombreuses perforations. La paratabulation est exprimée uniquement par l'archéopyle apical, l'opercule est libre. Ni le paracingulum, ni le parasulcus ne sont perceptibles.

**Genre *Xenascus*** : Kystes cératioïde, proximate à proximochorate, cornucavate. L'endokyste est subsphérique à ellipsoïdal, le périphragme forme une corne apicale, une corne antapicale et une ou deux cornes latérales très inégales. Les bases des cornes sont typiquement larges sauf pour la plus petite corne latérale. Le périphragme est orné de quelques à de nombreux processus

distribués irrégulièrement et/ou de petites protubérances, qui varient en taille et en forme. L'archéopyle est apical et l'opercule libre.

**G : *Xenascus ceratioides*** (Deflandre, 1937b) Lentin et Williams, 1973

Proximate à proximochorate, cornucavate. Elle présente une corne apicale, antapicale et une corne latérale distincte. Les cornes ne sont pas perforées et les péricoels sont limités aux cornes. Le périphragme est orné de quelques processus distribués irrégulièrement, qui varient en taille et en forme. L'archéopyle est apical et l'opercule libre.

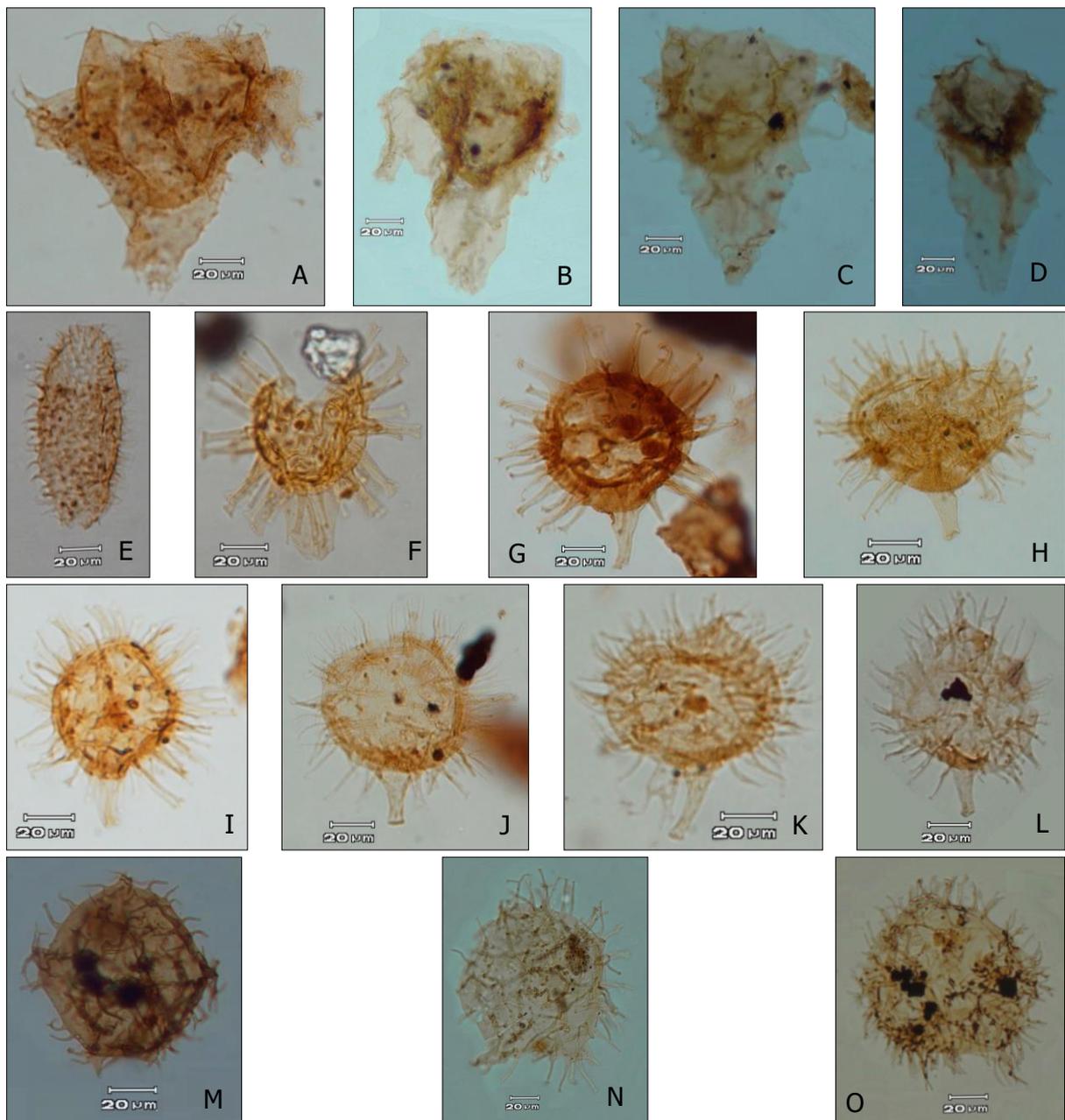
**H, I, J : *Xenascus ghanaensis*** Masure *et al.*, 1998

Proximochorate, circumcavate, avec des cornes proéminentes tronquées. L'endokyste lisse est subsphérique à ellipsoïdal. Le périphragme forme une corne apicale, une corne antapicale et une corne cingulaire et un grand péricoël autour du corps central en vue dorsoventrale. Le périphragme est granulé, orné de rares épines ou processus disposés plus ou moins parasuturallement. L'archéopyle est apical et l'opercule polyplacoïde est libre.

**K, L, M: *Xenascus gochtii*** (Corradini, 1973) Stover et Evitt, 1978

Proximate à proximochorate, cornucavate. Le périphragme forme une corne apicale, une corne antapicale peu développée et une corne cingulaire. Il est orné de quelques processus distribués irrégulièrement. L'archéopyle est apical et l'opercule libre.

## Planche 9



**A, C, D** : *Xenascus ceratioïdes* (Deflandre, 1937b) Lentin et Williams, 1973

**B** : *Xenascus ghanaensis* Masure et al., 1998

**E** : *Prolixosphaeridium parvispinum* (Deflandre, 1937b) Davey et al., 1969

**F, H, I, J, K, L** : *Florentinia radiculata* (Davey et Williams, 1966b) Davey et Verdier, 1976

**G** : *Diphyses colligerum* (Deflandre et Cookson, 1955) Cookson, 1965a

**M, N, O**: *Apectodinium quinquelatum* (Williams et Downie, 1966b) Costa et Downie, 1979  
(Kystes de dinoflagellés retombés des déblais de forage du Tertiaire)

## Planche 9

**A, C, D :** *Xenascus ceratioides* (Deflandre, 1937b) Lentin et Williams, 1973

Cette espèce présente une corne apicale, antapicale et une corne latérale distincte. Les cornes ne sont pas perforées et les péricoeils sont limitées aux cornes. Le périphragme est orné de quelques processus distribués irrégulièrement, qui varient en taille et en forme. L'archéopyle est apical et l'opercule libre.

**B :** *Xenascus ghanaensis* Masure *et al.*, 1998

Kystes cératioïde, proximochorate, circumcavate, avec des cornes proéminentes tronquées. L'endokyste lisse est subsphérique à ellipsoïdal. Le périphragme forme une corne apicale, une corne antapicale et une corne cingulaire et un grand péricoeil autour du corps central en vue dorsoventrale. Le périphragme est granulé, orné de rares épines ou processus disposés plus ou moins parasuturallement. L'archéopyle est apical et l'opercule polyplacoïde est libre.

**E :** *Prolixosphaeridium parvispinum* (Deflandre, 1937b) Davey *et al.*, 1969

**Genre *Florentinia* :** Kyste skolochorate, subsphérique, paratabulation gonyaulacacée, indiquée par des processus intratabulaires de deux tailles, avec les processus les plus étroits dans les zones paracingular et parasulcal et par un grand processus antapical distinctif. Ces processus intratabulaires sont creux, lisses, ou faiblement striés, normalement ouverts distalement, à extrémités tronquées ou diversement subdivisées. Le Périphragme est lisse ou finement granulé. L'archéopyle précingulaire, type P ou une combinaison, type A + P.

**F, H, I, J, K, L :** *Florentinia radiculata* (Davey et Williams, 1966b) Davey et Verdier, 1976

Kyste skolochorate, subsphérique ; avec de nombreux processus creux, à extrémité tronquée, ouverte, oblate ou capitée et par un grand processus antapical distinctif. Le Périphragme est finement granulé. L'archéopyle de ces espèces est soit précingulaire, type P ou soit, une combinaison type A + P.

**Genre *Diphyes* :** Kyste de gonyaulacacés, acavate, chorate à proximochorate, avec un corps central sphérique. Présence de nombreux processus, non tabulaires, généralement creux et ouverts ou fermés distalement. Ces processus sont essentiellement uniformes à l'exception du large processus antapical distinctif. La paratabulation est indiquée par l'archéopyle seulement ; ce dernier est apical, type A, l'opercule est libre.

**G : *Diphyes colligerum*** (Deflandre et Cookson, 1955) Cookson, 1965a

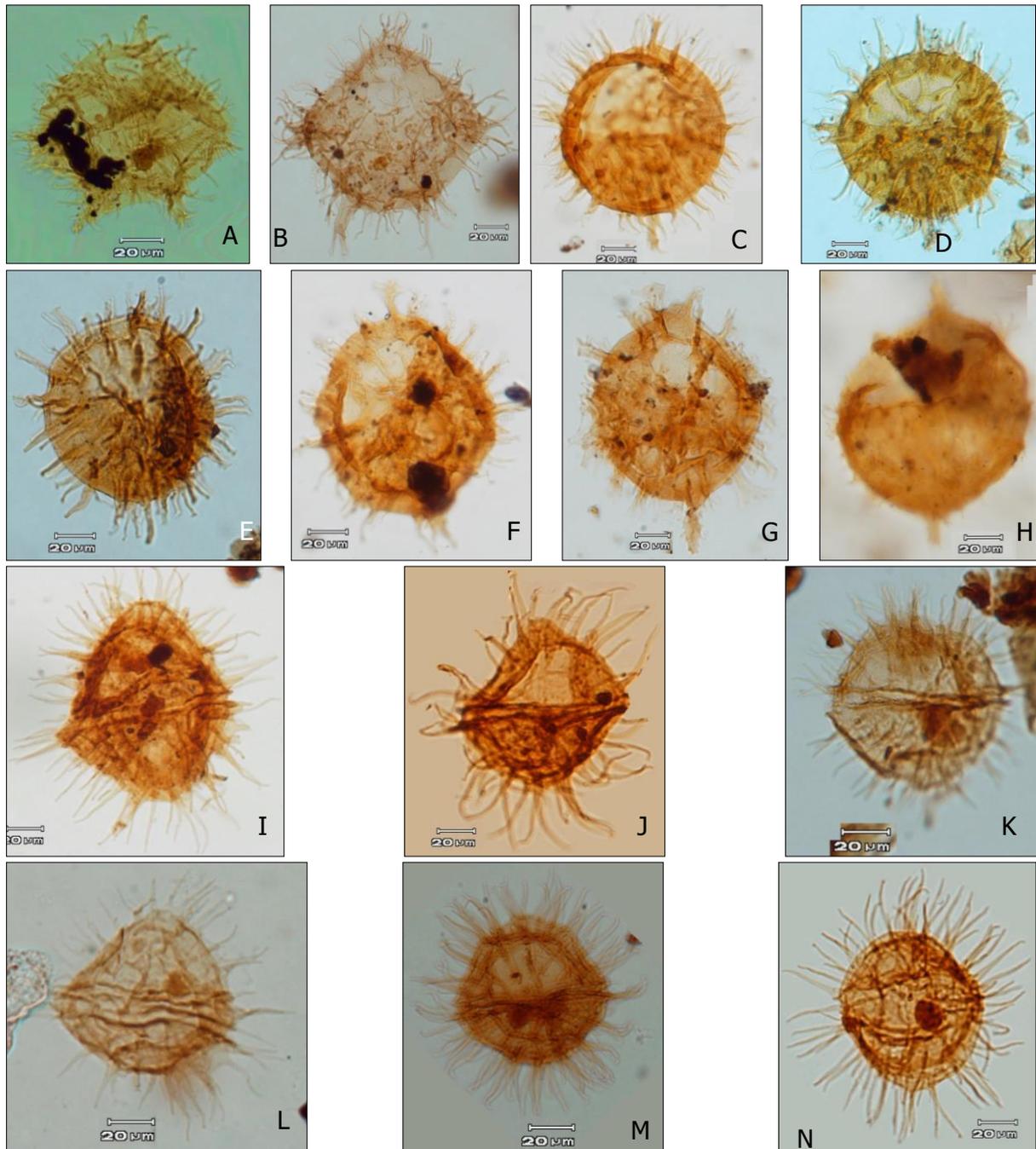
Cette espèce possède de nombreux processus creux et ouverts distalement. Le grand processus antapical est caractéristique de cette espèce et permet de l'orienter. La paratabulation est indiquée par l'archéopyle apical et l'opercule est libre.

**Genre *Apectodinium*** : Kystes proximochorate, comprimés dorsoventralement et généralement de moins de 100µm de diamètre. Le péricyste est circulaire à pentagonal dans son contour dorsoventral, généralement sans cornes mais peut avoir une corne apicale, deux latérales et une ou deux cornes antapicales. Acavatz ou cornucavé avec un endophragme fin. Processus généralement non tabulaires avec des terminaisons distales libres et typiquement émoussées, parfois plus complexes. Cingulum et sulcus parfois délimités par des processus. Archéopyle intercalaire, de formule I2a, équi-épéiforme mais parfois l'opercule semble attaché. Dans ce dernier cas, un archéopyle n'est généralement pas facilement discernable.

**M, N, O : *Apectodinium quinquelatum*** (Williams et Downie, 1966b) Costa et Downie, 1979.

Kystes de dinoflagellés retombés des déblais de forage du Tertiaire.

## Planche 10



**A, B :** *Apectodinium quinquelatum* (Williams et Downie, 1966b) Costa et Downie, 1979  
(Kystes de dinoflagellés retombés des déblais de forage du Tertiaire)

**C :** *Exochosphaeridium bifidum* (Clarke et Verdier, 1967) Clarke *et al.*, 1968

**D, E :** *Operculodinium centrocarpum* Deflandre et Cookson, 1955

**F, G :** *Fibrocysta vectensis* (Eaton, 1976) Stover et Evitt, 1978

**H :** *Fibrocysta bipolaris* (Cookson et Eisenack, 1965) Stover et Evitt, 1978

**I, J, K, L, M, N :** *Hystrichodinium pulchrum* Deflandre, 1935

## Planche 10

**A, B : *Apectodinium quinquelatum*** (Williams et Downie, 1966b) Costa et Downie, 1979

Kyste proximochorate, cornucavate. Le périkyste est circulaire à pentagonal aux cotés convexes, avec une corne apicale, deux cornes antapicales et deux cornes latérales. Le périphragme porte des processus courbes, simples, isolés, creux, courts, tubulaires. Kystes de dinoflagellés retombés des déblais de forage du Tertiaire.

**Genre *Exochosphaeridium*** : Kyste de gonyaulacacés, acavate, proximochorate à chorate, avec un corps central sphérique à ovoïde, portant une proéminence apicale et parfois une proéminence antapicale plus larges, plus longues ou plus ramifiées que les autres. L'autophragme est granulaire, fibreux ou microréticulé. Les nombreux processus non tabulaires à contabulaires sont simples ou ramifiés, fibreux, solides. L'archéopyle est précingulaire et l'opercule libre.

**C : *Exochosphaeridium bifidum*** (Clarke et Verdier, 1967) Clarke et al., 1968

Kyste de gonyaulacacés, sphérique, portant une proéminence apicale et une proéminence antapicale plus larges, plus longues ou plus ramifiées que les autres. L'autophragme est granulaire à microréticulé. Les processus sont nombreux fibreux et solides. L'archéopyle est précingulaire et l'opercule libre.

**Genre *Operculodinium*** : Kyste de gonyaulacacés chorate, acavate, corps central sphérique légèrement ovoïde avec une paroi microréticulée. Le corps central porte de nombreux processus non tabulaires à contabulaires. Les processus sont généralement solides, de taille et de forme uniformes et distalement bifides à digités. L'archéopyle est précingulaire et l'opercule libre.

**D, E : *Operculodinium centrocarpum*** Deflandre et Cookson, 1955

Kyste chorate, à ambitus elliptique à subcirculaire, orné de nombreux processus solides, relativement fins, souvent incurvés, à extrémité distale bifide ou capitée. La surface du kyste à un aspect ponctué à microréticulée. La paratabulation est indiquée par l'archéopyle précingulaire de type P dont l'opercule libre.

**Genre *Fibrocysta* :** Kyste de gonyaulacacés, chorate, acavate ou cornucavate, avec une paroi fibreuse, corps ellipsoïdal, allongé longitudinalement, avec une protubérance en forme de corne aux pôles apical et antapical. Le kyste porte de nombreux processus, non tabulaires à indistinctement tabulaires, solides ou creux, fibreux, généralement de taille uniforme, légèrement ramifiés distalement. La paratabulation est indiquée par l'archéopyle précingulaire, type P et l'opercule libre.

**F, G : *Fibrocysta vectensis*** (Eaton, 1976) Stover et Evitt, 1978

Kyste de forme ellipsoïdale, corps ellipsoïdal allongé longitudinalement, avec une protubérance aux pôles apical et antapical, et divisées ou ramifiées distalement. Le kyste porte de nombreux processus solides, fibreux de taille uniforme, légèrement ramifiés distalement. La paratabulation est indiquée par l'archéopyle précingulaire, type P et l'opercule libre.

**H : *Fibrocysta bipolaris*** (Cookson et Eisenack, 1965) Stover et Evitt, 1978

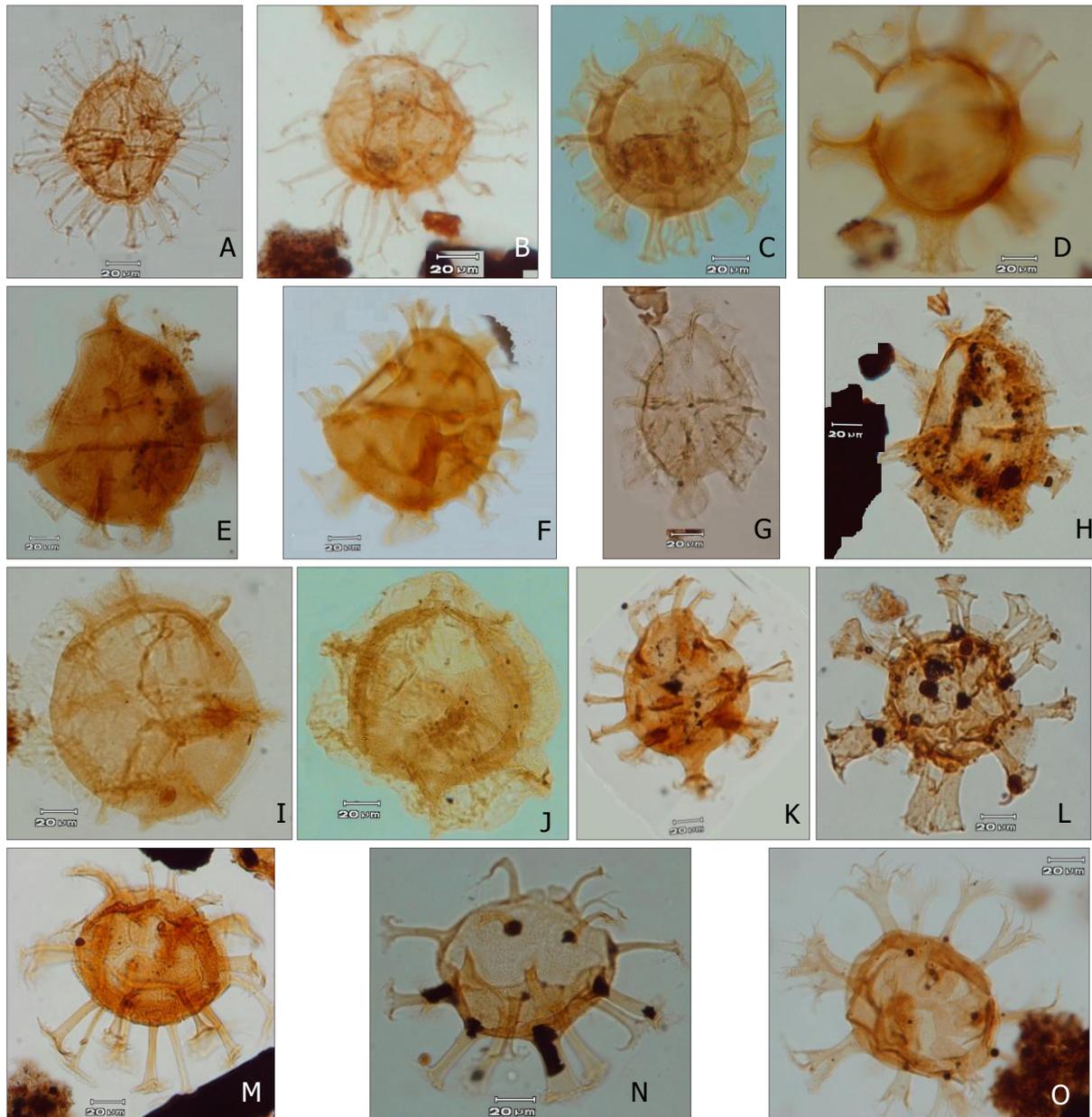
Kyste à ambitus elliptique allongé, prolongé par une protrusion apicale et une protrusion antapicale, orné de quelques processus à extrémité distale capitée. La paratabulation est indiquée par l'archéopyle précingulaire, type P dont l'opercule est libre.

**Genre *Hystrihodinium* :** Kystes skolochorate, autophragme, corps subsphérique à polyédrique, portant de nombreux processus parasuturales creux, longs, rubanés et s'effilant régulièrement vers des extrémités simples ou ramifiés. La paratabulation est indiquée principalement par l'archéopyle et par l'alignement des processus. L'archéopyle est précingulaire, type P et l'opercule est libre.

**I, J, K, L, M, N : *Hystrihodinium pulchrum*** Deflandre, 1935

Kystes chorate, acavate dont le corps central est subsphérique à polyédrique. La surface du corps central est scabre à microgranulaire. Les processus sont lisses, creux, longs, rubanés, fermés et pointus distalement. L'opercule est libre.

## Planche 11



**A, B** : *Hystrichodinium* sp.1

**C, D** : *Cordosphaeridium inodes* (Klumpp, 1953) Eisenack, 1963b

**E, F, G, H** : *Damassadinium californicum* (Drugg, 1967) Fensome *et al.*, 1993b

**K** : *Fibrocyta bipolaris* (Cookson et Eisenack, 1965b) Stover et Evitt, 1978

**I, J** : *Muratodinium fimbriatum* (Cookson et Eisenack, 1967b) Drugg, 1970b

**L** : *Oligosphaeridium fenestratum* Duxbury, 1980

**M, N** : *Homotryblium tenuispinosum* Davey et Williams, 1966b (kystes de dinoflagellés retombés des déblais du Tertiaire)

**O** : *Oligosphaeridium pulcherrimum* (Deflandre et Cookson, 1955) Davey et Williams, 1966b

## Planche 11

### **A, B : *Hystrichodinium* sp.1**

Kystes chorate, acavate dont le corps central est subsphérique à polyédrique. La surface du corps central est scabre à microgranulière. Les processus sont lisses, creux, longs, ramifiés (bifurqués, trifurqués) distalement.

**Genre *Cordosphaeridium* :** Kyste de gonyaulacacés, acavate, chorate, corps central subsphérique. Le périthèque est fibreux bien développés, solides ou creux, le plus souvent intratabulaires, ouverts ou fermés, plus ou moins cylindrique, généralement ramifiés et élargis distalement, uniforme en longueur mais couramment de largeur variable. L'archéopyle est précingulaire et l'opercule libre.

### **C, D: *Cordosphaeridium inodes* (Klumpp, 1953) Eisenack, 1963b**

Kystes chorates, corps central subsphérique portant des processus fibreux creux et intratabulaires dont l'extrémité distale en forme d'entonnoir évasé peut être denticulée, des stries présentent sur les appendices s'étendant sur le corps central et un archéopyle précingulaire. L'archéopyle est précingulaire et l'opercule libre.

**Genre *Damassadinium* :** Kyste de gonyaulacacé, acavate, proximochorate à chorate, corps central sphéroïdal à ovoïdal et qui portent souvent une corne ou une protubérance apicale. La partabulation reflétée par des crêtes pénitabulaires fibreuses, qui peuvent se développer en processus très larges et ouverts. L'archéopyle est précingulaire, avec formule P3 et l'opercule est libre.

### **E, F, G, H : *Damassadinium californicum* (Drugg, 1967) Fensome et al., 1993b**

Kyste Subsphérique à ellipsoïdal, proximochorate, portant une protubérance apicale et antapicale. La partabulation est reflétée par des crêtes (sêptes) pénitabulaires fibreuses. Présence de large processus fibreux et ouverts. L'archéopyle est précingulaire et l'opercule libre.

### **K : *Fibrocysta bipolaris* (Cookson et Eisenack, 1965b) Stover et Evitt, 1978**

Cette espèce est caractérisée par ses protubérances apicales et antapicales longues ainsi que par de nombreux processus solides, creux et fibreux. L'archéopyle est précingulaire.

**Genre *Muratodinium*** : Kyste proximochorate, autophragme fibreux, subsphérique, avec des projections apicales et antapicales. La paratabulation gonyaulacacée est indiquée par des septa irrégulièrement perforés, relativement hauts et de hauteur essentiellement uniforme. L'archéopyle est précingular, type P (3'') dont l'opercule est libre.

**I, J : *Muratodinium fimbriatum*** (Cookson et Eisenack, 1967b) Drugg, 1970b

Kyste fibreux, subsphérique, avec une projection apicale et une projection antapicale. Présence de septa irrégulièrement perforés et de hauteur uniforme. L'archéopyle est précingular et l'opercule est libre.

**Genre *Oligosphaeridium*** : Kyste de gonyaulacacés chorate, acavate, corps subsphérique avec des processus creux, intratabulaires, cylindriques à tubiformes, lisses et qui sont généralement ouverts distalement par des extrémités élargies, perforées, dentelées à aculate. Les processus cingulaires sont absents. Les processus sont plus ou moins égaux en taille et en forme générale. L'archaeopyle est apical et l'opercule libre.

**L : *Oligosphaeridium fenestratum*** Duxbury, 1980

Kyste, chorate, subsphérique, processus cylindriques et ouverts distalement par des extrémités élargies, présentant des perforations. Les processus cingulaires sont absents. L'archaeopyle est apical.

**O : *Oligosphaeridium pulcherrimum*** (Deflandre et Cookson, 1955) Davey et Williams, 1966b

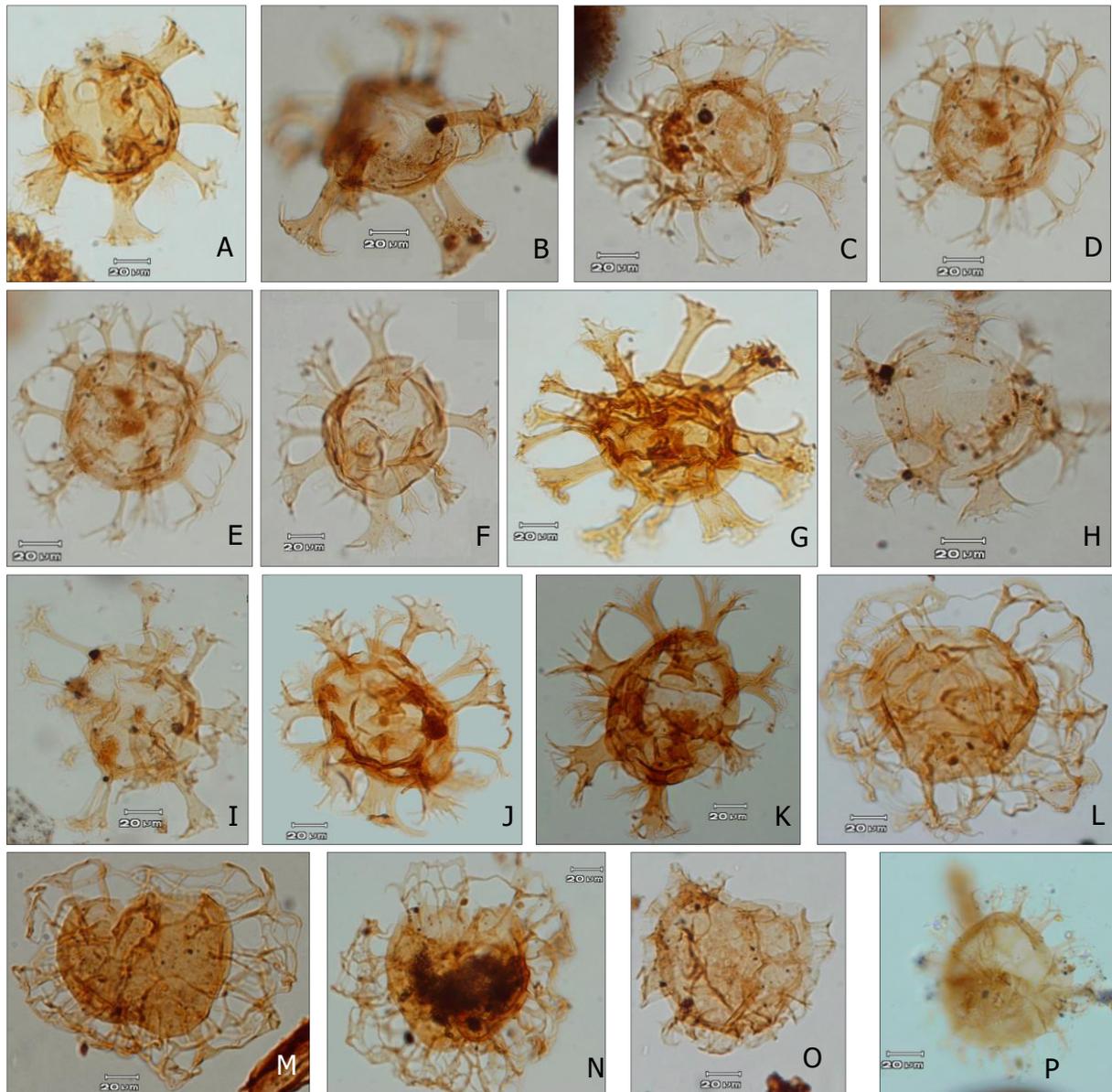
Kyste, chorate, subsphérique; processus cylindriques, ouverts distalement par des extrémités irrégulièrement bifurquées et présentant des perforations. L'archaeopyle est apical.

**Genre *Homotryblum*** : Kystes skolochorate, acavate, corps subsphérique, finement granulé, avec des processus intratabulaires normalement tubulaires, ouverts distalement. La paratabulation des gonyaulacacés est indiquée sur l'épikyste par des processus et l'opercule. L'archéopyle est épikystal et l'opercule est composé.

**M, N :** *Homotryblum tenuispinosum* Davey et Williams, 1966b

Kyst chorate, acavate, finement granulé; corps subsphérique avec des processus intratabulaires tubulaires de largeur variable, ouverts distalement en dent de scie ou digités. La paratabulation gonyaulacacée est indiquée sur l'épikyste par des processus et l'opercule. L'archéopyle est épikystal. Kystes de dinoflagellés retombés des déblais du Tertiaire.

## Planche 12



**A,B,F,I,J** : *Oligosphaeridium pulcherrimum* (Deflandre et Cookson, 1955) Davey et Williams, 1966b

**C** : *Oligosphaeridium* cf. *O. complex* (White, 1942) Davey et Williams, 1966b

**D, E, G**: *Oligosphaeridium complex* (White, 1942) Davey et Williams, 1966b

**H**: *Oligosphaeridium* cf. *albertensis*

**K**: *Oligosphaeridium dividum* Williams, 1978

**L, M, N** : *Glaphyrocysta semitecta* (Bujak *et al.*, 1980) Lentin et Williams, 1981

**O** : *Cauveridinium membraniphorum* (Cookson et Eisenack, 1962b) Fauconnier et Masure, 2004

**P** : *Achomosphaera sagena* Davey et Williams, 1966a

## **Planche 12 :**

**A,B,F,I,J :** *Oligosphaeridium pulcherrimum* (Deflandre et Cookson, 1955) Davey et Williams, 1966b

Ces espèces sont chorate, subsphériques; processus cylindriques, ouverts distalement par des extrémités irrégulièrement bifurquées et présentant des perforations. L'archaeopyle est apical.

**C :** *Oligosphaeridium cf. O. complex* (White, 1942) Davey et Williams, 1966b

Kyste chorate, subsphériques; processus cylindriques, ramifiés distalement. Les hampes des processus sont effilées, longues et presque uniformes. L'archaeopyle est apical.

**D, E, G:** *Oligosphaeridium complex* (White, 1942) Davey et Williams, 1966b

Kyste chorate, subsphériques ; processus cylindriques ; ouverts, élargis, dentelés, ramifiés distalement et presque uniformes en tailles et formes. L'archaeopyle est apical.

**H:** *Oligosphaeridium cf. O. albertensis*

Kyste chorate; corps subsphérique avec des processus creux, intratabulaires, cylindriques à tubiformes, lisses et qui sont généralement ouverts distalement par des extrémités dentelées à digitées. L'archaeopyle est apical.

**K:** *Oligosphaeridium dividum* Williams, 1978

Ces espèces sont chorate, subsphériques; processus cylindriques, ouverts distalement par des extrémités évasives et digitée. Ces processus sont presque uniformes en tailles et en formes. L'archaeopyle est apical.

**Genre *Glaphyrocysta* :** Kyste proximochorate à chorate, acavate ; avec un corps central comprimé, arrondi à lenticulaire. L'antapex est généralement asymétrique à arrondi. Complexes de processus arqués, solides, cylindriques, libres ou reliés distalement par un système de trabécules simple à complexe. Cependant, des processus isolés sont présents. Les zones médiane-ventrale et médiodorsale sont exemptes de processus ou avec des processus réduits. La paratabulation est indiquée par l'archéopyle, qui est apical avec un opercule libre. Paracingulum difficilement discernable. L'encoche sulcale décalée vers la gauche.

**L, M, N : *Glaphyrocysta semitecta*** (Bujak *et al.*, 1980) Lentin et Williams, 1981

Kystes chorate, acavate ; corps central arrondi à lenticulaire. L'antapex est généralement asymétrique. Complexes de processus arqués à la base et reliés distalement par un système de trabécule fibreuse. Les zones médiane-ventrale et médiadorsale sont exemptes de processus ou avec des processus réduits. L'archéopyle est apical avec un opercule libre.

**Genre *Cauveridinium*** : Kyste proximochorate dont le corps central est de forme lenticulaire et d'ambitus subcirculaire à bilobé en région antapicale. La paroi est constituée d'un autophragme. Les processus pleins ou creux sont restreints à la périphérie des faces ventrale et dorsale. Les processus sont reliés proximatement par des rides basses ou des septes membraneux plus ou moins élevés. Ils peuvent être reliés distalement. La paratabulation est indiquée par les parasutures et l'archéopyle apical. L'opercule est libre.

**O : *Cauveridinium membraniphorum*** (Cookson et Eisenack, 1962b) Fauconnier et Masure, 2004

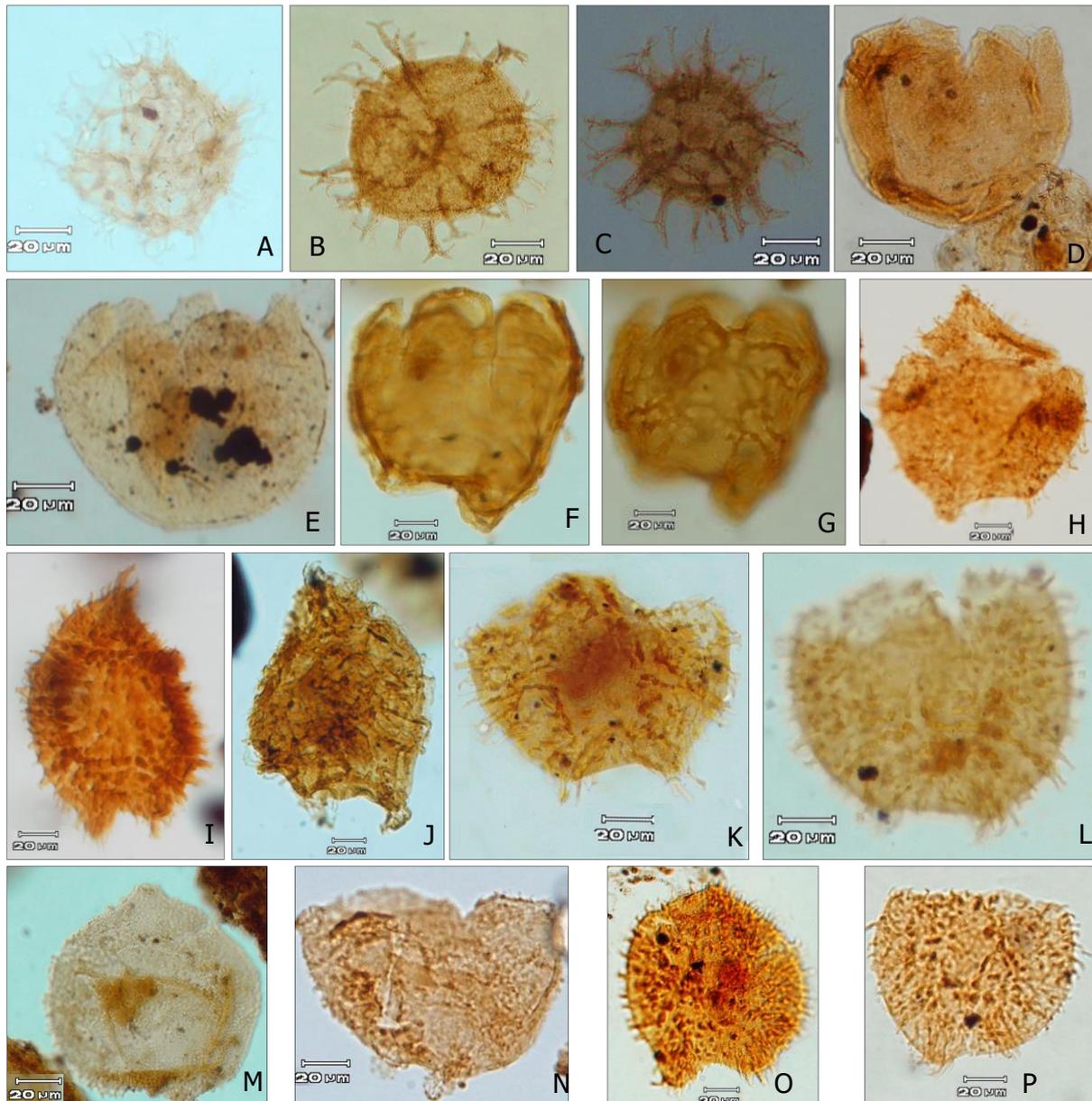
Kyste proximochorate ; corps central microgranuleux, stié, lenticulaire et légèrement bilobé en région antapicale. Les processus pleins sont restreints à la périphérie des faces ventrale et dorsale. Les processus sont reliés proximatement par des septes membraneuses et sont reliés distalement par une trabécule. La paratabulation est indiquée par les parasutures et l'archéopyle apical. L'opercule est libre.

**Genre *Achomosphaera*** : Kyste gonyaulacoïde, acavate, proximochorate à chorate. Les processus gonaux et suturaux sont creux, solides, distalement trifurqués et bifurqués respectivement. L'archéopyle est précingulaire et l'opercule est libre.

**P : *Achomosphaera sagera*** Davey et Williams, 1966a

Kyste gonyaulacoïde, proximochorate à chorate. Le périphragme microréticulé porte des processus solides, distalement trifurqués et bifurqués. L'archéopyle est précingulaire et l'opercule est libre.

## Planche 13



**A** : *Spiniferites ramosus* (Ehrenberg, 1837b) Mantell, 1854

**B, C** : *Hafniasphaera fluens* Hansen, 1977

**D** : *Kallosphaeridium parvum* Jan Du Chêne, 1988

**E** : *Kallosphaeridium yorubaense* Jan Du Chêne et Adedirán, 1985

**F, G** : *Cyclonephelium chabaca* (Below, 1981a) Fauconnier et Masure, 2004

**H, I, K, L, O, P** : *Circulodinium distinctum* (Deflandre et Cookson, 1955) Jansonius, 1986

**J** : *Cyclonephelium vannophorum* (Davey, 1969a) Fauconnier et Masure, 2004

**M, N** : *Cyclonephelium compactum* (Deflandre et Cookson, 1955) Fauconnier et Masure, 2004

## Planche 13

**Genre *Spiniferites* :** Kyste gonyaulacoïde, acavate, proximochorate à chorate, corps central sphérique portant uniquement des processus gonaux et intergonaux. Les processus, généralement solides mais pouvant être creux sont reliés à leurs bases par des crêtes parasuturales ou des septes. La tabulation est exprimée par des crêtes ou des membranes suturales ainsi que par des processus gonaux et parfois suturaux. Les processus sont trifurqués ou bifurqués distalement. Le paracingulum est clairement indiqué par des caractéristiques parasuturales. L'archéopyle est précingulaire avec un opercule libre.

**A : *Spiniferites ramosus*** (Ehrenberg, 1837b) Mantell, 1854

Kyste proximochorate, de forme ellipsoïdale portant des processus gonaux trifurqués et les intergonaux bifurqués. Les processus solides sont reliés à leurs bases par des septes. L'archéopyle est précingulaire, avec un opercule libre.

**Genre *Hafniasphaera* :** Kyste gonyaulacoïdes, acavate, chorate à proximochorate, corps central sphérique. Généralement paratabulés, avec des processus microreticulés ou alvéolaires gonaux et suturaux de type *Spiniferites*. La paroi du corps central peut être microreticulée ou alvéolaire ou non. L'archéopyle est précingulaire et l'opercule libre.

**B, C : *Hafniasphaera fluens*** Hansen, 1977

Kyste chorate à proximochorate, subsphérique, microréticulé ou alvéolaire et le périphragme forme des septes parasuturales bas et des processus gonaux et intergonaux. Les extrémités distales de ces processus sont profondément bifurquées ou trifurquées, chaque subdivision pouvant être elle-même être divisée secondairement. Les hampes des processus montrent également des alvéoles. Archéopyle précingulaire et l'opercule est libre.

**Genre *Kallosphaeridium* :** Kystes subsphériques et sans crêtes, septes ou processus. La paratabulation est indiquée surtout par l'archéopyle. L'autophragme lisse, granulé, tuberculé ou avec de courtes épines. L'archéopyle est apical.

**D : *Kallosphaeridium parvum*** Jan Du Chêne, 1988

Kyste subsphérique caractérisé par un autophragme granuleux et par un archéopyle apical avec des bords en zig-zag.

**E :** *Kallosphaeridium yorubaense* Jan Du Chêne et Adediran, 1985

Cette espèce est de forme subsphérique. L'autophragme finement réticulé est orné de projections courtes et fines. L'archéopyle apical aux bords en zigzag.

**Genre *Cyclonephelium* :** Kyste acavate, proximale ou proximochorate, de forme subcirculaire à lenticulaire, avec un antapex arrondi ou plus souvent asymétrique. L'ambitus est déformée par une proéminence apicale et une ou deux proéminences antapicales inégales. L'ornementation consiste en des processus de longueur courte à modérée (épines, spinules, petits processus, septes membraneux) qui peuvent être reliés distalement par des trabécules et se rejoignent proximale pour former un réticule ou un réseau irrégulier. Les connexions membranées et trabéculées sont généralement d'étendue locale, ne reliant que les processus adjacents. L'ornementation peut être distribuée de façon uniforme ou marginale, mais pas distinctement en disposition suturale ou péritabulaire. L'archéopyle est apical, de suture principale en zigzag et l'opercule libre. L'encoche sulculaire décalée vers la gauche.

**F, G :** *Cyclonephelium chabaca* (Below, 1981a) Fauconnier et Masure, 2004

Kyste acavate, proximale, de forme subcirculaire à lenticulaire, avec un antapex asymétrique. Les processus sont reliés distalement par une trabécule régulière au niveau de l'antapex et se rejoignent proximale pour former un réticule. L'archéopyle est apical, de suture principale en zigzag et l'opercule libre.

**J :** *Cyclonephelium vannophorum* (Davey, 1969a) Fauconnier et Masure, 2004

Kyste acavate, proximale, de forme subcirculaire à lenticulaire, avec un antapex asymétrique. Présence d'une proéminence apicale et deux proéminences antapicales inégales. L'ornementation consiste en de petits processus reliés distalement par une trabécule irrégulière. L'archéopyle est apical et l'opercule reste attaché.

**M, N :** *Cyclonephelium compactum* (Deflandre et Cookson, 1955) Fauconnier et Masure, 2004

Ces espèces sont proximale, de forme subcirculaire à lenticulaire, avec un antapex asymétrique. L'ambitus est déformé par une proéminence apicale et deux proéminences antapicales inégales. L'ornementation consiste en de petits processus, des épines, des spinules,

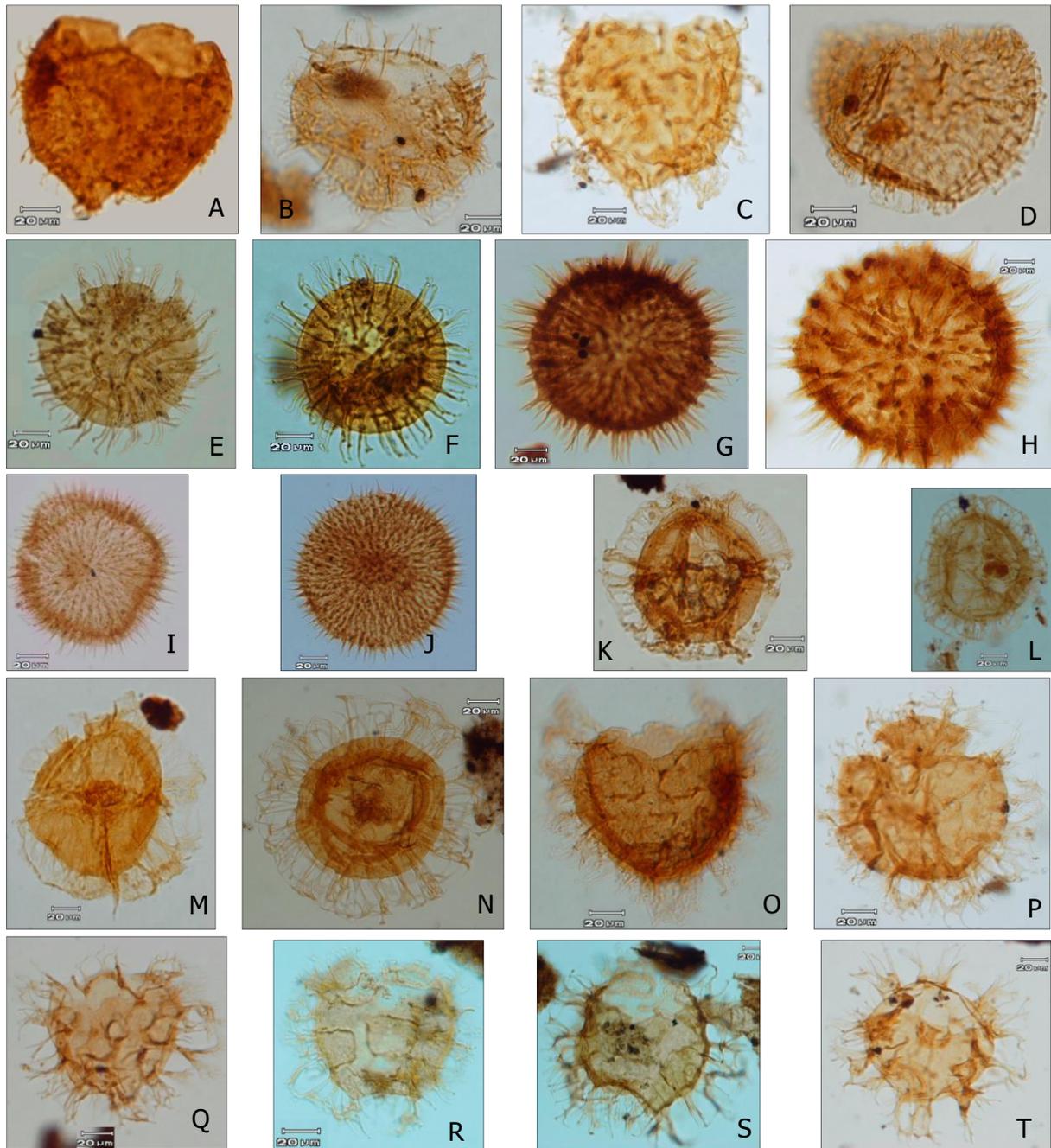
qui sont reliés distalement par une trabécule discontinue. L'archéopyle est apical, de suture principale en zigzag, et l'opercule est libre ou reste attaché.

**Genre *Circulodinium* :** Kyste proximate à proximochorate de forme lenticulaire et d'ambitus subcirculaire, souvent prolongé par une proéminence apicale et une ou deux proéminences antapicales souvent inégales. La paroi est formée d'un autophragme. L'ornementation sous forme d'épines pleines, pointues rarement fourchues distalement, de longueur variable, est généralement plus développée sur les marges du kyste et absente ou réduite sur les aires médio-dorsale et médio-ventrale. La paratabulation de type gonyaulacoïde est indiquée par les parasutures principales de l'archéopyle. L'archéopyle est apical et l'opercule libre ou adhérent.

**H, I, K, L, O, P : *Circulodinium distinctum*** (Deflandre et Cookson, 1955) Jansonius, 1986

Ces espèces sont proximate à proximochorate, de forme lenticulaire. Présence d'une proéminence apicale chez certaines espèces (H, I, O) et de deux proéminences antapicales inégales. Corps central ponctué et orné de processus pleins de longueur hétérogène, à extrémités distales pointues, capitées, bifurquées. Ces processus sont espacés régulièrement à la périphérie du corps central. L'archéopyle est apical et l'opercule libre ou adhérent.

## Planche 14



**A :** *Circulodinium distinctum* (Deflandre et Cookson, 1955) Jansonius, 1986

**B, C, P, R :** *Areoligera coronata* (Wetzel, 1933b) Lejeune-Carpentier, 1938a

**D :** *Cyclonephelium compactum* (Deflandre et Cookson, 1955) Fauconnier et Masure, 2004

**E, F :** *Operculodinium centrocarpum* (Deflandre et Cookson, 1955) Wall, 1967

**G, H, I, J :** *Cometodinium whitei* (Deflandre et Courteville, 1939) Stover and Evitt, 1978

**K, L, M :** *Unipontidinium grande* (Davey, 1975) Wrenn, 1988

**N :** *Adnatosphaeridium multispinosum* Williams et Downie, 1966c

**O, Q, S, T :** *Areoligera senonensis* Lejeune-Carpentier, 1938a

## Planche 14

**A :** *Circulodinium distinctum* (Deflandre et Cookson, 1955) Jansonius, 1986

Ces espèces sont proximate à proximochorate, de forme lenticulaire. Présence de deux proéminences antapicales inégales. Corps central ponctué et orné de processus pleins de longueur hétérogène, à extrémités distales pointues, capitées, bifurquées. L'archéopyle est apical et l'opercule libre.

**Genre *Areoligera* :** Kystes skolochorate, autophragme, gonyaulacacés. Corps lenticulaire, avec une ou deux lobations antapicales qui peuvent être présentes. Il porte des groupes de processus péritabulaires à ramifications complexes, plus ou moins arqués à la base et aussi avec des groupes de processus rectilignes. Les extrémités de certains groupes de processus adjacents peuvent être reliées par des trabécules. Les surfaces médio-ventrale et médio-dorsale sont exemptes de processus ou avec des processus réduits en taille et en nombre. L'archéopyle est apical, type A.

**B, C, P, R :** *Areoligera coronata* (Wetzel, 1933b) Lejeune-Carpentier, 1938a

Kystes de forme lenticulaire et à ambitus subcirculaire. La surface ventrale n'est pas ornementée, excepté sur les marges du kyste. Les septes proximaux reliant les bases des processus sont arqués. Les processus sont reliés distalement par un réseau irrégulier de trabécule. L'archéopyle est apicale et l'opercule est libre.

**D :** *Cyclonephelium compactum* (Deflandre et Cookson, 1955) Fauconnier et Masure, 2004

Cette espèce est proximate, de forme subcirculaire à lenticulaire, avec un antapex asymétrique. L'ornementation consiste en de petits processus, des épines, des spinules, qui sont reliés distalement par une trabécule discontinue. L'archéopyle est apical et l'opercule libre.

**Genre *Operculodinium* :** Kyste gonyaulacacé chorate, acavate, corps central sphérique légèrement ovoïde avec une paroi microréticulée. Le corps central porte de nombreux processus non tabulaires à contabulaires. Les processus sont généralement solides, de taille et de forme uniformes et distalement bifides à digités. L'archéopyle est précingulaire et l'opercule libre.

**E, F : *Operculodinium centrocarpum*** Deflandre et Cookson, 1955

Kystes chorate, à ambitus elliptique à subcirculaire, orné de nombreux processus solides, relativement fins, souvent incurvés, à extrémité distale bifide ou capitée. La surface du kyste à un aspect ponctué à microréticulée. La paratabulation est indiquée par l'archéopyle précingulaire de type P dont l'opercule libre.

**Genre *Cometodinium*** : Kyste gonyaulacoïde, subsphérique, qui supporte de nombreux processus fins comme des cheveux, parfois regroupés en touffes. Les processus sont apparemment non tabulaires, fibreux, cylindriques, pleins ou creux, fermés distalement, de longueur et de forme égales. La base des processus est simple ou divisée. L'extrémité distale est émoussée. L'archéopyle est apical.

**G, H, I, J : *Cometodinium whitei*** (Deflandre et Courteville, 1939) Stover et Evitt, 1978

Kystes subsphériques, qui supporte de nombreux processus fins comme des cheveux, parfois regroupés en touffes. Les processus de longueur et de forme égales sont fibreux, pleins et fermés ou acuminés distalement. L'archéopyle est apical.

**Genre *Unipontidinium*** : Kystes proximochorate, corps subsphérique à ellipsoïdale, portant des processus gonaux et intergonaux ou suturaux unis proximalelement par des crêtes ou septes ou des membranes suturales. Les processus adjacents reliés par un réseau de trabécule fibreuse. La paratabulation gonyaulacacée indiquée soit par des trabécules, soit par des parasutures basses entre les bases des processus donnant l'aspect d'une délimitation du cingulum. L'archéopyle est précingulaire et l'opercule est libre.

**K, L, M : *Unipontidinium grande*** (Davey, 1975) Wrenn, 1988

Kystes globulaires à ellipsoïdaux. Le périphragme forme des processus gonaux ou suturaux unis proximalelement par des crêtes ou des membranes suturales. Les processus adjacents sont unis distalement par des trabécules fibreuses. L'archéopyle est précingulaire et l'opercule est libre.

**Genre *Adnatosphaeridium*** : Kystes chorate, trabéculés, acavate, autophragme lisse ou faiblement orné. Corps central sphérique à lenticulaire comprimé, parfois avec l'antapex asymétrique. Les processus solides ou creux, tubulaires, non tabulaires sont unis distalement

par une trabécule parfois fenestrée. L'archaeopyle est apical et l'opercule libre. L'encoche sulculaire peut être décalée vers la gauche.

**N : *Adnatosphaeridium multispinosum*** Williams et Downie, 1966c

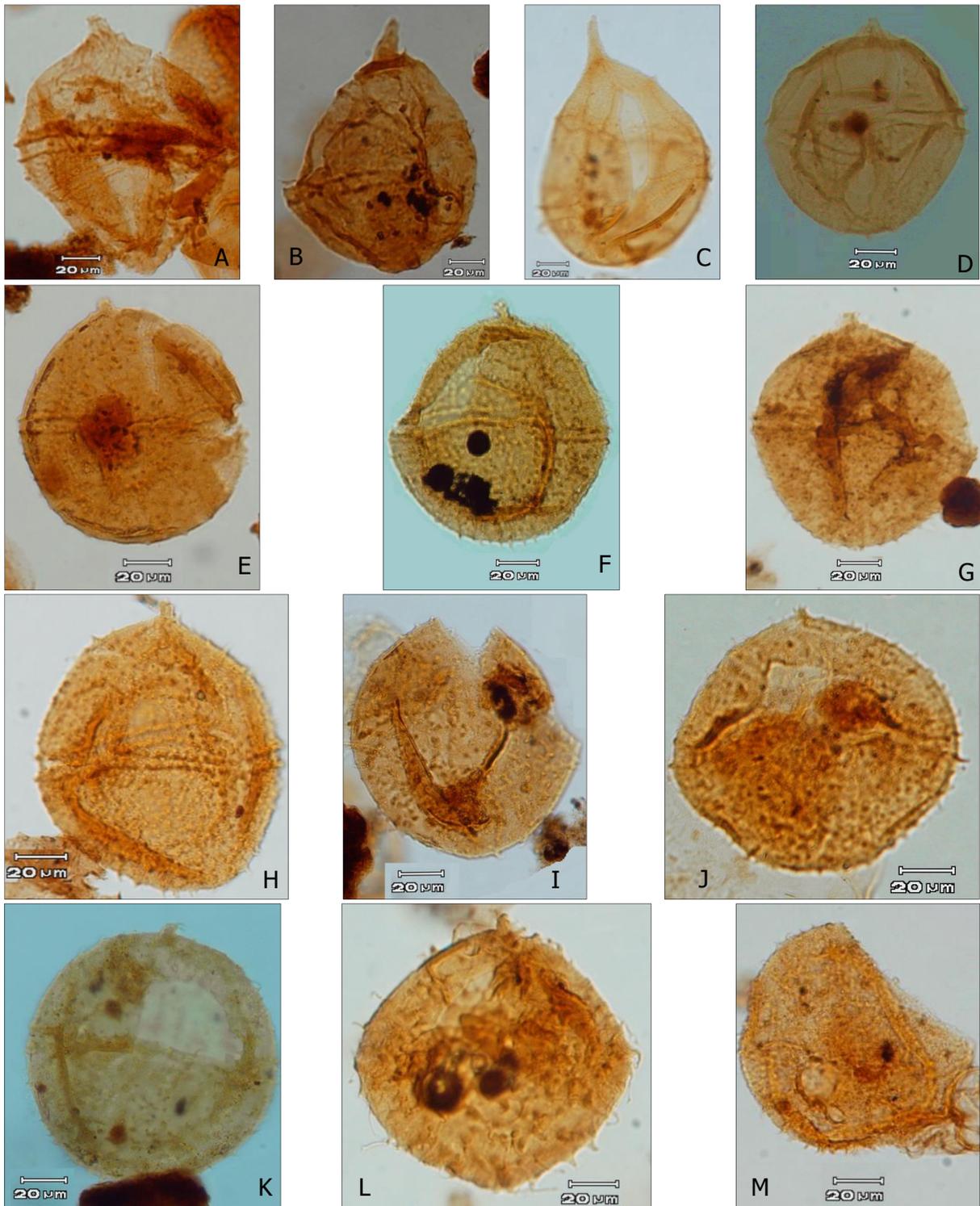
Cette espèce a un corps sphérique et portant de nombreux processus minces. Ces processus sont solides et unis distalement par une trabécule. L'archaeopyle est apical.

**Genre *Areoligera* :** Kystes skolochorate, autophragme, gonyaualacacés. Corps lenticulaire, avec une ou deux lobations antapicales qui peuvent être présentes. Il porte des groupes de processus pénitabulaires à ramifications complexes, plus ou moins arqués à la base et aussi avec des groupes de processus rectilignes. Les extrémités de certains groupes de processus adjacents peuvent être reliées par des trabécules. Les surfaces médio-ventrale et médio-dorsale sont exemptes de processus ou avec des processus réduits en taille et en nombre. L'archéopyle est apical, type A.

**O, Q, S, T : *Areoligera senonensis*** Lejeune-Carpentier, 1938a

Kyste de forme lenticulaire, à ambitus subcirculaire, avec deux lobes antapicaux plus ou moins prononcés. La surface ventrale est non ornementée excepté sur le pourtour du kyste. Les processus mid-dorsaux et paracingulaires sont simples, fins, non reliés distalement par des trabécules et ont des septes proximaux peu élevés. Les processus situés sur les marges du kyste sont plus épais, souvent liés proximatement par des septes plus élevés et subdivisés irrégulièrement dans leur partie distale. Ils sont rarement reliés par des trabécules. L'archéopyle est apical, type (tA), l'opercule libre.

## Planche 15



**A, B, C:** *Cribroperidinium cooksoniae* Norvick, 1976

**D:** *Cribroperidinium giuseppei* (Morgenroth, 1966a) Helenes, 1984

**E, F, G, H, I, J, K, L, M:** *Trichodinium castanea* (Deflandre, 1935) Clarke et Verdier, 1967

## Planche 15

**Genre *Cribroperidinium* :** Kyste acavate ou cornucavate, proximate, autokyste subsphérique à ellipsoïdal, généralement surmonté d'une corne apicale. La paratabulation gonyaulacacée est indiquée par des septes parasuturales à crêtes lisse ou ornée, souvent doublés par des septes secondaires parallèles aux premiers. L'archéopyle est précingulaire et l'opercule est libre.

**A, B, C :** *Cribroperidinium cooksoniae* Norvick, 1976

Kystes subsphériques à ellipsoïdaux, surmontés d'une corne apicale courte à longue. Les septes parasuturales et intratabulaires sont bas, à crêtes lisses. La trace du paracingulum est perceptible. L'archéopyle est précingulaire.

**D:** *Cribroperidinium giuseppi* (Morgenroth, 1966a) Helenes, 1984

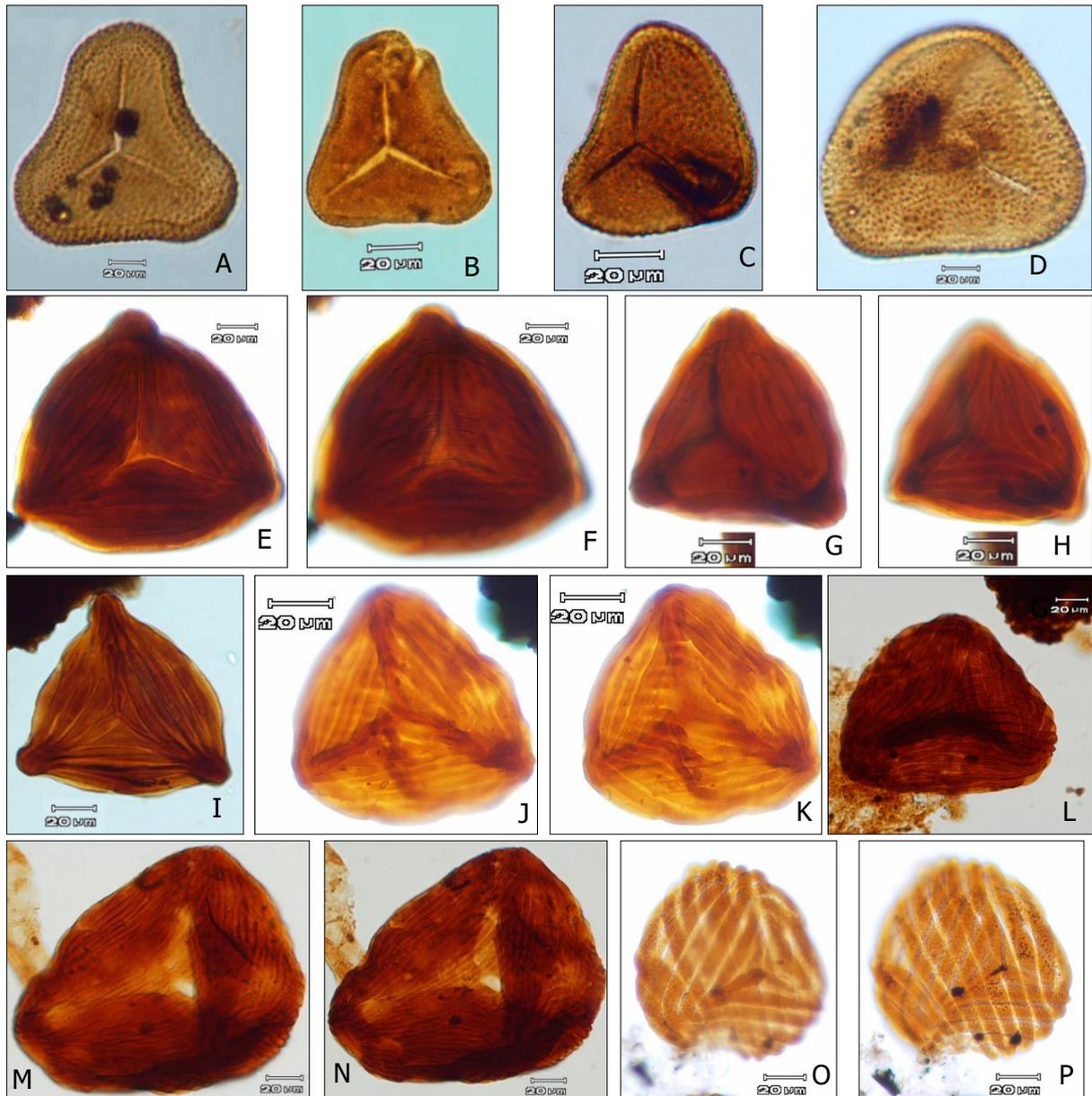
Kyste subsphérique, surmonté d'une corne apicale courte. La paroi est fine à finement granuleuse. Les septes parasuturales sont bas, à crêtes lisses ou irrégulière. La trace du paracingulum est perceptible. L'archéopyle est précingulaire.

**Genre *Trichodinium* :** Kyste de gonyaulacacés, proximate ou proximochorate, acavate, subsphérique à ellipsoïdal, généralement surmontés d'une corne apicale ou d'une touffe apicale d'épines plus longues. Une courte projection antapicale peut être présente. L'autophragme peut être atabulé à faiblement paratabulé, modérément à densément couvert d'épines courtes ou de processus courts bifides à capités, d'épines ou processus lisses à faiblement fibreux pouvant présenter un alignement. La paratabulation indiquée par l'archéopyle précingulaire, type P (3") et par le paracingulum indiqué par l'alignement équatorial transversal des processus ou des épines, qui peuvent aussi être légèrement plus longs que ceux des autres parties du kyste. L'opercule est libre.

**E, F, G, H, I, J, K, L, M:** *Trichodinium castanea* (Deflandre, 1935) Clarke et Verdier, 1967

Ces espèces sont caractérisées par une corne apicale courte ou une touffe d'épines plus longues au niveau de l'apex et de nombreuses épines solides, courtes, pointues, tronquées ou légèrement capitées. La paratabulation est indiquée par l'archéopyle précingulaire et le paracingulum qui est indiqué par l'alignement équatorial transversal des épines.

## Planche 16



**A, B, C, D :** *Foveotriletes margaritae* Germeraad et al., 1968

**E, F :** *Appendicisporites baconicus* (Deàk, 1963) Srivastava (1975)

**G, H :** *Appendicisporites* cf. *A. jansonii* Pocock, 1961

**I :** *Appendicisporites bifurcatus* Singh, 1964

**J, K, L, O, P :** *Cicatricosisporites baconicus* Deàk, 1963

**M, N :** *Cicatricosisporites microstriatus* Jardiné et Magloire, 1965

## Planche 16

**Genre *Foveotriletes*** : Spore trilète à contour équatorial triangulaire aux angles arrondis et aux côtés concaves. La sculpture est fovéolaire.

**A, B, C, D** : *Foveotriletes margaritae* Germeraad et al., 1968

Cette espèce est subtriangulaire concave à convexe. La surface distale fovéolée et la marque trilète sont caractéristiques de cette espèce.

**Genre *Appendicisporites*** : Spore trilète à contour équatorial triangulaire, aux côtés convexes, ayant une sculpture canaliculaire (nervures ou côtes) sur l'ensemble de la spore et des expansions plus ou moins développées sous forme d'appendices dans les zones radiales. Exine ornée, sur les deux faces, de côtes régulières plus ou moins parallèles aux côtés.

**E, F** : *Appendicisporites baconicus* (Deák, 1963) Srivastava, 1975

Ces espèces ont sur la face proximale, plusieurs côtes parallèles entre elles et à leur côté. Les côtes d'une zone de contact coalescent (fusionnent) avec les côtes correspondantes des zones de contact adjacentes des régions radiales (aux extrémités distales des laesurae). La sculpture distale est constituée de plusieurs côtes parallèles ou subparallèles les unes aux autres ; s'étendant le long de l'axe le plus long de l'amb, d'un sommet vers le côté opposé et obliquement par rapport au troisième sommet.

**G, H** : *Appendicisporites* cf. *A. jansonii* Pocock, 1961

Ces espèces présentent un amb triangulaire, des côtés convexes à droits et des appendices radiaux relativement larges et émoussés (moins pointus) sans que ces appendices ne dépassent largement l'amb. La sculpture canaliculée, composée de côtes parallèles entre elles et à chaque région inter-radiale, fusionnant avec les côtes de la face adjacente.

**I** : *Appendicisporites bifurcatus* Singh, 1964

Cette espèce a une sculpture canaliculaire avec des côtes disposées selon un motif triangulaire concentrique. Les appendices sont saillants. Les côtes équatoriales et les canaux s'étendent jusqu'aux appendices avant de fusionner les uns avec les autres. En vue latérale, cela peut donner un aspect perforé aux appendices.

**Genre *Cicatricosisporites* :** Spore trilète, à ambitus triangulaire arrondi, aux côtés convexes à droits, caractérisée par une ornementation de côtes sur l'ensemble de la spore. Ces côtes sont plus ou moins parallèles aux zones inter-radiales.

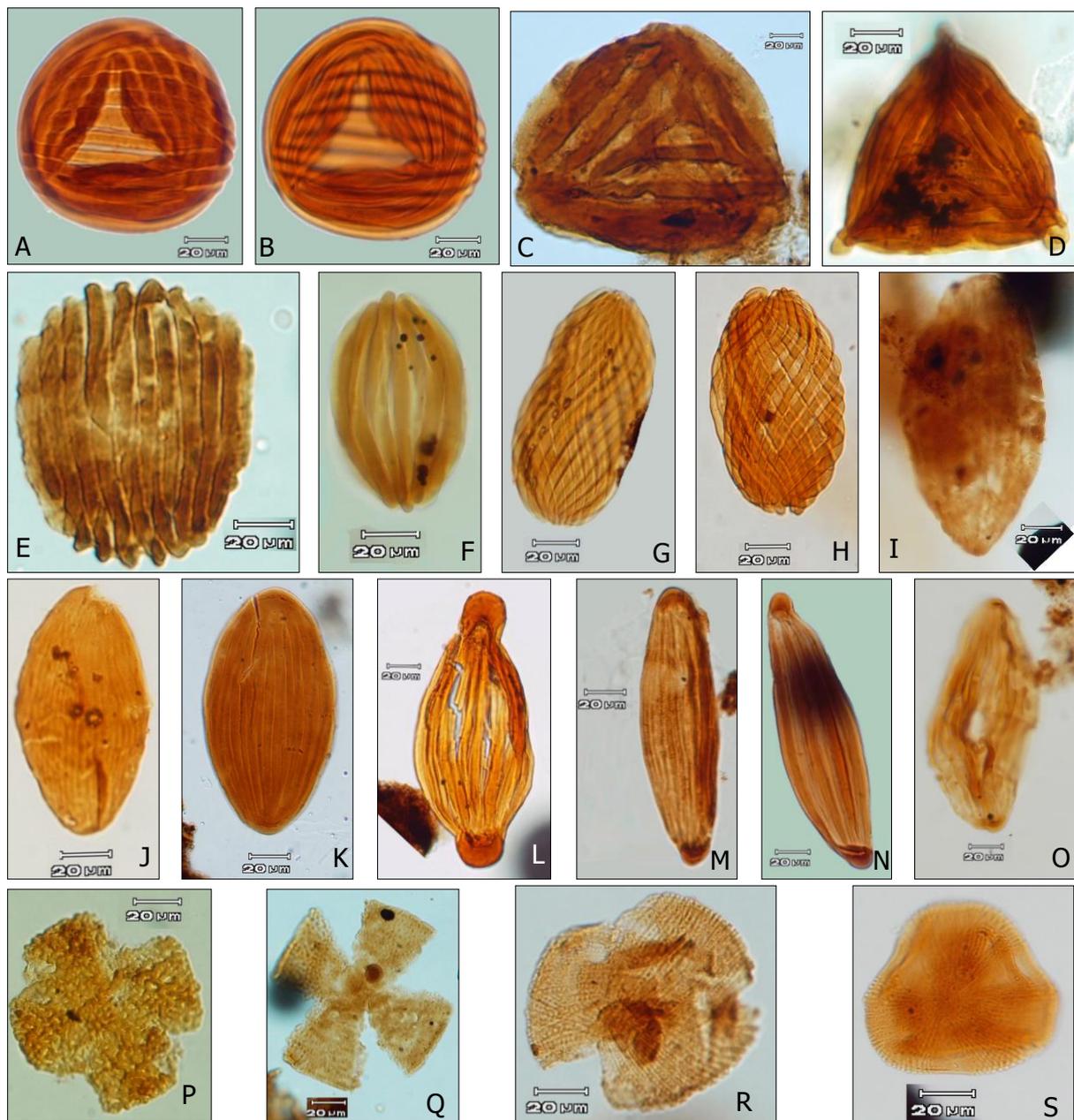
**J, K, L, O, P :** *Cicatricosisporites baconicus* Deàk, 1963

Spores trilètes, à ambitus triangulaire arrondi, aux côtés convexes à droits. Elles sont caractérisées par une ornementation de côtes parallèles aux contours, sur la face distale comme sur la face proximale. En vue distale, les côtes parallèles entre elles, convergent d'une zone radiale vers son opposé. Les côtes proximales sont interrompues par les contours de la marque trilète.

**M, N :** *Cicatricosisporites microstriatus* Jardiné et Magloire, 1965

Spores de forme triangulaire à angles arrondis. La membrane est ornée par une striation régulière fine caractéristique. La marque trilète est relativement courte et souvent renforcée par un épaissement donnant une zone plus sombre.

## Planche 17



- A, B :** *Cicatricosisporites baonicus* Deàk, 1963  
**C :** *Cicatricosisporites* cf. *C. berouensis* Jardiné et Magloire, 1965  
**D :** *Appendicisporites bifurcatus* Singh, 1964  
**E, F :** *Gnetaceaepollenites oreadis* Srivastava, 1968  
**G, H :** *Ephedripites jansonii* (Pocock, 1961) Muller, 1968  
**I, J, K :** *Ephedripites* sp. S.CI.284 Jardiné et Magloire, 1965  
**L, N :** *Steevesipollenites binodosus* Stover, 1964  
**M, O :** *Steevesipollenites cupuliformis* Azema et Boltenhagen, 1974  
**P, Q :** *Quadricolpites reticulatus* Wingate, 1980  
**R, S :** *Striopollenites dubius* Jardiné et Magloire, 1965

## Planche 17

**Genre *Cicatricosisporites* :** Spore trilète, à ambitus triangulaire arrondi, aux côtés convexes à droits, caractérisée par une ornementation de côtes sur l'ensemble de la spore. Ces côtes sont plus ou moins parallèles aux zones inter-radiales.

**A, B :** *Cicatricosisporites baconicus* Deàk, 1963

Spore trilète, à ambitus triangulaire arrondi, aux côtés convexes à droits. Elles sont caractérisées par une ornementation de côtes parallèles aux contours, sur la face distale comme sur la face proximale. En vue distale, les côtes parallèles entre elles, convergent d'une zone radiale vers son opposé. Les côtes proximales sont interrompues par les contours de la marque trilète.

**C :** *Cicatricosisporites* cf. *C. berouensis* Jardiné et Magloire, 1965

Spore triangulaire à arrondie, ornée de côtes espacées les unes des autres. Ces côtes sont presque parallèles aux branches de la marque trilète.

**Genre *Appendicisporites* :** Le genre *Appendicisporites* est une spore trilète à contour équatorial triangulaire, aux côtés convexes, ayant une sculpture canaliculaire (nervures ou côtes) sur l'ensemble de la spore et des expansions plus ou moins développées sous forme d'appendices dans les zones radiales. Exine ornée, sur les deux faces, de côtes régulières plus ou moins parallèles aux côtés.

**D :** *Appendicisporites bifurcatus* Singh, 1964

Cette espèce a une sculpture canaliculaire avec des côtes disposées selon un motif triangulaire concentrique. Les appendices sont saillants. Les côtes équatoriales et les canaux s'étendent jusqu'aux appendices avant de fusionner les uns avec les autres. En vue latérale, cela peut donner un aspect perforé aux appendices.

**Genre *Gnetaceaepollenites* :** Grain de pollen « polyplicate », de forme ellipsoïdale à allongée. Il est muni de quelques à de nombreuses côtes spiralées, entrecroisées. Ces côtes sont séparées par des canaux ou sillons.

**E, F:** *Gnetaceaepollenites oreadis* Srivastava, 1968

Grain de pollen ellipsoïdale. L'ectexine comprend quelques larges côtes entrecroisées qui, aux extrémités du grand axe, encerclent le grain et suivant son contour forment une série de dents. D'autres côtes, de part et d'autre du grand axe, forment des couples dont les extrémités se réunissent et fusionnent. Les sillons, très étroits, qui alternent avec les côtes correspondent aux amincissements de l'ectexine.

**Genre *Ephedripites* :** Grain de pollen de forme fusiforme, plus ou moins pointus. Il est muni de côtes spiralées ou parallèles entre elles. Ces côtes sont séparées par des canaux ou sillons.

**G, H :** *Ephedripites jansonii* (Pocock, 1961) Muller (1968)

Grain de pollen de forme ellipsoïdale, « polypliate » ornée de côtes, à enroulement hélicoïdal sur l'ensemble du corps.

**I, J, K:** *Ephedripites* sp. S.CI.284 Jardiné et Magloire, 1965

Grains de pollen de forme ovale à allongée, à extrémités arrondies. Les côtes sont relativement fines et nombreuses en alternance avec des sillons étroits.

**Genre *Steevesipollenites* :** Grain de pollen polypliqué, ellipsoïdal à fusiforme avec quelques à de nombreuses côtes longitudinales. L'exine est exceptionnellement épaisse aux deux extrémités, formant des expansions aux extrémités.

**L, N:** *Steevesipollenites binodosus* Stover, 1964

Grains de pollen de forme ellipsoïdale à fusiforme montrant des côtes plus ou moins nombreuses, en alternance avec des sillons étroits. Ces côtes fusionnent aux extrémités pour former un bourrelet proéminent distinct, en forme de demi-cercle à chaque extrémité du grand axe du pollen.

**M, O:** *Steevesipollenites cupuliformis* Azema et Boltenhagen, 1974

Grains de pollen de forme ellipsoïdale à fusiforme montrant des côtes plus ou moins nombreuses, en alternance avec des sillons étroits. On observe des épaisissements de l'exine en forme de cupule aux extrémités du grand axe.

**Genre *Quadricolpites*** : Grains de pollen isopolaires, tétracolpés, oblés, à contour équatorial subcarré. Les sillons sont ouverts, à contour mal défini, occupant les deux tiers du rayon du grain. L'exine fine, de moins de 1  $\mu\text{m}$  d'épaisseur, présente une nexine lisse et une sexine relativement plus épaisse, réticulée. Les mailles du réseau sont plus développées dans la région mésocolpiale (0,5  $\mu\text{m}$ ), elles se rétrécissent vers les pôles et autour des sillons.

**P, Q** : *Quadricolpites reticulatus* Wingate, 1980

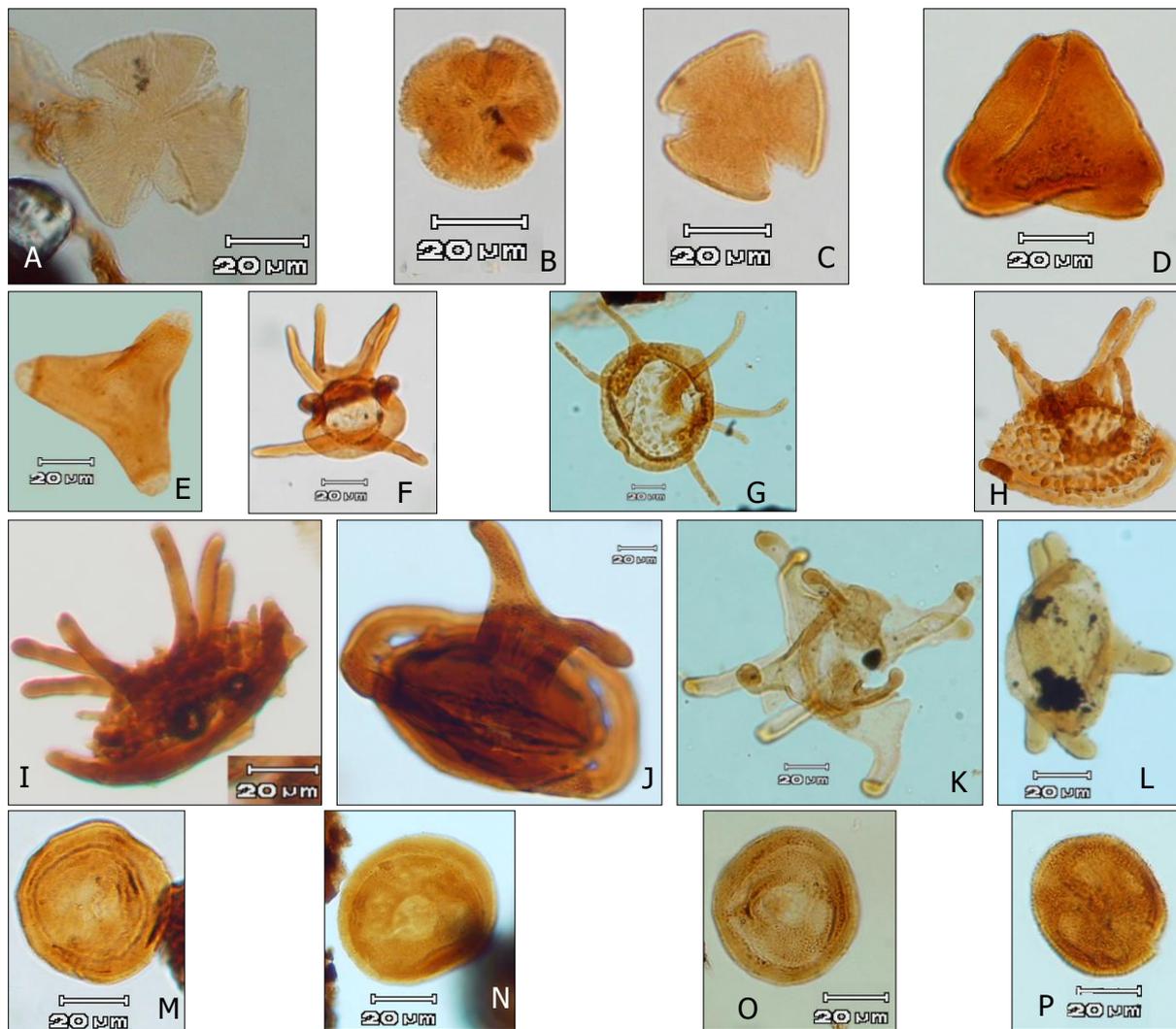
Grains de pollen isopolaires, réticulés, tétracolpés, oblés, à contour équatorial subcarré. Les sillons sont ouverts, à contour mal défini, occupant souvent les deux tiers du rayon du grain.

**Genre *Striopollenites*** : Grains de pollen de forme ovoïde, à trois sillons. L'exine est ornée d'un système de stries régulièrement espacées, formées parfois d'alignement de microgranules.

**R, S** : *Striopollenites dubius* Jardiné et Magloire, 1965

Grains de pollen de forme ovoïde, tricolpés à sillons souvent indistincts. Ils possèdent une striation grossière caractéristique, formée de digues hautes, courtes, espacées, continues ou pointillées.

## Planche 18



- A : *Tricolpites* sp. S.CI.107 Jardiné et Magloire, 1965  
 B : *Striopollenites dubius* Jardiné et Magloire, 1965  
 C : *Tricolpites* sp. S.CI.217 Jardiné et Magloire, 1965  
 D : *Triorites africaensis* Jardiné et Magloire, 1965  
 E : *Pemphixipollenites inequixinus* Stover, 1974  
 F : *Elaterosporites klaszi* (Jardiné et Magloire, 1965) Jardiné, 1967  
 G : *Elaterosporites verrucatus* (Jardiné et Magloire, 1965) Jardiné, 1967  
 H, I : *Elaterosporites protensus* (Stover, 1974) Jardiné, 1967  
 J : *Galeacornea clavis* Stover, 1963  
 K : *Elaterocolpites castelainii* forme B Jardiné et Magloire 1965  
 L : *Sofrepites legouxae* Jardiné, 1967  
 M, N, O : *Classopollis classoides* Pflug, 1953  
 P : *Classopollis spinosus* Hengreen, 1973

## Planche 18

**Genre *Tricolpites*** : Grains de pollen tricolpé, de forme subsphérique à contour triangulaire à subcirculaire. L'exine est lisse ou ponctuée. La membrane peut être lisse ou ornée.

**A : *Tricolpites* sp. S.CI.107** Jardiné et Magloire, 1965

Grain de pollen de forme ovoïde, tricolpé, à striation grossière. Les colpis sont relativement profonds.

**B : *Striopollenites dubius*** Jardiné et Magloire, 1965

Grain de pollen de forme ovoïde, tricolpé à sillons peu profond. Ils possèdent une striation grossière caractéristique formée de digues hautes courtes, espacées, continues.

**C : *Tricolpites* sp. S.CI.217** Jardiné et Magloire, 1965

Grain de pollen de forme subsphérique à contour équatorial circulaire, tricolpé. Exine lisse ou ponctuée.

**Genre *Triorites*** : Grain de pollen de forme triangulaire, cotés droits à légèrement convexes, orné de trois pores. L'exine est lisse ou ponctuée. La membrane peut être lisse ou ornée.

**D : *Triorites africaensis*** Jardiné et Magloire, 1965

Grain de pollen de forme triangulaire aux cotés droits à légèrement convexes, angles tronqués par trois ora circulaires. La membrane est scabre ou infraponctuée, épaisse, formée d'une couche interne, épaisse, s'interrompant brusquement sans amincissement au niveau des pores et d'une couche externe mince.

**Genre *Pemphinxipollenites*** : Grain de pollen isopolaire, à contour subtriangulaire concave, formé d'un corps relativement étroit et de trois ailes.

**E : *Pemphinxipollenites inequixinus*** Stover, 1974

Grain de pollen isopolaire, à contour subtriangulaire concave, formé d'un corps relativement étroit et de trois ailes dont les trois extrémités présentent chacune des capsules ou expansions plus claires par rapport au reste du corps.

**Genre *Elaterosporites*** : Organisme caractérisé par un corps ellipsoïdal plan-convexe à subhémisphérique et trois expansions ou appendices ou cornes allongées en forme de U, aux extrémités libres et implantées sur la face distale convexe. Ces expansions sont constituées

d'une médiane et deux latérales parallèlement à l'axe d'allongement du corps. La membrane de la face distale est lisse à scabre ou fortement ornée de granules, de verrues ou de longues épines. La face proximale est limitée par un bandeau annulaire continu, en lame ou en bourrelet ; plus ou moins large et épais, de largeur uniforme ou variable. Le bandeau peut se développer aux extrémités étroites du corps jusqu'à former une sorte d'appendice.

**F : *Elaterosporites klaszi*** (Jardiné et Magloire, 1965) Jardiné, 1967

Grain de pollen ellipsoïdal, à membrane lisse, à trois expansions ou cornes allongées en forme de U, bandeau annulaire bien développé en bourrelet.

**G : *Elaterosporites verrucatus*** (Jardiné et Magloire, 1965) Jardiné, 1967

Cette espèce de forme ellipsoïdal est caractérisée par trois expansions ou cornes allongées en forme de U. La membrane est ornée de verrues.

**H, I : *Elaterosporites protensus*** (Stover, 1974) Jardiné, 1967

Ces espèces de forme ellipsoïdale porte trois expansions ou cornes allongées en forme de U. Elles sont caractérisées par une ornementation très prononcée en épines longues et un bandeau annulaire en lame, de largeur variable.

**Genre *Galeacornea*** : Organisme caractérisé par un corps ellipsoïdal biconvexe et une expansion en corne bifide ou en lame sur la face distale. Le corps est entouré par un bandeau annulaire subéquatorial continu en lame ou en bourrelet, de largeur uniforme ou variable. La face proximale est légèrement à nettement convexe, formée de deux demi-secteurs séparés par un étroit sillon longitudinal.

**J : *Galeacornea clavis*** Stover, 1963

Cette espèce de forme ellipsoïdal biconvexe a une expansion en corne bifide. Le corps est entouré par un bandeau annulaire subéquatorial continu en lame, de largeur variable. La face proximale convexe est formée de deux demi-secteurs séparés par un étroit sillon longitudinal.

**Genre *Elaterocolpites*** : Grain de pollen de forme ellipsoïdale à subsphérique munis de dix appendices simples, courts, terminés en massue. Ces dix appendices dont les extrémités s'épaississent, naissent deux à deux suivant cinq lignes méridiennes et enveloppent le corps à leur base. La membrane du corps central est mince, lisse, microgranuleuse ou microréticulée.

**K : *Elaterocolpites castelainii*** forme B Jardiné et Magloire, 1965

Grain de pollen de forme ellipsoïdale à subsphérique munis de dix appendices déployés, typique à la forme B. Ces dix appendices ont des extrémités épaissies et la membrane est lisse.

### **Genre *Sofrepites***

Organisme de forme ellipsoïdale à subtriangulaire arrondie, munie de deux à cinq appendices pleins, courts, trapus, cylindriques, à extrémité arrondie. Les appendices sont situés aux extrémités de la plus grande longueur ou aux sommets d'un triangle régulier. La membrane du corps est lisse à faiblement ornée en surface, vésiculée en profondeur et est souvent plissée.

**L : *Sofrepites legouxae*** Jardiné, 1967

Cette espèce est de forme ellipsoïdale à subtriangulaire arrondie, munie de cinq appendices pleins, courts, trapus, cylindriques, à extrémité arrondie. La membrane du corps est lisse. Quatre appendices sont situés deux-deux aux deux extrémités de la plus grande et longueur, tandis que le cinquième est sur la partie latérale médiane du corps.

**Genre *Classopollis* :** Les *Classopollis* se présentent en tétrades de grains de pollen tétraédriques ou en individuel, de forme sphérique et possèdent un cryptopore circulaire sur la zone polaire distale, une cicatrice de la tétrade trifide sur la zone polaire proximale et un canal ou sillon circumpolaire subéquatorial (ceinture équatoriale) entre l'équateur et le pôle distal. Les éléments sculpturaux qui peuvent être des épines, des poils, des stries, des granules ou des bacules déterminent la sculpture infratectale et la nature de la bande équatoriale.

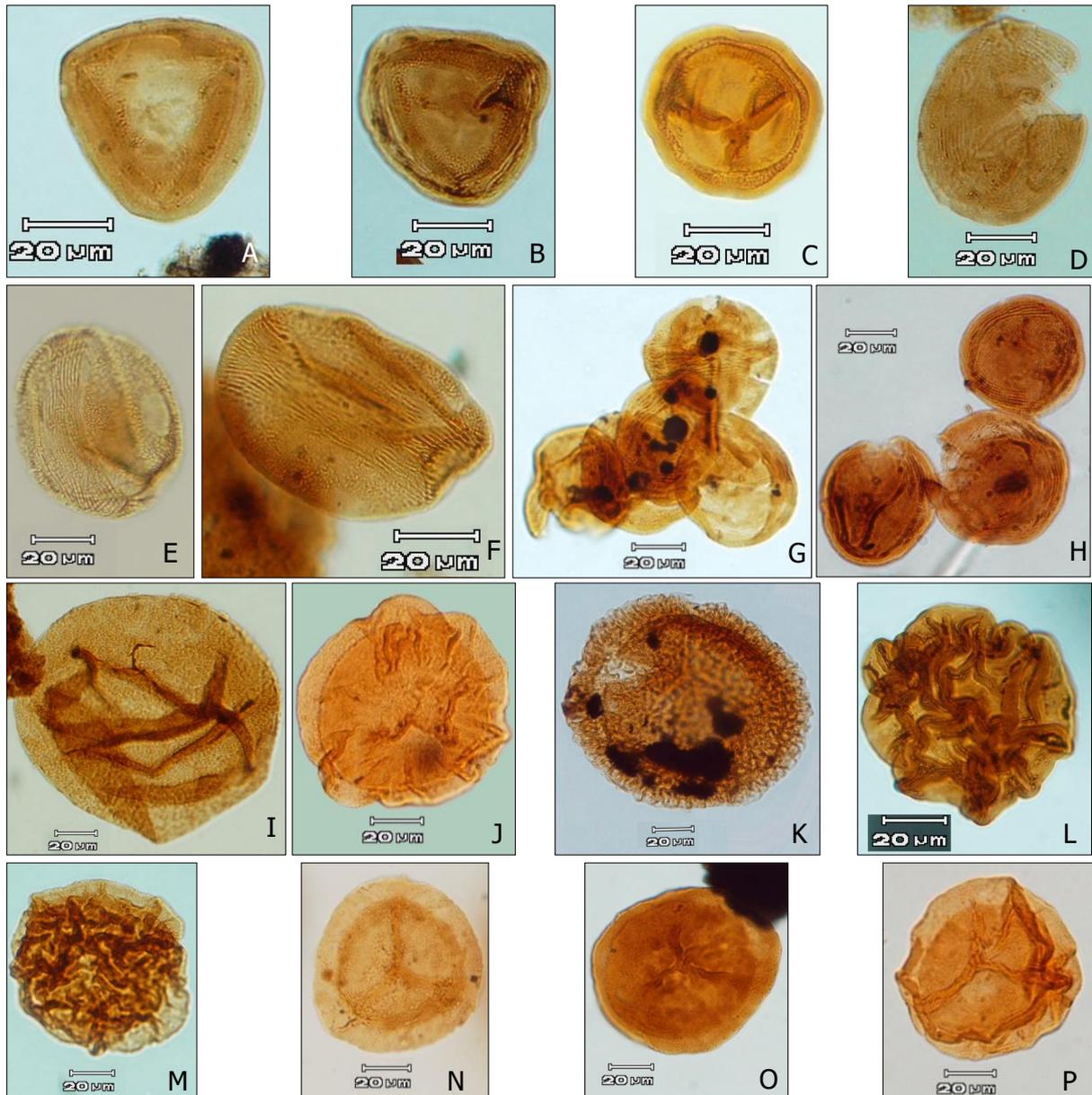
**M, N, O : *Classopollis classoides*** Pflug, 1953

Grain de pollen anisopolaires, sphérique à ovoïde, contour équatorial circulaire. Exine relativement épaisse, sculpture externe microponctuée. La ceinture équatoriale est de largeur inégale et le cryptopore est bien perceptible, occupant une aire relativement large.

**P :** *Classopollis spinosus* Herngreen, 1973

Grain de pollen sphérique, infrastructure massive de l'exine. Sculpture de type échinata, avec des stries équatoriales, absence de ceinture équatoriale. Sur cette espèce, la cicatrice trilète proximale, le pore ou crytopore et le sillon circulaire subéquatorial ne sont pas observés.

## Planche 19



**A, B** : *Classopollis triangulus* (Zhang, 1978) Lei, 1981

**C** : *Classopollis torosus* (Reissinger, 1950) Couper, 1958

**D** : *Classopollis brasiliensis* Herngreen, 1975

**E, F, G, H** : *Classopollis jardinei* Reyre *et al.*, 1970

**I** : *Granulatasporites* sp. S.CI.80 Jardiné et Magloire, 1965

**J** : *Callialasporites dampieri* (Balme, 1957) Dev, 1961

**K** : *Gabonisoris labyrinthus* Srivastava, 1972

**L, M** : *Callialasporites segmentatus* (Balme, 1957) Srivastava, 1963

**N, O** : *Densoisorites* cf. *D. microrugulatus* Brenner, 1963

**P** : *Lusatisporis dettmannae* (Drugg, 1967) Srivastava, 1972

## Planche 19

**A, B :** *Classopollis triangulus* (Zhang, 1978) Lei, 1981

Ces espèces sont caractérisées par leur contour subtriangulaire. Elles possèdent un cryptopore circulaire sur la zone polaire distale et présentent souvent une cicatrice trifide et un canal ou sillon circumpolaire subéquatorial. Des microgranules donnant un aspect microreticulé constituent les éléments sculpturaux.

**C :** *Classopollis torosus* (Reissinger, 1950) Couper, 1958

Cette espèce est de forme sphérique, microgranulée. Elle possède une cicatrice trifide atteignant les rebords équatoriaux et un canal ou sillon circumpolaire subéquatorial. Des microgranules donnant un aspect microreticulé par endroit constituent les éléments sculpturaux.

**D :** *Classopollis brasiliensis* Herngreen, 1975

Grain de pollen de grande taille, ovoïde ; exine microgranulée, large ceinture équatoriale striée. Ces stries semblent parfois s'entrecroiser. Le cryptopore n'est pas perceptible, ni le sillon circumpolaire subéquatorial.

**E, F, G, H :** *Classopollis jardinei* Reyre *et al.*, 1970

Grains de pollen en tétrade ou en pollen individuel et de forme sphérique. Elles présentent toutes une bande équatoriale striée. L'absence de sillon circulaire est très remarquable. Une cicatrice trilète proximale et un pore ou cryptopore n'ont pas été observés.

### **Genre *Granulatasporites***

**I :** *Granulatasporites* sp. S.CI.80 Jardiné et Magloire, 1965

Grain de pollen inaperturé de grande taille ; contour circulaire. Membrane très mince ornée de petites bosses ou de granules plus ou moins serrés.

**Genre *Callialasporites* :** Grain de pollen inaperturé montrant une zonation structurale due, soit à des plis concentriques, soit à la présence d'une vésicule ou périspore continue ou trilobulaire plus ou moins importante et nette.

**J :** *Callialasporites dampieri* (Balme, 1957) Dev, 1961

Grain de pollen inaperturé zoné de contour circulaire sinueux. Un corps central arrondi net et sombre est entouré d'une périspore claire, ondulée irrégulièrement et correspondant à une enveloppe. Sculpture d'aspect raboteux, d'apparence crépie présentant des plis qui sont concentriques et atteignant aussi les rebords du corps central.

**L, M :** *Callialasporites segmentatus* (Balme, 1957) Srivastava, 1963

Grain de pollen inaperturé circulaire zoné, le corps central n'est pas toujours nettement défini mais la périphérie peut être constituée d'une vésicule irrégulière et plus claire. Les éléments sculpturaux sont constitués de nombreux plis d'allure cérébroïde dans la zone circulaire interne plus sombre.

**Genre *Gabonisoris* :** Spore trilète, zonée, subtriangulaire à sphérique. Le périspore porte des éléments sculpturaux résultant en forme d'ondulations hautes et basses dessinant des zigzags.

**K :** *Gabonisoris labyrinthus* Srivastava, 1972

Spore trilète, zonée, circulaire ; marque trilète longue, atteignant les rebords du corps interne. La spore est formée de deux couches : une couche interne et une couche extérieure enveloppant le corps de la spore sous forme de hautes ou basses ondulations dessinant des zigzags. La sculpture résultant d'ondulations hautes et basses dessinant des zigzags.

**Genre *Densoisorites* :** Spore trilète à périspore, globulaire, entourée d'une périspore adhérente, intérieurement stratifiée ou irrégulièrement plissée d'une façon concentrique.

**N, O :** *Densoisorites* cf. *D. microrugulatus* Brenner, 1963

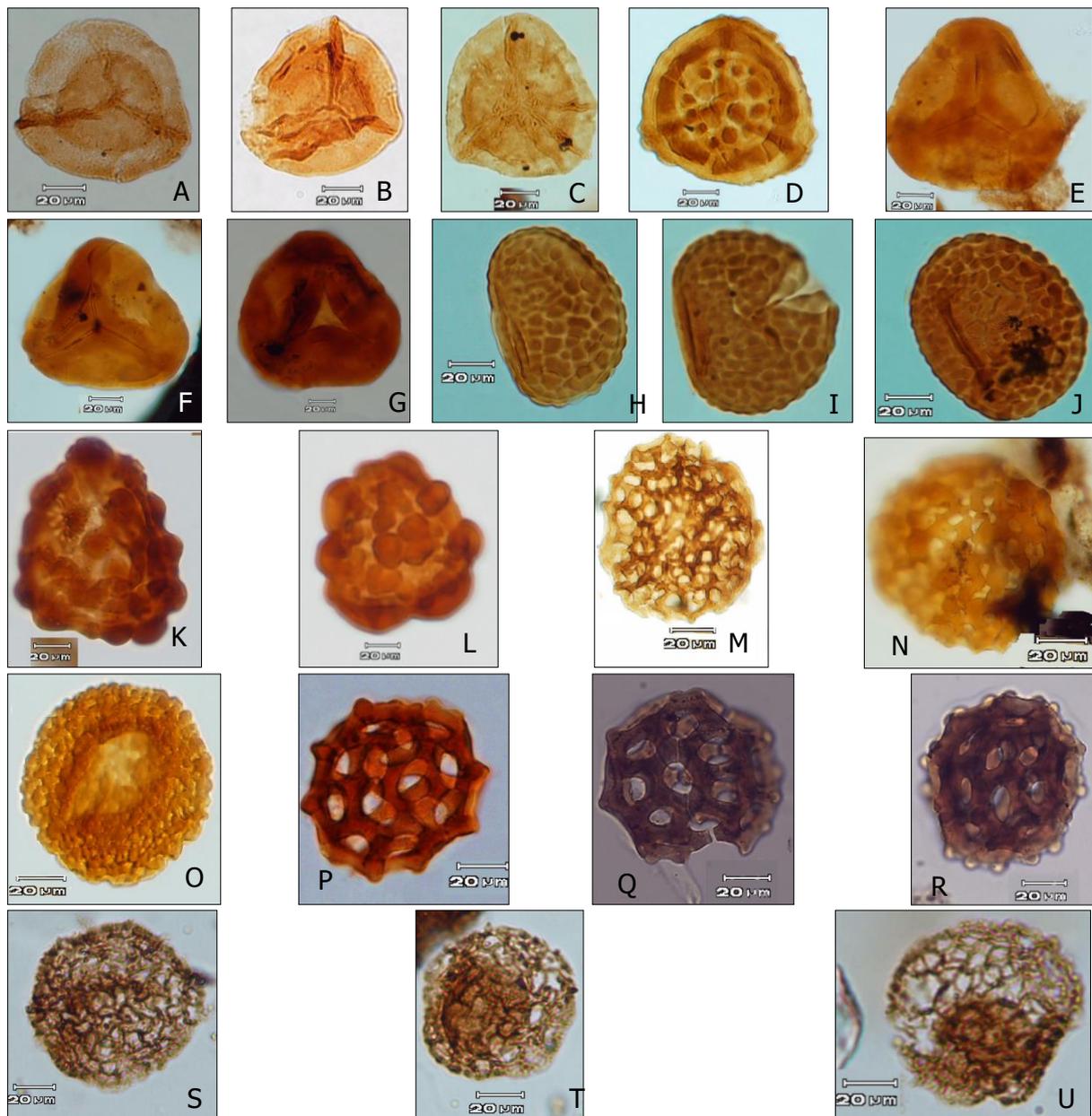
Spore trilète, globuleuse, de contour arrondi, exine fine. Le corps central plus sombre et microplissoté de la spore est entourée d'une périspore translucide adhérente au corps central. Sur la face proximale, l'extension de la marque trilète n'atteint pas la périspore et de nombreuses petites rugules sont présentes sur la membrane.

**Genre *Lusatisporis* :** Spore trilète à périspore, globulaire, entourée d'une périspore adhérente au corps central.

**P : *Lusatisporis dettmannae*** (Drugg, 1967) Srivastava, 1972

Spore trilète, biconvexe, subcirculaire à subtriangulaire. Le corps central plus sombre et microplissoté de la spore est entourée d'une périspore translucide adhérente au corps central. La marque trilète s'étend jusqu'à la périphérie de la périspore. La membrane est microponctuée à microgranuleuse.

## Planche 20



**A, B, C:** *Lusatisporis dettmannae* (Drugg 1967) Srivastava 1972

**D :** *Interulobites triangularis* Phillips et Felix 1971

**E, F, G:** *Matonisporites* sp. S.CI.56 Jardine et Magloire, 1965

**H, I, J:** *Verrucatosporites usmensis* Germeraad *et al.*, 1968

**K, L:** *Leptolepidites psarosus* Norris, 1969

**M, N, O:** *Klukisporites pseudoreticulatus* Couper, 1958

**P, Q, R:** *Buttinia andreevi* Boltenhagen, 1967

**S :** *Afropollis* spp.

**T, U :** *Afropollis* aff. *A. jardinus* Doyle *et al.*, 1982

## Planche 20

**A, B, C:** *Lusatisporis dettmannae* (Drugg, 1967) Srivastava, 1972

Spore trilète, biconvexe, subcirculaire à subtriangulaire. Le corps central plus sombre et microplissoté de la spore est entouré d'une périspore translucide adhérente au corps central. La marque trilète s'étend jusqu'à la périphérie de la périspore. La membrane est microponctuée à microgranuleuse.

**Genre *Interulobites* :** Spore trilète de contour équatorial triangulaire aux coins arrondis, aux cotés convexes et munie en vue polaire, d'un cingulum dont la largeur est égale au maximum à 1/5 du diamètre de la spore. Dans la partie centrale de la spore, on observe une ornementation souvent verruqueuse.

**D :** *Interulobites triangularis* Phillips et Felix 1971

Spore trilète de contour équatorial triangulaire aux coins arrondis, aux cotés convexes et munie d'un cingulum. Sur la surface distale, on observe des verrues ou des baculae dans la partie centrale de la spore. Sur la face proximale, la marque trilète est longue et l'ornementation proximale, lorsqu'elle est présente, consiste généralement en des verrues basses.

**E, F, G:** *Matonisorites* sp. S.CI.56 Jardine et Magloire, 1965

Spore trilète, de forme triangulaire arrondie à bords légèrement convexes. La membrane est lisse à scabre. Les rayons de la marque trilète sont bien développés et soulignés par un épaissement de la membrane.

**H, I, J :** *Verrucatosporites usmensis* Germeraad *et al.*, 1968

Grain de pollen monolète, en forme de haricot ou elliptique avec des verrues basses et des sommets arrondis sur le côté convexe distal.

**Genre *Leptolepidites* :** Spore trilète, avec un ambitus subtriangulaire à circulaire. La sculpture consiste en des verrues ou des gemmae de formes variables, distribuées uniformément sur la surface distale de la spore et s'étend sur la périphérie de la surface proximale. La surface proximale est lisse ou présente une ornementation réduite.

**K, L :** *Leptolepidites psarosus* Norris, 1969

Spore trilète, avec un ambitus subtriangulaire à circulaire et une sculpture verruqueuse grossière irrégulière. La sculpture consiste en des verrues ou des gemma de formes variables, généralement en forme de dôme avec un contour circulaire et qui est distribuée sur la surface distale de la spore s'étendant sur la périphérie de la surface proximale.

**Genre *Klukisporites* :** Spore trilète, à ambitus circulaire à subtriangulaire. La sculpture est fovéolaire à fovéo-réticulée sur la surface distale et une sculpture très réduite sur la surface proximale. La spore présente une laesurae (marque trilète) et les lumina de la sculpture fovéolée sont plus ou moins circulaires et uniforme ou non en taille. Le contour est nettement denté.

**M, N, O :** *Klukisporites pseudoreticulatus* Couper, 1958

Spores trilète, à ambitus circulaires. La sculpture est microfovéolaire à microréticulée sur la surface distale. Ces espèces présentent des lumina plus ou moins circulaires et uniformes en taille. Le contour est nettement dentelé.

**P, Q, R:** *Buttinia andreevi* Boltenhagen, 1967

Grain de pollen sphérique, réticulé, periporé et tecté, avec des pores ou des lumina de forme variable (circulaire, elliptique, oblate) d'environ 8-15 µm de large. Les muri, entre les lumina sont de 3-4 µm d'épaisseur.

**Genre *Afropollis* :**

**S :** *Afropollis* spp.

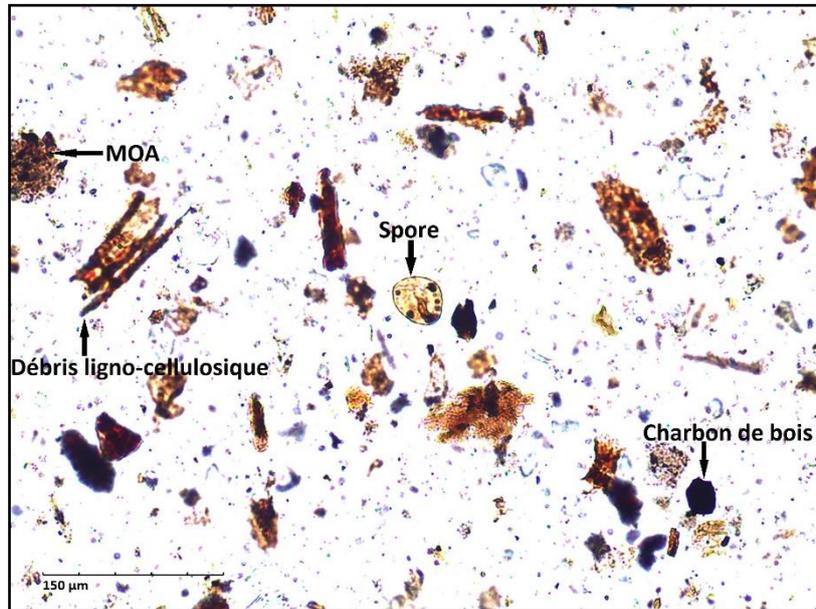
Grain de pollen sphérique, inaperturé ou hétéropolaire ou zonasulculé et à symétrie radiale, avec un sillon annulaire soit déplacé vers un pôle (hétéropolaire), soit divisant le grain en hémisphères égaux (isopolaire). Sexine non columellée, réticulée à rugulo-réticulée séparée sur la plus grande partie de la surface du grain d'une couche nexinale interne sombre et apparente à presque invisible. Corps nexinal sphérique, mince, lisse et de diamètre inférieur à la moitié de celui du grain entier. Réticulum composé de lumina polygonaux (penta- ou hexagonaux) à irréguliers de 2-5 µm de large séparés par des muri de 0,5 µm d'épaisseur. Les muri sont généralement sinueux et leur surface supérieure est segmentée en crêtes transversales simples ou coalescentes latéralement, ce qui donne aux muri un contour denté. Les lumina au

point d'attachement de la nexine à la sexine deviennent plus petits en diamètre ( $< 1 \mu\text{m}$ ) et forment une petite tache de sculpture fossilisée.

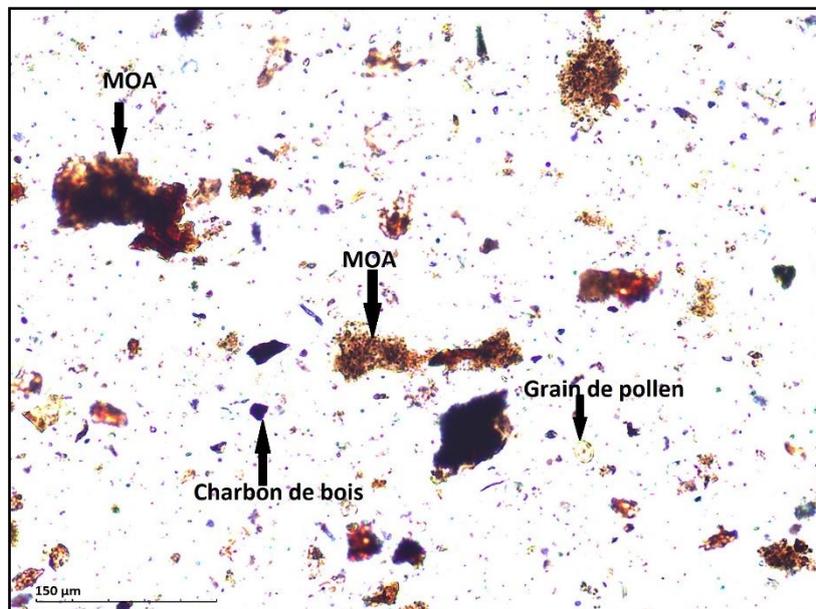
**T, U : *Afropollis* aff. *A. jardinus* Doyle et al., 1982**

Grain de pollen sphérique, inaperturé. Sexine réticulée à rugulo-réticulée. Ces espèces sont surtout caractérisées par la présence de muri plus fins, de lumina plus grands (2-7  $\mu\text{m}$ ) et de corps nexinaux sombres et plus grands, avec un diamètre supérieur à plus de la moitié de celui du grain entier.

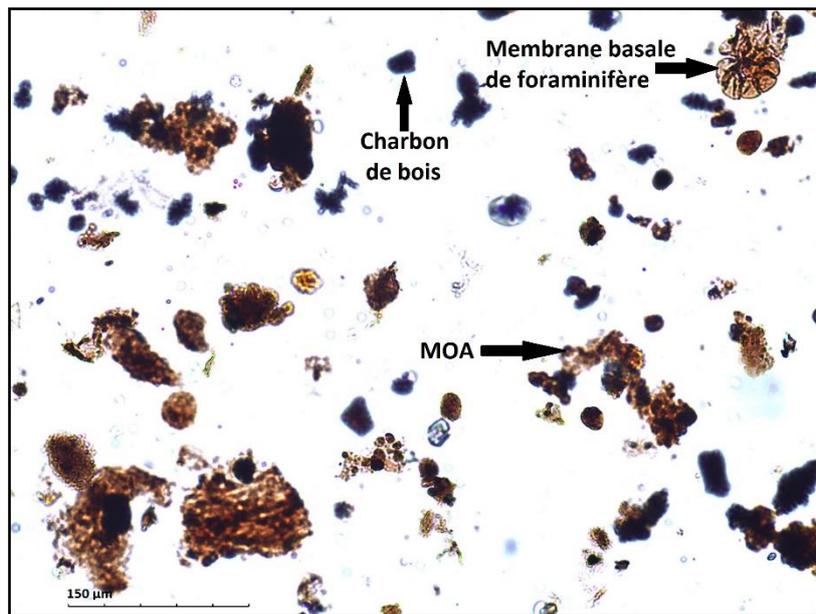
## ILLUSTRATIONS DU PALYNOFACIES



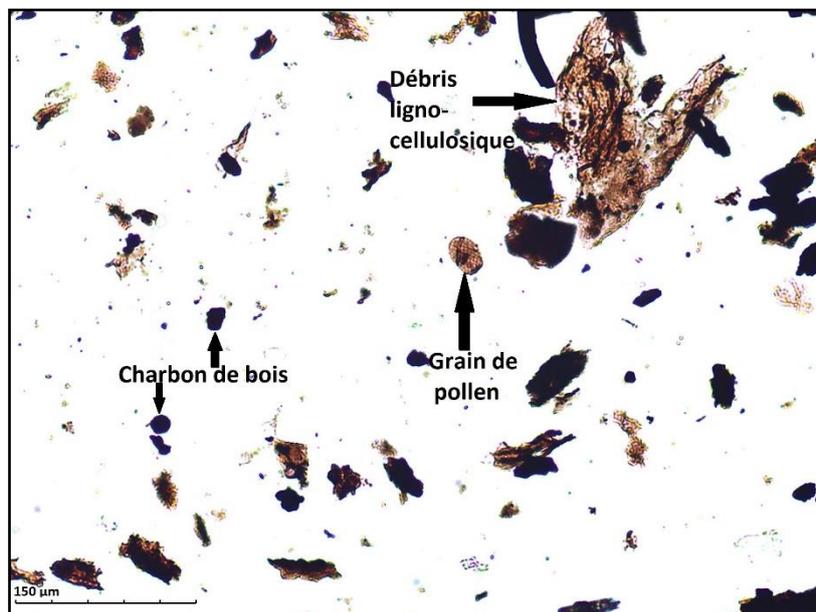
**Figure 1** : image du palynofaciès dans la carotte SW5# 7585', Lam 1, EF (*lame graticule* England Finder) O29/1 montrant différents types de particules organiques.



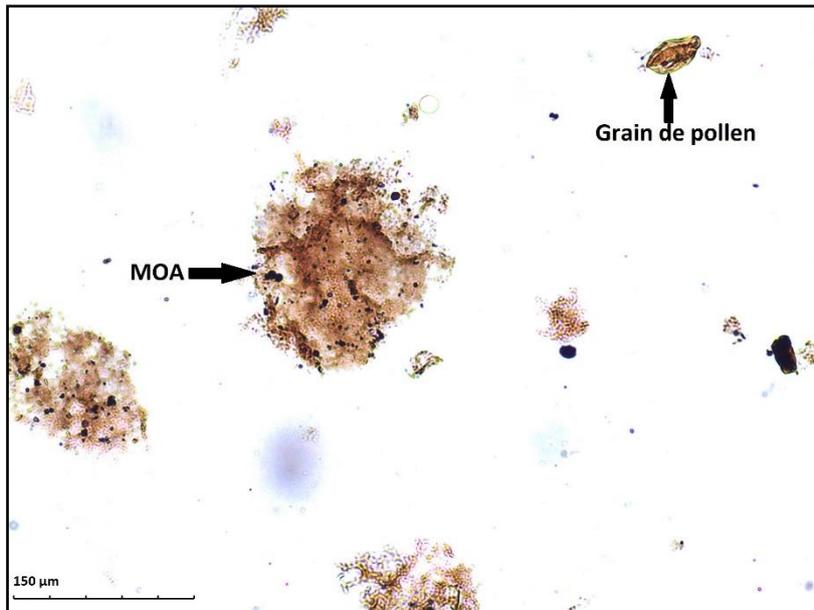
**Figure 2** : image du palynofaciès dans la carotte SW5# 7881', Lam 1, EF P30/1 montrant différents types de particules organiques.



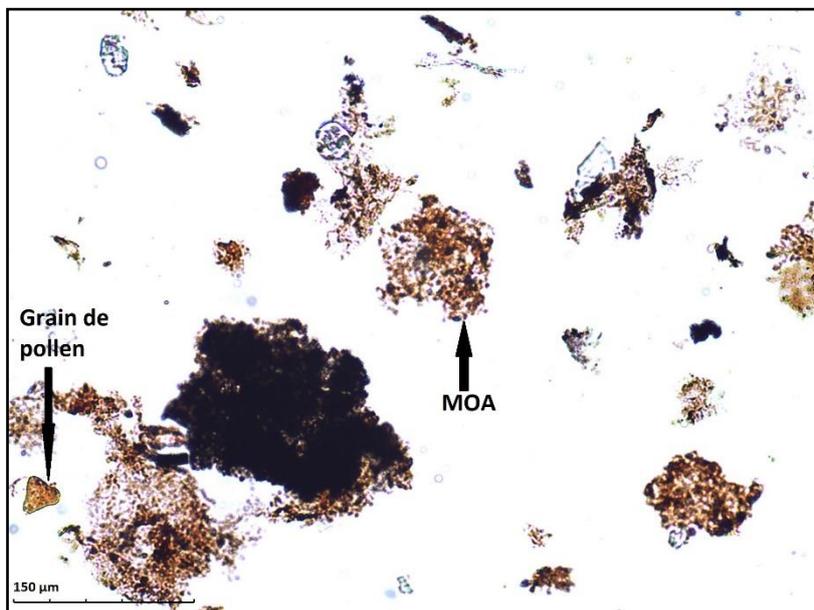
**Figure 3** : image du palynofaciès dans la carotte SW6# 8224', Lame 1, EF H31/1 montrant différents types de particules organiques.



**Figure 4** : image du palynofaciès dans la carotte SE8# 7052', Lame 1, EF S27/4 montrant différents types de particules organiques.



**Figure 5** : image du palynofaciès dans la carotte SE8# 7139', Lame 1, EF N25/2 montrant différents types de particules organiques.



**Figure 6** : image du palynofaciès dans la carotte SE8# 7251', Lame 1, EF K26/1 montrant différents types de particules organiques.

## RESUME

Les dépôts d'âge Albien-Crétacé supérieur de Côte d'Ivoire, offrent un potentiel important pour l'exploitation des hydrocarbures, car elles comportent à la fois des roches mères et des roches réservoirs. Les travaux palynologiques antérieurs menés dans ce bassin sédimentaire, et d'autres bassins marginaux du Golfe de Guinée, ont permis d'établir des échelles biostratigraphiques, opérationnelles pour l'exploitation, mais incomplètes et parfois incohérences entre elles et avec d'autres marqueurs temporels. Ce travail propose une révision complète des archives palynologiques de l'Albien et du Crétacé supérieur de Côte d'Ivoire, leur biostratigraphie, les paléoenvironnements et leur valeur pour l'exploitation pétrolière.

167 échantillons de carottes provenant de 20 sondages et un sondage de déblais de 98 échantillons, produits dans le cadre des activités de la société PETROCI, ont fait l'objet de cette étude palynologique. Le matériel a livré une diversité de kystes de dinoflagellés (46 espèces) et sporomorphes (148 espèces). Un inventaire qualitatif et quantitatif a été réalisé sur l'ensemble des échantillons.

Treize biozones ont pu être caractérisées : la palynozone PCI-I à *Cerodinium granulostriatum* du Maastrichtien supérieur ; la palynozone PCI-II à *Andalusiella ivoirensis* du Maastrichtien inférieur ; la palynozone PCI-III à *Xenascus ceratioides* du Campanien supérieur à moyen ; la palynozone PCI-IV à *Trichodinium castanea* du Campanien inférieur ; la palynozone PCI-V à *Oligosphaeridium complex* du Santonien ; la palynozone PCI-VI à *Droseridites senonicus* du Coniacien ; la palynozone PCI-VII à *Tricolpites microstriatus* du Turonien ; la palynozone PCI-VIII à *Classopollis classoides* du Cénomaniens supérieur ; la palynozone PCI-IX à *Triorites africaensis* du Cénomaniens moyen ; la palynozone PCI-X à *Elaterocolpites castelainii* de l'Albien supérieur-Cénomaniens inférieur ; la palynozone PCI-XI à *Lusatisporis dettmannae-Callialasporites dampieri* de l'Albien supérieur ; la palynozone PCI-XII à *Appendicisporites* spp.-*Elaterosporites* spp. de l'Albien moyen-supérieur et la palynozone PCI-XIII à *Callialasporites trilobatus-Afropollis* spp. de l'Albien moyen-inférieur.

L'évolution des paléoenvironnements au cours du Crétacé s'accompagne d'une réduction de la microflore d'origine continentale, dominante à l'Albien, et de l'installation de conditions marines, pour atteindre des conditions de mer ouverte au Turonien. Le développement du phytoplancton algaire d'origine marine s'amorce et évolue jusqu'au Maastrichtien. Quatre paléoenvironnements majeurs peuvent être différenciés d'après les assemblages palynologiques, en cohérence avec les données sédimentologiques : un environnement fluvio-lacustre à littoral marin est associé aux dépôts de l'Albien moyen-inférieur ; des conditions marines, néritiques internes caractérisent les dépôts de l'Albien moyen-supérieur à Cénomaniens inférieur-Albien supérieur ; un environnement néritique interne à externe va régner du Turonien au Santonien et un environnement néritique externe à bathyal supérieur caractérisant le Campanien- Maastrichtien.

Les analyses de la matière organique ont fourni des valeurs de l'Indice d'Hydrogène (IH) inférieures à 300 mg HC g/TOC dans les échantillons étudiés, et le type de kérogène indique une prédominance de matière organique de Type III susceptibles de renfermer des roches mères potentielles dans le Sénonien inférieur, Cénomaniens et Albien. Les roches mères cénomaniennes et albiennes sont matures pour la génération des hydrocarbures.

**Mots clés :** Albien-Crétacé supérieur, Palynologie, Kystes de dinoflagellés, spores et grains de pollen, Biostratigraphie, Paléoenvironnement, Palynofaciès, Bassin sédimentaire, Côte d'Ivoire.