

Fossil *Cyclotella* Species from Miocene Lacustrine Deposit of Spain

Cyclotella sp. fossiles de dépôts d'eau douce
d'âge miocène en Espagne

par

S. Servant-Vildary

Laboratoire de Géologie, 43 Rue Buffon, 75005 Paris, France

With 4 planches, 1 figure and 3 tableaux

Abstract: 27 samples from Upper Miocene diatomaceous lacustrine deposits from Spain contain a well-preserved and rich flora of triangular *Cyclotella*. Isomorphological populations evolve differently up the stratigraphic column providing three different size groups (I, II, III) which under SEM relate three different morphological types (1, 2, 3). These types are essentially differentiated by the structure of the internal alveolar openings. At the top of the stratigraphic column (sample Cekesa C) a circular *Cyclotella* appears, not very different from the triangular ones, but from SEM studies it has been placed in a fourth group which is characterized by an alternative disposition of the alveolar openings.

For *Cyclotella* genus, two principal groups are proposed, based upon the structure of the internal openings. The first is characterized by "alveolar furrows" as long as the striae and completely open on the inside of the valve, the second by small "alveolar openings". The decrease in the size of the openings is the consequence of an extension of an "internal central lamina" from the centre to the marginal part of the valve. The contact of the cell with the external environment is reduced by the development of the internal central and marginal laminae, the "alveolar canal" and the external perforated lamina (striae).

Keywords: *Cyclotella*, Miocene, Spain, Classification.

Résumé: 27 échantillons, provenant de diatomites lacustres du Miocène supérieur d'Espagne, contiennent une flore riche et bien conservée de *Cyclotella* de forme triangulaire. Ces populations isomorphes évoluent de manière différente au cours du temps selon trois groupes de taille (I, II, III) qui, grâce à une étude au microscope électronique à balayage (MEB), correspondent à trois types morphologiques (1, 2, 3). Ces trois types se différencient essentiellement par la structure des ouvertures internes. Au sommet de la colonne stratigraphique (éch. Cekesa C) une *Cyclotella* de forme circulaire apparaît, qui n'est pas en vue externe profondément différente des formes triangulaires, mais au MEB, en vue interne, elle présente une disposition alternative de deux types d'alvéoles (type morphologique 4).

On propose de séparer le genre *Cyclotella* en deux grands groupes, basés sur la structure des ouvertures internes. Le premier est caractérisé par des "sillons" ou des "chambres" alvéolaires aussi longues que les stries qui sont ainsi largement ouvertes vers l'intérieur. Le deuxième est caractérisé par des "alvéoles" de petite taille. La diminution de la taille des ouvertures est due à l'extension, du centre vers les bords, d'une "membrane centrale interne". Le contact de la cellule avec le milieu extérieur est alors réduit par la présence de cette membrane qui constitue le plancher d'un "canal alvéolaire" recouvert extérieurement



par la lame perforée externe ou "strie". Ce canal s'ouvre à l'intérieur par une alvéole située à la base de la membrane marginale.

Mots-clés: *Cyclotella*, Miocène, Espagne, Classification.

Introduction

Les diatomées décrites dans cet article proviennent du Miocène supérieur du Bassin de Hellin, Province d'Albacete en Espagne. Elles ont été récoltées par JP. Calvo et J. Gaudant dans des carrières exploitées par la Cekesa, près du barrage de Cenajo. Ces niveaux ont livré une faune constituée d'Amphibiens: *Rana* sp. et *Salamandridae* (Bellon et al. 1981) et de Crustacés *Paleomonidae*. Cette association suggère un environnement lacustre dans lequel les eaux pouvaient devenir périodiquement saumâtres. L'âge de ces couches est considéré comme Turolien supérieur: zone mammalogique MN 13 (Calvo et al. 1978).

La Flore de Diatomées

Les 27 échantillons analysés ont été prélevés sur un affleurement d'environ 30 m d'épaisseur. Ils contiennent une flore bien conservée, exclusivement composée de diatomées de forme triangulaire (Text-Fig. 1) — ech. Cekesa B, B' 25 à 1, et Cekesa A. Au sommet, ces formes triangulaires disparaissent et sont remplacées par des formes circulaires — ech. Cekesa C —.

Au microscope optique, la flore est morphologiquement très homogène, seules de grandes différences de taille apparaissent. (Pl. I, 1). Des mensurations sur 300 individus ont été effectuées dans cinq niveaux différents afin de voir si la taille des populations s'est modifiée au cours du temps (Text-Fig. 1). Trois groupes de taille ont été individualisés à la suite de ces comptages, le groupe I comprend les individus dont la mesure d'un côté du triangle est comprise entre 4 et 8 μm (Pl. I, 2), le groupe II est constitué par les individus de taille moyenne comprise entre 8 et 12 μm (Pl. I, 3), enfin le groupe III par les individus compris entre 13 et 24 μm (Pl. I, 4-6). Les proportions relatives de chacun de ces trois groupes dans les cinq niveaux étudiés sont indiquées dans la figure 1. Le groupe III est plus faiblement représenté que les groupes I et II et ce fait s'accroît à partir de la moitié supérieure de la coupe — ech. Cekesa B' 10, I, et A —. On peut dire que la taille de ces populations isomorphes varie au cours du temps et qu'il y a une tendance vers une diminution de taille vers le haut de la série diatomitique.

Description morphologique des *Cyclotella* de forme triangulaire.

Les observations microscopiques, optique (Nachet NS 400) et électronique à balayage (Jeol JSM 35C) ont permis de faire apparaître des différences essentielles dans ces associations apparemment homogènes. Ces différences de structure semblent avoir un rapport avec la taille des valves, il est ainsi possible de

dégager trois types morphologiques (1 à 3) qui correspondent aux trois groupes de taille (I à III). Les critères de différenciation reposent essentiellement sur des caractères ultrastructuraux de la valve interne. Nous pouvons dès à présent souligner le fait qu'aucune relation phylogénique n'a pu être établie entre ces trois types morphologiques car ils coexistent dans tous les niveaux, seules varient leurs proportions relatives.

Description du type morphologique 1 (Pl. I, figs 2 (a-g), 10; Pl. II figs 11-12)

Ce type morphologique caractérise les individus dont la taille est inférieure à 8 μm (groupe I). En majorité de forme triangulaire (Pl. I, 2a-e, g) certains specimens peuvent présenter des angles émoussés qui leur donnent une forme sub-ovale (Pl. I, 2f). La face valvaire comprend deux zones concentriques bien délimitées: la zone marginale est composée de stries (8-12 en 10 μm) dont la structure fine n'est pas visible en optique. La zone centrale est triangulaire ou sub-arrondie selon la forme du test, lisse ou granuleuse (Pl. I, 10). Au MEB, en vue externe, les stries sont formées de trois rangées de pores arrondis (50 en 10 μm). Les épines, lorsqu'elles sont présentes, sont coniques et s'insèrent sur les espaces hyalins (Pl. I, 10) au-dessus du foramen qui correspond à l'ouverture externe des processus renforcés marginaux (PRM). En vue interne (Pl. II, 11-12) on distingue la membrane marginale (MMI), puis une zone médiane composée de grosses côtes (C) qui séparent les chambres (Ch) dont le plafond est constitué par la lame perforée externe (stries). Les stries sont donc largement ouvertes vers l'intérieur. C'est la structure déjà écrite par Schoeman (1976) pour *C. meneghiniana* "simple alveolous completely open on the inside of the valve". Je propose d'appeler ces larges ouvertures "chambres" lorsqu'elles sont bien délimitées au centre (*C. stelligera*) et "sillons alvéolaires" lorsqu'elles suivent le tracé des stries (*C. pseudostelligera*, *C. atomus*). Dans le cas de *Cyclotella* type I, les chambres sont donc séparées par des côtes qui correspondent aux espaces hyalins externes, légèrement en relief par rapport aux stries. Dans le cas de *C. meneghiniana* par contre, les côtes correspondent à des creux ornements de pores externes. La confusion entre stries et espaces interstries, possible au MEB ne l'est plus en microscopie optique ou électronique: les processus renforcés marginaux sont portés par des côtes qui sont l'équivalent dans les deux cas des espaces interstries, qu'ils soient ou non ponctués (Håkansson 1982). Les processus renforcés marginaux sont espacés, toutes les 8 à 9 côtes, il y a un seul processus labié (PL), la zone centrale est dépourvue de toute structure.

Description du type morphologique 2 (Pl. I, figs 3, 7-9; Pl. II, figs 13-17).

Ce type morphologique s'observe chez les individus dont la taille est comprise entre 8 et 12 μm . En microscopie optique, le type 2 se distingue du type 1 par un aspect un peu plus grossier. Les stries (8-12 en 10 μm) sont formées de 3 à 6 rangées de pores, de longueur inégale (Pl. I, 8), elles peuvent dans certains cas, atteindre le centre de la valve (Pl. I, 3) ou laisser une aire centrale plus ou moins développée, lisse ou granuleuse (Pl. I, 9). Au MEB, en vue interne, l'ultrastructure des zones con-

Groupe I. Les stries sont largement ouvertes vers l'intérieur par des "chambres" ou "sillons alvéolaires" de structure simple.

Sous-Groupe Ia:

	MCI	MMI	PL	PFC	PRM		PS		FORAMEN		AIRE CENTRALE			épines	
					espacés	non espacés	= 2	> 2	complexe	simple	aréoles touchées	poros	infundibula		granules
Sous-Groupe I a :															
Cyclotella triangulaire type I	-	+	1	-	7-9	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+
C. stelligera Cl. Grun.	-	-	1	-	3-4	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-
C. glomerata Bach.	-	-	1	-	4-7	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-
C. pseudostelligera Hust.	-	-	1	-	4	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-
C. andancensis var. bauzilensis Ser.	+	+	1	-	4-6	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-
C. bomba Ser.	+	+	1	-	3-4	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-
C. andancensis var. bipolaira Ser.	+	+	1	-	3-6	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-
C. atomus Hust.	-	+	1	1	3-4	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+
C. meneghiniana Kütz.	-	+	1	1-7	-	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+
C. cryptica Can.	-	+	1	1	-	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+
C. gamma Sov.	-	+	1	1-3	-	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+
C. quillensis Bailey (Quill lake)	-	+	1	27-60	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+

Sous-Groupe Ib: Les stries ponctuées sont courtes, elles sont prolongées par des lignes d'aréoles à velum interne, disposées radialement.

Sous-Groupe I b : : Les stries ponctuées sont courtes, elles sont prolongées par des lignes d'aréoles à velum interne, disposées radialement.

C. elgeri Hust	-	+	1	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-
C. omarensis (Kuptz) Loss. M.	-	+	1	15	1-2	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-
C. shanxiensis Xie	-	+	1-2	-	5-10	-	+	-	+	-	+	-	-	+	+
Cyclo-Stephanodiscus dubius (Fricke) Hust	-	+	> 1	+	1-2	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
Cyclostephanos novae zeelandiae cleve	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	+
Cyclotella servant-vildary Mukhina	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+

Table 1: Groupe Ia

Cyclotella stelligera Cl. Grun.: - Cassie 1981 p. 327 pl. 1 n° 4 - Helmcke, Krieger Plate 827-828 - 419-420 - Busson, Ledlam, Noël (1972). Plate II n° 1-4 - Bradbury 1978. Plate 1-2 - *C. glomerata* Bach. - Plasnas 1972 fig. 8 p. 13 - Lowe 1975 p. 421 fig. 21-24 - Bradbury 1978 pl. 2 - Gasse 1980 p. 36 pl. 13 - *C. pseudostelligera* Hust. - Belcher 1965 pl. 5 - Lowe 1975 p. 421 fig. 19-20 - 22-23. Helmcke, Krieger pl. 312-313 - 740-741 - 825-826 - Klee, Steinberg sous presse pl. 2. - *C. andancensis* var. *bauzilensis* Ser. - Seriessol 1981 p. 29 fig. 22-25 - *C. bomba* Ser. - Serieyssol 1981 p. 31 pl. 3. - *C. andancensis* var. *bipolaira* Ser. - Serieyssol 1981 p. 30 pl. 5. - *C. atomus* Hust. - Helmcke, Krieger pl. 117-216 - Hasle 1962 p. 303 pl. III, V, pl. VI

n° 32 - Lowe 1975 p. 415 fig. 1-2 - Klee, Steinberg sous presse pl. I fig. d-f. - *C. meneghiniana* Kütz. - Helmcke, Krieger pl. 27 - 213-215 -739 - Planas 1972 p. 7 fig. 3 - Lowe 1975 p. 416 pl. 1 n°3-6 - Schoeman, Archibald 1976 fig. 10 - Hamar 1981 pl. 1-2 - Håkansson 1982 p. 67 pl. II n° 7-8, pl. III n° 11-13 - Klee, Steinberg sous presse pl. I fig. a. - *C. cryptica* Can. - Helmcke, Krieger pl. 738 - Schultz 1971 - Schoeman, Archibald 1976 p. 34 fig. 150-152. - *C. gamma* Sov. - Lowe 1981 p. 82 fig. 1-4. - *C. quillensis* Bail. - Battarbee et al., 1984 pl. 1.

Groupe 1b

Cyclotella elgeri Hust. - Bradbury, Krebs 1982 pl. IX. - *C. omarensis* (Kuptz) Los Mak - Gasse 1980 p. 37 pl. 12 n° 19-28 - Pl. 14-15 - Loseva 1981 p. 15 pl. 1 n° 2-8, pl. 2 n° 1-5, pl. 4 n° 1 - Loseva 1982 pl. 17 n° 1-5, 8-22, pl. 19, pl. 20 - *C. shanxiensis* Xie - Shu-qi Xie, Yu-zao Qi 1984 pl. 1-4. - *Cyclo-Stephanodiscus dubius* (Fricke) Hust. - Battarbee 1978 pl. 3 n° 2. Descourtieux-Coqueugnot 1981 pl. 1-2 - Round 1982 fig. 7-2 - *C. servant-vildary* Mukhina - Jousé, Mukhina 1978 pl. 10 n° 1-15, pl. 11, pl. 8 n° 1-2 - *Cyclostephanos novae-zeelandia* Cleve - Round 1982 pl. 1, Cassie 1981 pl. 1 n° 5-6.

centriques marginale et centrale (Pl. II, 13-16) sont identiques à celles du type 1, la zone médiane, par contre, présente une structure particulière (Pl. II, 13-14): il y a alternance entre des côtes courtes et des chambres de petite taille qui seront appelées "alvéoles" car elles sont différentes des chambres ou des sillons alvéolaires du type 1. Leur taille est en effet très inférieure à celle des stries, la réduction de taille est due comme l'indique Lowe (1975) à la présence d'une membrane marginale interne (MMI) mais aussi et surtout à la présence d'une "membrane centrale interne" (Text-fig. 1) qui s'étend du centre vers les bords; cette membrane constitue sur la face interne un plancher qui, avec la lame perforée du côté externe, délimite un "canal" qui s'ouvre à l'intérieur par l'intermédiaire des alvéoles. On assiste ici à une complication de la structure des stries par rapport au type 1, cette structure est comparable à celle que l'on trouve dans le genre *Pinnularia*. Le contact de la cellule avec le milieu environnant est fortement diminué par la présence de deux lames, séparées par un vide appelé "canal alvéolaire". A ce type de structure appartiennent de nombreuses *Cyclotella* dont *C. ocellata* pourrait être le type. Les processus renforcés marginaux sont espacés toutes les 1 à 7-8 côtes. Ils sont concentrés aux angles du triangle. (Pl. II, 16). Le processus labié unique se trouve situé près des processus renforcés marginaux. (Pl. II, 14)

Description du type morphologique 3 (Pl. I, figs 4 & 6; Pl. II, fig. 18; Pl. III).

Ce type morphologique correspond aux individus dont la taille est supérieure à 13 μm . Leur forme est triangulaire, les côtés du triangle peuvent présenter une certaine concavité qui donne à la valve une forme de coeur, certains ont une forme sub-arrondie (Pl. I, 4). En microscopie optique, la structure de ce type n'apparaît pas fondamentalement différente du type 2, mais leur grande taille permet une observation plus aisée. Des mises au point successives (Pl. I, 6) de l'extérieur 6(1) vers l'intérieur 6(4) met en évidence l'importance de la ligne sombre (Battarbee et al. 1984) qui sépare les stries en deux parties. Cette ligne correspond à la limite de la membrane marginale interne et donne la position des alvéoles qui correspondent à l'endroit où la membrane centrale s'interrompt au contact de la membrane marginale. En vue interne, la structure des alvéoles est très proche de celles du type 2, la différence réside dans la structure des côtes (Pl. III). Il existe des côtes longues et fines

Groupe II. Les stries ne sont pas largement ouvertes vers l'intérieur, présence d'un canal alvéolaire ouvert par une alvéole de structure simple, compartimentée ou complexe.

Sous-Groupe IIa = Alveole simple.

	MCI	MMI	PL	PRC	PRM		PS = 2	FORAMEN		AIRE CENTRALE						
					espacés	non espacés		complexe	simple	aréoles locuées	pores	infundibula	granules	épines		
<i>C. triangulaire</i> type 2	+	+	1	-	1-7	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+
<i>C. andancensis</i> var. <i>andancensis</i> S.	+	+	1	-	4-6	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>C. iris</i> var. <i>iris</i> Brun Her.	+	+	1	-	5-7	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+
<i>C. iris</i> var. <i>cocconeiformis</i> Brun Her.	+	+	1	-	1-2	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+	+
<i>C. pygmaea</i> Pant	+	+	1	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-
<i>C. ocellata</i> Pant	+	+	1	1-3	5-8	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-
<i>C. kutzingiana</i> Thw.	+	+	1	1	2-4	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>C. michiganiana</i> Skv.	+	+	1	1-20	4-7	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	-
<i>C. quillensis</i> B. (Medicine lake)	+	+	1	1-35	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>C. caspia</i> Grun.	+	+	1	1	2-3	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-
<i>C. comensis</i> Grun.	+	+	1	2	3-6	-	-	-	-	+	-	+	-	-	+	+

Sous-Groupe IIb = Alveole Simple Compartimentée.

Les alvéoles simples compartimentées sont peu nombreuses, elles sont délimitées par de grosses côtes portant les processus renforcés marginaux et sont compartimentées par des cloisons plus fines qui ne sont pas de véritables côtes mais des épaissements internes des espaces hyalins situés entre les stries.

<i>C. comta</i> (Ehr) Kütz.	+	+	> 1	> 30	-	+	-	+	-	+	+	-	-	-	+	-
<i>C. comta</i> <i>pliocaenica</i> Kras.	+	+	1	1-7	-	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>C. perforata</i> Her.	+	+	1	1	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>C. notata</i> Los.	+	+	1	3-5	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>C. antiqua</i> W. Sm.	+	+	> 1	30	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
<i>C. temperei</i> Per. Her.	+	+	> 1	20	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>C. astrea</i> (Ehr) Kutz.	+	+		1	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-

Table 2: Groupe IIa

Cyclotella andancensis var. *andancensis* Ser. - Ehrlich 1966 p. 316 pl. 5 n° 11-13 - Serieyssol 1981 p. 28 pl. 1-2. - *Cyclotella iris* var. *iris* Brun. Hér. - Ehrlich 1966 fig. 14-17 - Serieyssol 1984 pl. 2. *C. pygmaea* Pant. - Bradbury, Krebs 1982 pl. X. - *C. ocellata* Pant. - Lowe 1975 p. 421 fig. 15-18 - Serieyssol 1981 p. 31 pl. 6 n° 39-40 - 43-44. - *C. kutzingiana* var. *planetophora* Fricke - Serieyssol 1981 p. 32 pl. 6 n° 37-38 - 41-42. - *C. michiganiana* Skv. - Lowe 1975 p. 421 n° 13-14. - *C. quillensis* Bailey - Battarbee et al. 1984 pl. 2. - *C. caspia* Grun. - Hasle 1962 p. 299 pl. I, II-VI n° 29-30 - Jousé, Mukhina 1978 pl. 19 n° 6-9. - *C. comensis* Grun. - Pierre 1963 - Klee, Steinberg sous presse pl. 4 fig. a-b, pl. 5 fig. c-h - Battarbee 1978 pl. 2 n° 5-6.

Groupe IIb

Cyclotella comta (Ehr.) Kütz. - Helmcke, Krieger pl. 23-26 - 418 - Planas 1972 p. 12 fig. 17 - Lowe 1975 p. 416 fig. 7-10 - Klee, Steinberg sous presse pl. 4 fig. 9 - *C. comta* var. *plioacaenica* Krasske - Loseva 1981 p. 16, pl. 1 n° 38, pl. 3 n° 1-3, pl. 4 n° 2 - Loseva 1982 pl. 7 n° 7-9, pl. 8 n° 1-2, pl. 9 n° 1-4 - 7 - *C. perforata* Héribaud - Loseva 1981 p. 18 pl. 1 n° 54-56, pl. 3 n° 7-9, pl. 4 n° 4 - Loseva 1982 pl. 10 n° 33-42, pl. 12 n° 4-6, pl. 18 n° 1-2 - *C. notata* Loseva - Loseva 1981 p. 17 pl. 1 n° 44-53, pl. 2 n° 6-8, pl. 4 n° 3-5 - Loseva 1982 pl. 10 n° 1-32, pl. 11 n° 1-6, pl. 12 n° 1-3, pl. 13, n° 1-9 pl. 14 n° 1-7, pl. 15 n° 1-5 - *C. antiqua* W. Smith - Lowe 1975 p. 421 fig. 12 - Loseva 1981 p. 18 pl. 1 n° 1, pl. 4 n° 7-8 - *C. temperei* Per. Her. - Ehrlich 1969 - pl. 6 - *C. astrea* (Ehr.) Kütz. - Håkansson 1981 p. 128 pl. 13.

Sous-Groupe IIc = Differentiation des Alvéoles

Deux types d'alvéoles apparaissent: des alvéoles simples délimitées par des côtes longues et étroites, des alvéoles doubles séparées en deux par une côte courte et perpendiculaire à la valve portant les processus renforcés marginaux. L'alternance entre ces deux types d'alvéoles est irrégulière. Alvéoles simples < alvéoles complexes.

	MCI	MMI	PL	PRC	PRM		PS = 2	FORAMEN = 2	AIRE CENTRALE						
					espacés	non espacés			complexe	simple	aréoles localées	pores	infundibula	granules	épinés
<i>C. triangulaire</i> type 3	+	+	1	-	1-6	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+1
<i>C. iris</i> var. <i>charetoni</i> Ser.	+	+	1	-	1-2	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>C. iris</i> var. <i>combrierensis</i> Ser.	+	+	1	-	2-4	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+
<i>C. striata</i> (River Thames)	+	+	1	1-3	1-2	-	-	+	-	+	-	-	-	-	+

Alvéoles complexes > alvéoles simples

La différenciation des deux types d'alvéoles est plus nette et l'alternance entre les deux est plus régulière..

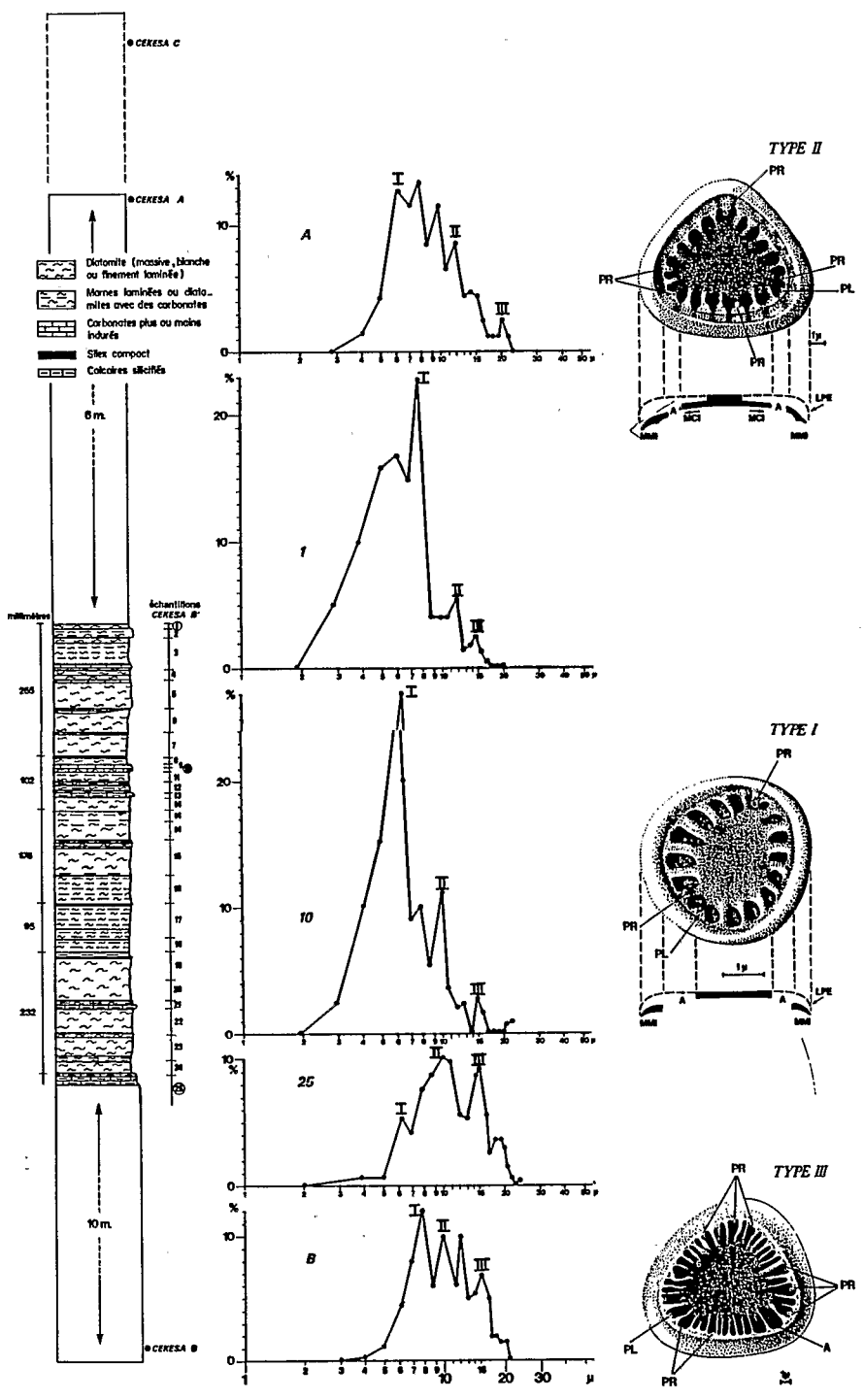
Alvéoles complexes > alvéoles simples

La différenciation des deux types d'alvéoles est plus nette et l'alternance entre les deux est plus régulière.

<i>C. circulaire</i> Type 4	+	+		-	1-3	-		-	+	-	±	-	-	±	-
<i>C. striata</i> (Kütz.) Grun.	+	+	> 1	-	1-2	-		+	-	-	-	-	-	+	+
<i>C. trichonidea</i> Ec.Am.	+	+	>	1-4	1-2	-	+	-	-	+	-	-	+	+	+

Table 3: Groupe IIc

C. iris var. *charetoni* Ser. - Serieyssel 1984 pl. 4 n° 49-52 - *C. iris* var. *combrierensis* Ser. - Ehrlich 1966 pl. V n° 14-17 - *C. striata* (Kütz.) Grun. (River Thames) - Battarbee et al. 1984 pl. 4 - *C. trichonidea* Ec. Am. Economou-Amilli, 1982, 19 fig. *C. striata* (Kütz.) Grun. - Helmcke, Krieger pl. 118 - 742-744 - Hasle 1962 pl. VII n° 33-35 - Håkansson 1981, pl. II n° 9-10, pl. III n° 14-15, pl. IV n° 17-18.



dont la direction est parallèle à celles de la valve, et des côtes courtes et perpendiculaires à la valve (Pl. III, 20-24). Ce sont ces dernières qui portent les processus renforcés marginaux. Comme dans le type 2, les PRM sont concentrés dans les angles du triangle, mais on en trouve aussi quelquefois sur les côtés, ce qui amène le nombre des PRM à 1 toutes les 1 à 6 côtes. Cette différenciation des côtes conduit à une différenciation des alvéoles. On distingue des alvéoles simples délimitées par les côtes longues et des alvéoles doubles ou complexes délimitées par des côtes longues mais séparées en deux parties par des côtes courtes qui portent les processus. Cette disposition est tout à fait comparable à celle de *C. iris* var. *charetoni* et *C. iris* var. *combiereensis* (Serieyssol 1984). L'alternance entre les alvéoles simples et les alvéoles doubles se fait de manière irrégulière, elle annonce une structure comparable, caractéristique de *C. striata* où la seule différence réside dans le fait que l'alternance est plus régulière, conséquence de l'augmentation du nombre des alvéoles complexes, c'est le type de structure que nous retrouvons dans les *Cyclotella* circulaires qui apparaissent au sommet de la série et que nous allons décrire maintenant.

Description du type morphologique 4 (Pl. IV)

Les *Cyclotella* circulaires constituent l'espèce dominante de l'échantillon Cekesa C situé au sommet de la coupe de Cenajo. Elles mesurent entre 15 et 40 μm , les stries sont au nombre de 8 à 12 en 10 μm . En microscopie optique sa structure apparaît très proche de celle des *Cyclotella* triangulaires (Pl. 1, 5). Au MEB, un exemplaire érodé (Pl. IV, 25) et des vues internes (Pl. IV, 28-29) permettent de voir que la structure interne correspond aux groupes 2 et 3, caractérisés par la présence d'une membrane interne centrale. Les côtes sont de deux types, des côtes longues et des côtes courtes que l'on aperçoit par transparence à travers la membrane marginale interne. Ce sont ces côtes courtes qui portent les PRM, comme dans le type 3, mais ici l'alternance présente une certaine régularité (2D, 1S, 1D, 1S, 2D, ou 1S, 5D, 1S, 1D, 1S). Cette disposition est tout à fait comparable à celle de *C. striata*, qui a été décrite par Håkansson (1982), où l'alternance alvéoles simples/alvéoles doubles est encore plus régulière (2D, 1S, 1D, 1S, 2D).

Remarque: La complication de la structure des alvéoles des types 3 et 4 réside dans la différenciation en deux types d'alvéoles qui alternent plus ou moins régulièrement. Cette complexité est différente de la structure observée dans le groupe des *C. comta*. Dans ce cas, les alvéoles sont d'un seul type, en nombre plus réduit que les stries, elles sont délimitées par des côtes longues portant toutes un processus, et elles sont cloisonnées ou compartimentées par des cloisons secondaires qui ne sont que des épaissements internes des espaces interstries. Ces cloisons secondaires ne portent pas de processus, elles n'ont ni le même rôle, ni la même origine que les petites côtes portant les processus du groupe des *C. striata*. Je propose d'appeler ce type d'alvéoles "alvéoles compartimentées" pour les différencier des "alvéoles complexes" ou doubles des *C. striata*.

Discussion

L'examen de ce matériel fossile fait apparaître que la forme générale du test ne peut être considérée comme un critère suffisant pour les déterminations spécifiques. Une même espèce peut présenter des formes variées mais il semble que des espèces différentes peuvent avoir des formes très voisines. Le milieu joue un rôle prédominant dans les cas d'isomorphie en modifiant les caractères adaptatifs, mais n'agit pas sur les caractères spécifiques, ce sont donc ces derniers qu'il est nécessaire de mettre en évidence. L'étude des *Cyclotella* fossiles nous a permis d'établir une hiérarchisation de ces caractères, ces données comparées à celles des études antérieures fournissent une base pour une classification morphologique plus simple mais non phylogénique.

Dans les tableaux, on trouvera un essai de classification du genre *Cyclotella* en deux grands groupes basés sur l'absence (groupe I) ou la présence (groupe II) d'une membrane centrale interne, (colonne 1, MCI). Dans le groupe I, la lame perforée externe est le seul constituant de ce qui est couramment appelé "stries", c'est la structure la plus simple; dans le sous groupe Ib, les stries sont limitées au manteau, elles sont prolongées par des aréoles loculées disposées radialement, identiques au genre *Stephanodiscus*. Dans le groupe II, l'apparition de la membrane centrale interne conduit à une complication de la structure des "stries" qui comprennent la lame perforée externe, et un plancher séparé par un canal alvéolaire s'ouvrant par une alvéole de petite taille. Les alvéoles sont simples (groupe IIa) compartimentées par des épaissements hyalins (groupe IIb) ou différenciées (groupe IIc).

Conclusion

Après *C. austriaca* (Perag.) Hust., *C. iris* var. *ovalis* Brun et Her., *C. iris* var. *cocconeiformis* Brun et Her., *C. iridoides* Manguin, *C. widerkekrii* Werner, *C. trichonidea* Economou, les *Cyclotella* triangulaires d'Espagne représentent la septième forme de *Cyclotella* non-circulaires connues jusqu'à présent. Les formes non circulaires ne semblent pas restreintes aux époques anciennes comme l'atteste la présence de *C. widerkekrii* et *C. trichonidea* dans des lacs actuels. Les associations monospécifiques bien que rares, existent cependant: au Tchad une flore à *Campylo-discus clypeus* matérialisait un épisode de remontée d'une nappe phréatique chargée en sulfate et chlorure de sodium vers 12000 ans BP, en Turquie, une flore monospécifique à *Melosira trilobée* (Servant-Vildary & Paicheler, en préparation) matérialise un environnement miocène extrême, attesté par une faune et une flore particulières.

Remerciements

Je remercie très vivement le Pr. F.E. Round d'avoir accepté de corriger le manuscrit et Messieurs Ross, Schoeman et Klee pour les échanges intéressants et utiles que nous avons eus sur ce sujet.

Références

- BATTARBEE, R.W. (1978) - Observations on the recent history of Lough Neagh and its drainage Basin. Philos. trans. Royal Soc. of London. **281**(981), 303-345.
- BATTARBEE, R.W., C.M. KEISTER & J.P. BRADBURY (1984) - The frustular morphology and taxonomic relationship of *Cyclotella quillensis* Bailey. D.G. Mann (ed.), Proc. 7th. Int. Symp. Recent Fossil Diatoms, Philadelphia 1984, Koeltz Publ., 173-184.
- BELCHER, S.H., E.M.F. SWALE & J. HERON (1965) - Ecological morphological observations on a population of *Cyclotella stelligera* Hust. J. Ecology **54**, 335-340.
- BELLON, H., G. BIZON, J.P. CALVO, E. ELIZAGA, J. GAUDANT & N. LOPEZ-MARTINEZ (1981) - Le volcan du Cerro del Monagrillo (Province de Murcia): âge radiométrique et corrélations avec les sédiments néogènes du bassin de Hellin (Espagne). C.R. Acad. Sc. Paris **292**, 1035-1038.
- BRADBURY, J.P. & W.N. KREBS (1982) - Neogene and Quaternary lacustrine diatoms of the Western Snake River Basin Idaho Oregon. U.S.A. Acta Geol. Acad. Scient. Hungaricae **25**(1-2), 97-122.
- BRADBURY, J.P. (1978) - A paleolimnological comparison of burntside and Shagawa lakes northeastern Minnesota - Ecological Res. Ser. EPA - 600/3.78.004.
- BUSSON, G., S. LUDLAM & D. NOEL (1972) - L'importance des diatomées dans les dépôts actuels varvés (alternance des couches annuelles) de Green Lake (près Fayetteville NY) modèle de sédimentation confinée. C.R. Acad. Sc. Paris **274**, 3044-3047.
- CASSIE, V. (1982) - The living and fossil freshwater diatom flora of New Zealand. In: R. Ross (ed.), Proc. 6th Int. Symp. Recent fossil Diatoms, Budapest 1982, Koeltz Publ. 321-338.
- CALVO, J.P., E. ELIZAGA, N. LOPEZ MARTINEZ, F. ROBLES & J. USERA (1978) - El mioceno superior continental del Prebético externo: evolución del Estrecho nordbético. Bol. Geol. min. **89**(5), 407-426.
- DESCOURTIEUX-COQUEUGNIOT, C. (1981) - *Stephanodiscus dubius* (Fricke) Hustedt: étude en microscopie optique et en microscopie électronique. Bull. Soc. Linnéenne Lyon **8**, 244-249.
- ECONOMOU-AMILLI, A. (1979) - Two new taxa of *Cyclotella* Kützing from lake Trichoncis Greece. Nova Hedwigia (1 + 2): 467-472.
- ECONOMOU-AMILLI, A. (1982) - SEM studies on *Cyclotella trichonidae* (Bacillariophyceae). Arch. Hydrobiol., Suppl. **63**(1), 25-34.
- EHRlich, A. (1966) - Contributions à l'étude des gisements volcano-lacustres à diatomées de la région de Rochessaive et de Saint Bauzile (Ardèche). Bull. Soc. Géol. France Ac. Sc. Paris **268**, 2556-2558.
- EHRlich, A. (1969) - Révision de l'espèce *Cyclotella temperei* Peragallo et Héribaud. Examen comparé aux microscopes photonique électronique et électronique à balayage. Cah. Micropaleont. **1**, 11 p.
- GASSE, F. (1980) - Les diatomées lacustres plio-pleistocènes du Gadeb (Ethiopie) Systématique, Paléoécologie, biostratigraphie. Revue Algologique, H.S. **3**, 249 p.
- HÅKANSSON, H. (1981) - *Stephanodiscus Ehrenberg* 1846. Nova Hedwigia **35**, 117-137.
- HÅKANSSON, H. (1982) - Taxonomical on four diatom taxa from an ancient lagoon in Spjälko, South Sweden. Rapport från diatomé symposium i Lund, Maj 1981. Univ. of Lund, Dept. of Quaternary Géology, Report **22**, 1982.
- HAMAR, J. (1981) - The influence of Impoundment on the phytoplankton in the Tisza River, Hungary. In: R. Ross (ed.), Proc. 6th Symp. Recent Fossil Diatoms, Budapest 1982, Koeltz publ.: 435-444.
- HASLE, G.R. (1962) - Three *Cyclotella* species from marine localities studied in the light and elect on microscopes. Nova Hedwigia **4**(3-4), 299-307.
- HELMCKE, J.C. & W. KRIEGER (1953-1970) - Diatomeenschalen im elektronenmikroskopischen Bild. Cramer, Weinheim, Germany **1-7**.
- JOUSE, A.P. & V.V. MUKHINA (1978) - Diatom units and the paleogeography of the black sea in the late Cenozoic (DSDP leg 42B). Init. Rep. D.S.D.P. **42**(2), 903-949.
- KLEE, R. & C.E.W. STEINBERG (1984) - Attempt to classify selected *Cyclotella*-taxa from different central european habitats. In: M. Ricard (ed.), Proc. 8th Int. Symp. Recent Fossil Diatoms, Paris 1984, Koeltz (publ.): 000-000.
- LOSEVA, E.I. (1981) - The valve ultrastructure of some fossil *Cyclotella* species. In: R. Ross (ed.), Proc. 6th Int. Symp. Recent Fossil Diatoms, Budapest 1982, Koeltz (publ.): 15-26.
- LOSEVA, E.I. (1982) - Atlas des diatomées du Pliocène de Prikamie. INQUA Moscou 1982. Leningrad Sciences Académie. Department de l'Institut de Géologie 204 p. (en russe).
- LOWE, R.L. (1975) - Comparative ultrastructure of the valve of some *Cyclotella* species (Bacillariophyceae). J. Phycol. **11**, 415-424.

- LOWE, R.L. (1981) - The frustular morphology and distribution of *Cyclotella gamma* Sov. (Bacillariophyceae) Proc. Iowa Acad. Sci. **88**(2), 82-84.
- Mac FARLAND, B.H. & C.B. COLLINS (1978) - A key to the species of the diatom genus *Cyclotella* (Kütz.) Bréb. based on new morphological data. Proc. 26th An. Meeting North American Benthological Soc., Univ. Manitoba Winnipeg, Canada., 00-00.
- MARGALEF, R. (1953) - Observaciones paleocológicas y geocronológicas sobre los sedimentos lacustres miocénicos de Hellin (Albacete). Mem. y comunicaciones X. Inst. Géol. Consejo sup. Investig. científ. 53-72.
- PIERRE, J.F. (1969) - Sur quelques *Cyclotella* à contour elliptique Revue-Algologique **3**, 294-296.
- PIERRE, J.F. (1974) - Contribution à l'étude des diatomées de quelques dépôts carbonatés actuels hydrothermaux et lacustres de l'Afghanistan central. Bull. Ac. Soc. Lorraine Sc. **13**(1), 000-000.
- PLANAS, D. (1972) - Estudio al microscopio electrónico de algunas diatomeas centrales del género *Cyclotella*. Acta Phytotaxonomia Bancinonensis **9**, 5-7.
- REIMANN, B.E.F., J.C. LEWIN & R.R.L. GUILLARD (1963) - *Cyclotella cryptica* a new brackish-water diatom species. Phycologia **3**, 75-84.
- ROUND, E.E. (1970) - The delimitation of the genera *Cyclotella* and *Stephanodiscus* by light microscopy transmission and reflecting electron microscopy. Nova Hedwigia **31**, 591-601.
- ROUND, F.E. (1982) - *Cyclostephanos* - a new genus within the Sceletonemaceae. Arch. Protistenk. **125**, 323-329.
- SCHOEMAN, F.R. & R.E.M. ARCHIBALD (1976) - *Cyclotella meneghiniana* Kützing. In: The diatom flora of southern Africa. CSIR. Special Report. WAT **50**.
- SCHULTZ, M.E. (1971) - Salinity related polymorphism in the brackish water diatom *Cyclotella cryptica*. Canadian J. Botany. **49**, 1285-1289.
- SERIEYSSOL, K.K. (1981) - *Cyclotella* species of late miocene age from ST Bauzile France. In: R. Ross (ed.), Proc. 6th Int. Symp. Recent Fossil Diatoms, Budapest 1980, Koeltz (publ.), 27-42.
- SERIEYSSOL, K.K. (1984) - *Cyclotella iris* Brun. et Héribaud. In: D.G. Mann (ed.), Proc. 7th Int. Symp. Recent Fossil Diatoms, Philadelphia 1982, Koeltz (publ.): 197-212.
- TAKANO, H. (1976) - Scanning electron microscopy of diatoms. I. *Cyclotella striata* (Kütz.) Grunow. Bull Tokai Reg. Fish. Lab. **86**, 51-57.
- QI, Y.-Z. & S.-Q. XIE (1984) - Light, Scanning and transmission electron microscopic studies on the morphology and taxonomy of *Cyclotella shanxiensis* nov. sp. In: D.G. Mann ed., Proc. 7th Int. Symp. Recent Fossil Diatoms, Philadelphia 1982, Koeltz (publ.): 185-196.

Legende des Planches

Planche I

Figs 1 à 6. Microscopie photonique. - Fig. 1. Population de *Cyclotella* de forme triangulaire, telle qu'elle se présente dans tous les niveaux. - Fig. 2. Type I (4-8 μm). - Fig. 3. Type II (8-12 μm). - Fig. 4. Type III (12-24 μm). - Fig. 5. Type IV forme circulaire (15-40 μm). - Fig. 6. III mises au point successives de l'extérieur (1) vers l'intérieur (4). a: alvéoles, c: côtes, mci: membrane centrale interne, mmi: membrane marginale interne.

Figs 7 à 10: M.E.B. - Figs 7-8. Type morphologique 2, vue valvaire externe.- Fig. 9. Type morphologique 2, vue latérale, foramen simple (flèche) situé sur les espaces hyalins entre les stries, aire centrale réduite, granuleuse. - Fig. 10. Type morphologique 1, épines coniques situées sur les espaces hyalins.

Planche II

Figs 11 à 18. M.E.B. - Figs 11-12. Vue interne Type morphologique 1. pl: processus labié, Pr: processus renforcé, ch: chambres, c: côtes. - Figs 13-14. Vue interne Type morphologique 2, a: alvéoles. - Fig. 15. Coupe transversale montrant la membrane centrale interne qui délimite un canal alvéolaire s'ouvrant par une alvéole de petite taille par rapport aux stries. Processus renforcés marginaux flanqués de trois pores satellites. - Fig. 17. Vue externe et interne Type 2. - Fig. 18. Vue externe Type morphologique 3, lame perforée externe érodée laissant apparaître le canal alvéolaire correspondant aux 2/3 de la longueur des stries, fermé du côté interne par la membrane centrale interne et communiquant vers l'intérieur par les alvéoles.

Planche III

Figs 19 à 20. M.E.B. Type morphologique 3. - Fig. 19. Détail vue externe frustule érodé. - Fig. 20. Alvéoles vue de face. - Figs 21-24. Vue interne montrant la position des processus renforcés marginaux sur les côtes de petite taille. Cl: côtes longues, cp: côtes petites.

Planche IV

Figs 25 à 29. M.E.B. Type morphologique 4. - Figs 25-26. Vue externe érodée. On voit nettement la membrane centrale interne (1/2 longueur totale des stries), les alvéoles de petite taille, la membrane marginale interne (1/3 longueur totale des stries). - Fig. 27. Microscopie optique. - Figs 28-29. Vue interne montrant la disposition régulière des alvéoles simples (AS) et des alvéoles doubles (AD) délimitées par des côtes longues et séparées par des côtes courtes qui portent les processus renforcés. cl: côtes longues, cc: côtes courtes, pr: processus renforcés marginaux.

