

# LE PLIO-QUATERNAIRE ANCIEN DU TCHAD : ÉVOLUTION DES ASSOCIATIONS DE DIATOMÉES, STRATIGRAPHIE, PALÉOÉCOLOGIE

S. SERVANT-VILDARY

*Géologue de l'ORSTOM  
24, rue Bayard, Paris-8<sup>e</sup> France*

## RÉSUMÉ

La microflore à Diatomées du Plio-Pléistocène ancien du Tchad est caractérisée par la présence en proportion variable de Pennales spécifiquement et morphologiquement identiques aux espèces actuelles et de Centrales comprenant des espèces disparues ou morphologiquement archaïques par rapport aux espèces correspondantes actuelles. Les Centrales permettent de définir des repères biostratigraphiques qui constituent pour le moment les seuls éléments de corrélation dans le cadre du Bassin du Tchad. Les Pennales permettent de définir les épisodes au cours desquels les lacs étaient proches de l'assèchement.

Les informations stratigraphiques fournies par les Diatomées permettent d'établir une coupe schématique des dépôts cénozoïques sur une distance de l'ordre de 600 km. L'interprétation de cette coupe met en évidence l'existence de mouvements de subsidence et de déformations néotectoniques de faible amplitude relative, suivant l'axe Nord-Sud qui est considéré. Cette coupe apporte en outre des informations sur les conditions de gisement des nappes souterraines.

## ABSTRACT

The Diatom microflora of the ancient Plio-Pleistocene of Chad is characterized by the presence, in variable proportions, of Pennales specifically and morphologically identical to the present day species and of Centrales comprising species which have

disappeared or which are morphologically archaic in relation to the corresponding present day species. The Centrales enables one to determine biostratigraphic guide marks which now constitute the only elements of correlation in the limits of the Chadian basin. The Pennales enables one to determine episodes during which the lakes were nearly dry.

Stratigraphic date provided by the Diatoms enables one to draw up a schematic section of the Cenozoic deposits for a distance of about 600 km. The interpretation of this section clearly shows the existence of subsidence movements and of neotectonic deformations of a weak relative amplitude, according to the considered N-S axis. Besides, this section gives data concerning the stratum conditions of the underground nappes.

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Mikroflora mit Diatomeen des alten Plio-Pleistozäns des Tschads ist charakterisiert durch die Gegenwart-in unterschiedlichen Proportionen von Pennalen, die spezifisch und morphologisch identisch sind mit den heutigen Arten und von Zentralen, die verschwundene oder morphologisch archaische Arten im Verhältnis zu den heute entsprechenden enthalten. Die Zentralen erlauben es, die biostratigraphischen Orientierungspunkte zu definieren, die im Augenblick die einzigen Korrelationselemente im Tschadbecken bilden.

Die Pennalen erlauben es, die Episoden, im Laufe deren die Seen nahe am Austrocknen waren, zu bestimmen.

Die stratigraphischen Informationen, die durch die Diatomeen erbracht sind, erlauben es, einen schematischen Schnitt der känozoischen Ablagerungen über eine Entfernung von etwa 600 km herzustellen. Die Erklärung dieses Schnittes zeigt das Vorhandensein von Senkungsbewegungen und neotektonischen Deformationen von relativer, schwacher Amplitude, die der betrachteten Nord-Südachse folgen. Dieser Schnitt gibt ausserdem Auskunft über die Existenzbedingungen der unterirdischen Decke.

#### РЕЗЮМЕ

Диатомовая микрофлора древнего плио-плейстоцена в пределах Чада характеризуется наличием, в изменчивой пропорции, Пеннальных, в видовом и морфологическом отношении тождественных современ-

ным видам, и Центральных, включающих вымершие и морфологически архаические виды по сравнению с соответствующими современными видами. Центральные позволяют установить биостратиграфические ориентиры, составляющие, до сего времени, единственные элементы корреляции в пределах Чада бассейна. Пеннальные дают возможность определить эпизоды в течение которых озёра были близки к высыханию.

Полученные благодаря диатомеям стратиграфические данные позволяют установить схематический разрез кенозойских отложений на протяжении примерно 600 км. Интерпретация этого разреза выявляет погружения и неотектонические деформации слабой сравнительной амплитуды, вдоль изучаемой северо-южной оси. Разрез этот кроме того позволяет получить информацию относительно условий залегания пласта грунтовой воды.

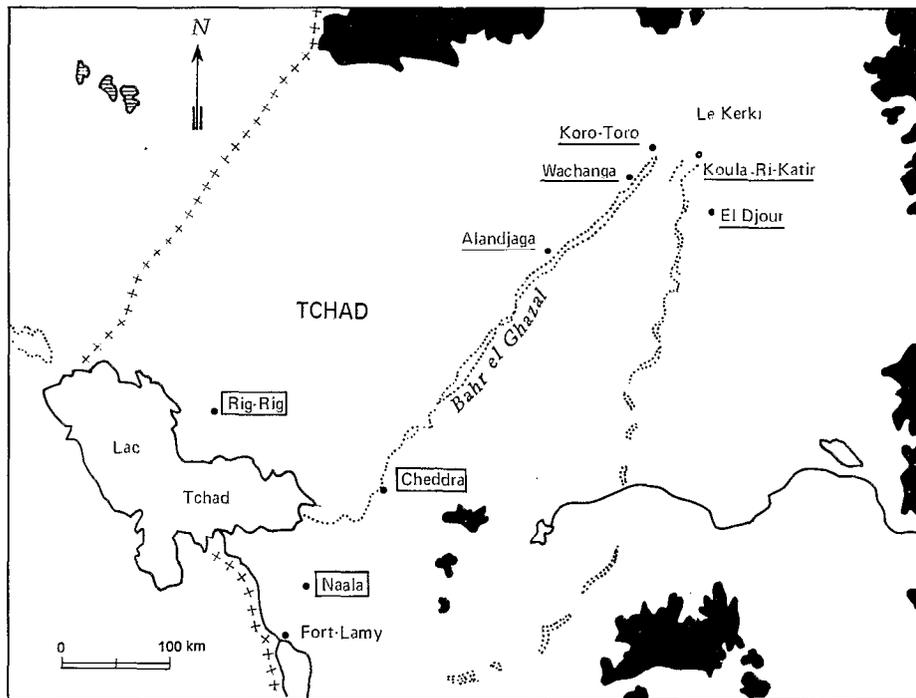


FIG. 1.

#### INTRODUCTION

Les dépôts cénozoïques sont largement développés dans le bassin du Tchad. Au Niger oriental, ils comprennent des assises ferrugineuses oolithiques surmontées par des grès argileux attribués à l'Oligo-

Miocène. Elles ont été profondément érodées vers la fin du Tertiaire et pendant le Quaternaire (FAURE, 1962). Au Tchad, les dépôts miocènes (et peut-être oligocènes à la base) sont connus à l'affleurement de part et d'autre du 17° parallèle et à plusieurs centaines de mètres de profondeur dans la région du lac Tchad.

Ils sont surmontés par des formations lacustres très riches en Diatomées. Ces formations ont tout d'abord été reconnues à l'affleurement dans la région de Koro-Toro où elles ont livré de nombreux gisements à Vertébrés (ABADIE *et al.* 1959) attribués au Pliocène et au Pleistocène ancien (COPPENS, 1972). Leur étude s'est jusqu'à présent heurtée à l'absence de repère stratigraphique permettant des corrélations entre les affleurements souvent isolés et les coupes données par les sondages. Nous montrerons ici que la microflore des Diatomées permet, au moins en partie, de surmonter ces difficultés.

Les Diatomées centriques du Plio-Pléistocène ancien du Tchad sont, spécifiquement ou par certains de leurs caractères morphologiques, différentes des Centrales actuelles ou récentes. Nous verrons qu'elles peuvent fournir des repères stratigraphiques. L'intervention des facteurs paléoécologiques dans l'évolution des associations de Diatomées pourra être évaluée en étudiant les Pennales dont les espèces représentées dans les dépôts du Tchad sont identiques à ce qu'elles sont actuellement. Il est nécessaire d'analyser des séries aussi continues que possible, échantillonnées de manière détaillée, pour que l'on puisse définir la localisation des associations qui peuvent présenter un intérêt biostratigraphique.

Notre étude portera tout d'abord sur les formations affleurantes de la région de Koro-Toro : les couches très faiblement inclinées vers le Sud ou le Sud-Ouest sont visibles de manière discontinue sur les bordures du Bahr El Ghazal. Les trois principales coupes étudiées se situent près de Koro-Toro, de Wachanga et l'Alandjaga (fig. 1). Nous examinerons également les dépôts de quelques buttes témoins isolées, jusqu'à présent mal situés dans l'échelle stratigraphique locale mais intéressants par les Vertébrés qu'ils contiennent à certains niveaux (Koulà-Ri-Katir, El Djour). L'étude de la microflore contenue dans les sédiments, qui ont été traversés par des sondages près du Lac Tchad, permettra de montrer que les formations de la région de Koro-Toro (série du *Bahr El Ghazal*) se prolongent en profondeur, au moins jusque vers le 13° parallèle.

#### LA SÉRIE DU BAHR EL GHAZAL

##### A. — Les dépôts fossilifères de la région de Koro-Toro

Les couches les plus anciennes de la série du Bahr El Ghazal affleurent dans les falaises qui dominent le fond de la vallée. Deux coupes ont été étudiées :

la première (Koro-Toro) est fossilifère, la deuxième (Wachanga) peut se situer stratigraphiquement au-dessus de la précédente compte tenu du pendage des couches vers le Sud ou le Sud-Ouest.

##### (1) La coupe de Koro-Toro

###### Description sommaire :

Elle comprend sur une dizaine de mètres de puissance des grès azoïques et des argiles relativement pauvres en Diatomées, sauf les niveaux 8 et 10. On observe de haut en bas :

10-4 m — Argile diatomitique blanche	} 2 076 2 075 2 074
9-0,1 m — Grès blanc compact	
8-0,8 m — Argile diatomitique blanche	
7-0,8 m — Sable induré à localement grésifié par un ciment siliceux.	
6-0,25 m — Argile gris-vert	
5-0,50 m — Grès blanc	
4-0,10 m — Grès blanc poudreux	
3-0,60 m — Grès à zones concrétionnées	
2-1,50 m — Argile gris-vert	} 2 068 2 067
1-0,80 m — Sable compact à nodules noirs d'oxydes de manganèse.	

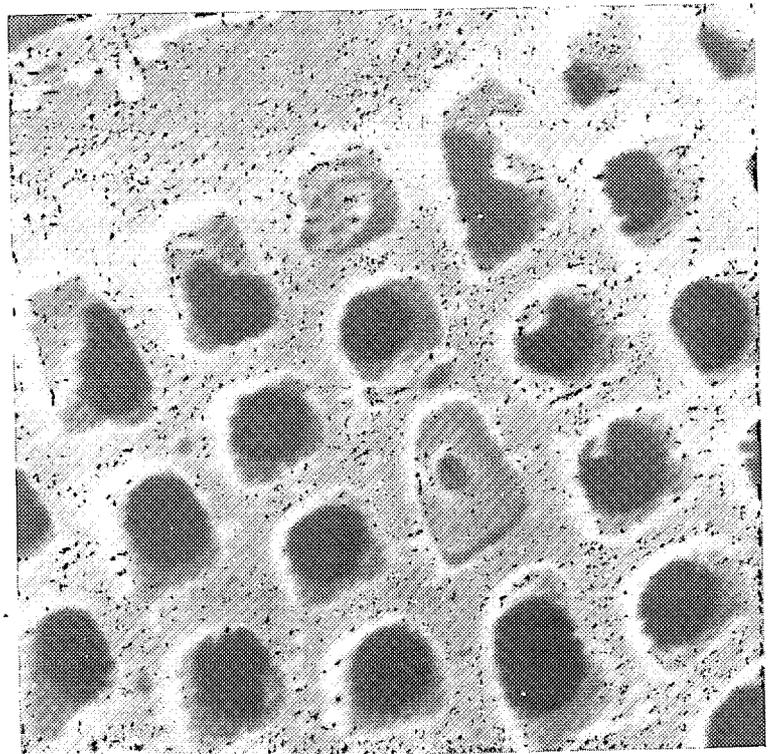
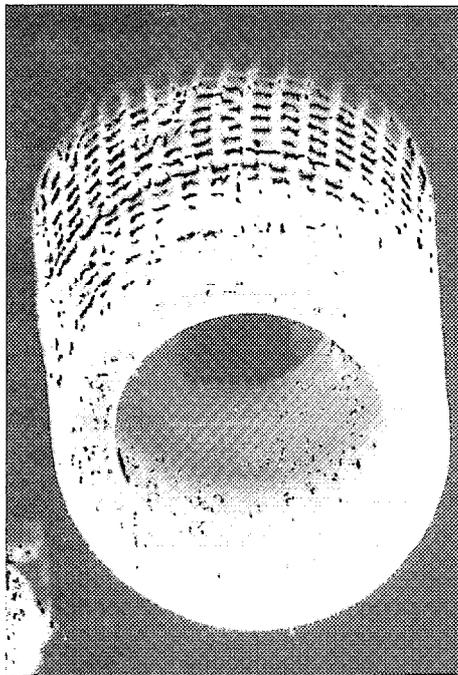
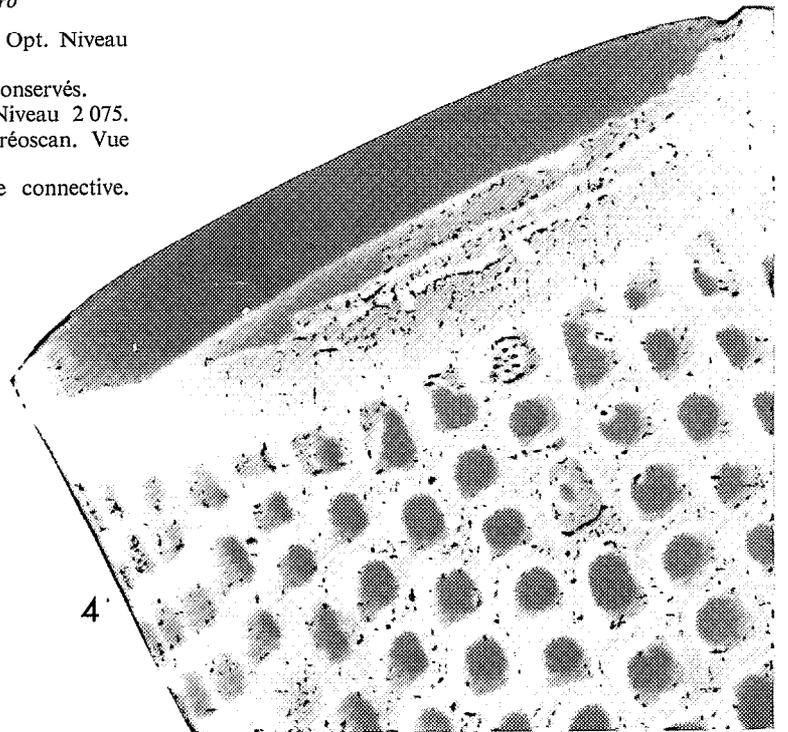
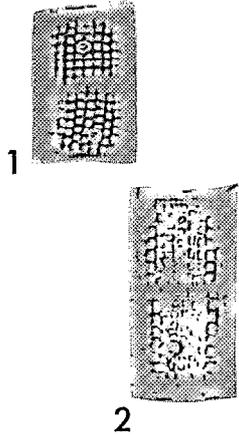
Vers le Nord-Ouest, la couche 10 s'amincit et s'enrichit en fraction sableuse. Elle est surmontée latéralement par des sables fossilifères où COPPENS (1967) a mis à jour un Mastodonte du genre *Anancus*. Cet auteur rattache ce niveau à l'association faunique de *Bochianga* caractérisée par *Stegotetrabelodon*, ou du moins un *Stegotetrabelodontin*, *Stegodon*, *Primelephas*, *Anancus*, *Hipparion*, *Libytherium*, *Hippopotamus hexaprotodon* et déjà *Elephas*. Cette zone peut être mise en parallèle avec celle de Kaiso 1 (Afrique orientale) (COPPENS, 1972, p. 184).

##### Les Diatomées

Les Centrales archaïques du genre *Melosira* représentent environ 95 % de la microflore des sept échantillons étudiés à l'exclusion du niveau 2 076 où il y a apparition de Pennales. Ces dernières sont représentées par des *Fragilaria* et des espèces épiphytes (*Cymbella*, *Gomphonema*) qui indiquent une diminution probable de la profondeur du milieu lacustre.

PLANCHE I. — *Les Melosira de Koro-Toro*

1. *Melosira praegrnulata* à ocelles  $\times 1\ 000$  Mic. Opt. Niveau 2 072.
2.  $\times 1\ 000$ . Plus typique. Les cribles sont mieux conservés.
3. *Melosira praegrnulata*  $\times 2\ 300$ . Stereoscan. Niveau 2 075.
4. *Melosira praegrnulata* à ocelles  $\times 6\ 000$ . Stéréoscan. Vue connective. Niveau 2 075.
5. La même grossie  $\times 12\ 000$  sur l'ocelle. Vue connective. Niveau 2 075.



3

10 $\mu$ 

5

Les dépôts correspondants contiennent latéralement et à 1 km de la coupe étudiée des ossements de Mammifères.

La prépondérance du genre *Melosira* constitue la caractéristique principale des dépôts de Koro-Toro ; elle ne sera plus observée dans les couches plus récentes. Par ordre d'abondance les espèces rencontrées sont les suivantes :

*Melosira praegranulata* dont l'épaisseur du test et une ornementation grossière attestent de son ancienneté. Nous verrons plus loin que la plupart des individus possèdent une structure particulière, qui, à ma connaissance, n'a pas encore été décrite, et qui va constituer le caractère original de ce gisement.

*Melosira italica* à axe longitudinal incurvé.

*Melosira ambigua* identique à celle que LOHMAN (1938) décrivit dans la « Tulare Formation », d'âge Pliocène (Pl. 23, fig. 9). Le diamètre est grand, l'ornementation fine et spiralee.

Bien que ces espèces présentent une morphologie archaïque nette, elles n'ont pas conservé, comme *Melosira jouseana* ou *Melosira antiqua*, des caractères de leurs ancêtres marins tels qu'on peut les rencontrer dans les gisements du début du Tertiaire. Il est donc probable que la flore de Koro-Toro ait déjà évolué et qu'elle se rapprocherait davantage de la flore décrite dans des formations pliocènes.

*Melosira praegranulata* Jousé « à ocelles » (Planche 1)

Les individus à ocelles se développent en abondance du niveau 2 072 au niveau 2 076. Ils caractérisent le gisement de Koro-Toro.

Les dimensions sont constantes : hauteur : 10 à 12  $\mu$ , diamètre : 13 à 15  $\mu$ , 6 pores en 10  $\mu$ , 8 stries en 10  $\mu$ .

Les pores ont une forme subquadratique, disposés en files non ondulées, ils possèdent une membrane criblée (Pl. I, n<sup>os</sup> 4-5), une seule a été conservée, ce qui n'est pas rare dans les sédiments anciens. A ces caractères habituels aux *Melosira granulata* se surajoute une structure particulière, provisoirement appelée « ocelle » dont le rôle physiologique est inconnu. Au microscope optique, l'ocelle se présente sous la forme d'un anneau de 2  $\mu$  de diamètre, toujours situé à proximité du sulcus (Pl. I, n<sup>os</sup> 1-2). Au stereoscan, il apparaît sur la face externe, sous la forme d'un épaissement réduisant considérablement l'ouverture d'un pore.

En conclusion, cet anneau semble être un épaissement interne du test, s'ouvrant à l'extérieur par

l'intermédiaire d'une perforation circulaire logée à l'intérieur d'un des pores. Cette structure fait penser aux ocelles du genre marin *Actinocyclus*. Si c'était le cas, elle pourrait être attribuée à une structure primitive qui aurait persisté après le passage de cette espèce du milieu marin au milieu continental (?).

*En résumé, le point le plus important à souligner est la présence à Koro-Toro d'une microflore de Centrales archaïques essentiellement représentée par des Melosira dont l'espèce praegranulata est caractérisée par un trait morphologique particulier (ocelle) qui ne sera pas identifié dans les Melosira des dépôts plus récents.*

## (2) La coupe de Wachanga

### Description sommaire

Cette coupe a été relevée sur la bordure du Bahr El Ghazal à 14 km au S-SW de la précédente au lieu-dit « Wachanga ». Elle intéresse des niveaux situés stratigraphiquement au-dessus de ceux que nous venons de décrire. Nous distinguons sur 11 m d'épaisseur de haut en bas :

- 8-1 m — Argile gris clair 2 113
- 7-0,6 m — Argile grise 2 114
- 6-0,4 m — Argile diatomitique } 2 115  
2 116
- 5-1,2 m — Argile à nodules grésio-ferrugineux 2 117
- 4-1,5 m — Argile diatomitique blanche 2 118
- 3-1 m — Argile grise
- 2-2,5 m — Grès et sables verdâtres 2 119
- 1-3 m — Argile compacte } 2 120  
2 121

### Les Diatomées

Les dépôts de Wachanga sont à la base probablement presque contemporains de ceux de Koro-Toro : ils contiennent un petit nombre de *Melosira* à ocelles.

Dans le reste de la coupe, la microflore est beaucoup plus riche en espèces. Cette diversification morphologique des Diatomées d'eaux douces commence au Miocène supérieur et s'intensifie au cours du Pliocène. Elle correspond à un stade évolutif au cours duquel la différenciation des Diatomées s'effectue en fonction des milieux où elles vivent.

Le niveau 1 :

Les échantillons prélevés à la base (2 121) et au sommet (2 120) contiennent une microflore très différente : le milieu lacustre d'abord peu profond s'est

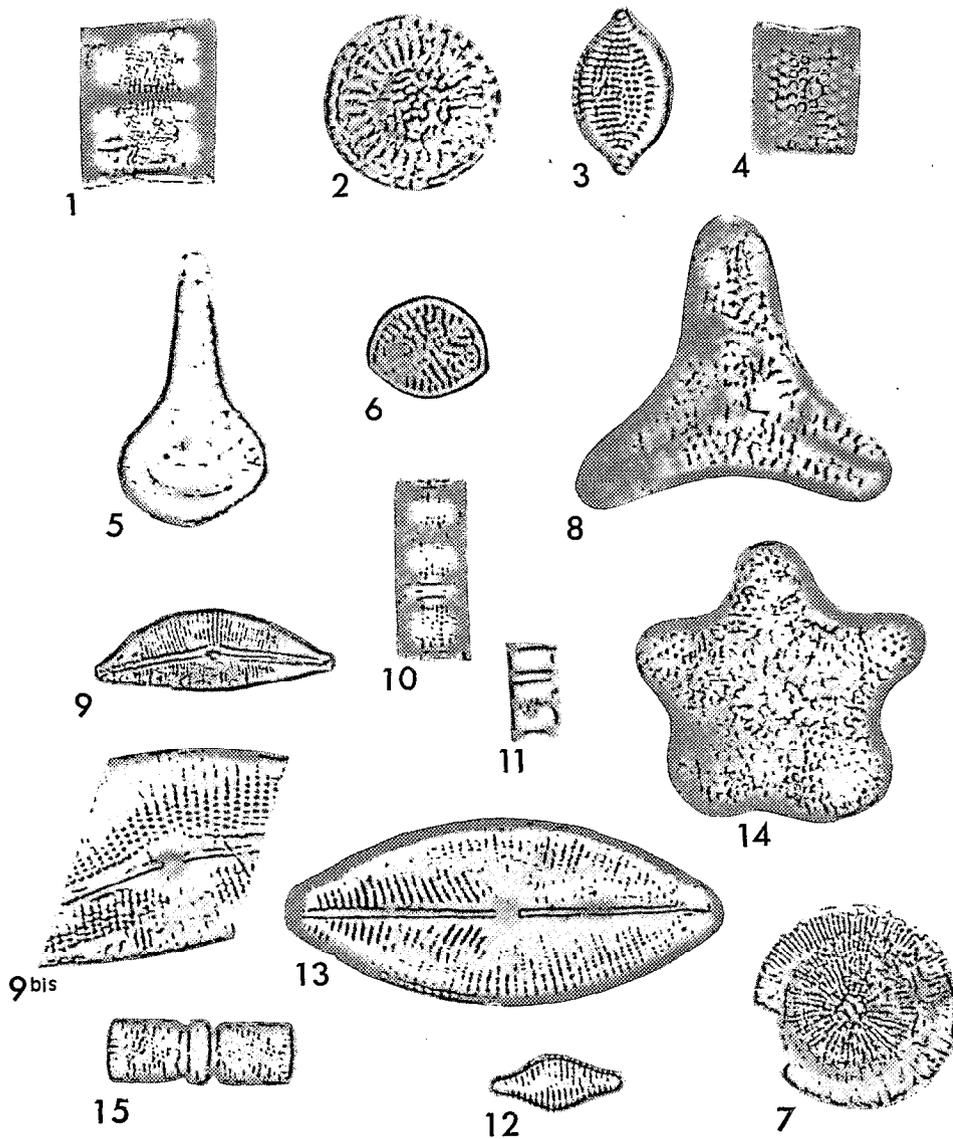


PLANCHE II. — *Les Diatomées de Wachanga*

NIVEAU 2 113

- 1. *Melosira ambigua* ×1 100
- 2. *Stephanodiscus dubius* var. *dispersus* ×1 000

NIVEAU 2 114

- 3. *Nitzschia punctata* ×1 000
- 4. *Melosira granulata* ×1 000
- 5. *Surirella ovata* var. *pinnata* f. *panduriformis* ×1 000
- 6. *Pseudostictodiscus* sp. ×1 000

NIVEAU 2 115

- 7. *Coscinodiscus tuberculatus* ×1 000

NIVEAU 2 117

- 8. *Actinoptychus* cf. *annulatus* ×1 000

NIVEAU 2 118

- 9. *Cymbella* sp. ×500
- 10 et 11. *Melosira distans* ×1 000

NIVEAU 2 120

- 12. *Fragilaria pinnata* var. *lancettula* ×1 000
- 13. *Navicula amphibola* ×1 000

NIVEAU 2 121

- 14. *Hydroseesa* sp. ×1 000
- 15. *Melosira ambigua* ×1 000

transformé en une sorte de plaine périodiquement inondable. L'échantillon 2 121 est caractérisé par des Diatomées planctoniques (*Melosira* dont *M. ambigua*), associées à des espèces d'eau peu profonde (*Cymbella*, *Fragilaria*). Notons également la présence d'un *Hydrosera* spécifiquement indéterminé (Pl. II, n° 14). Ce genre est fréquent dans les ruisseaux et les sources à pH élevé des régions tropicales (HUSTEDT, 1938, p. 146). L'échantillon 2 120 plus riche en éléments détritiques contient en abondance des formes variées de Phytolithaires et quelques Diatomées parmi lesquelles une espèce aérophile souvent signalée dans les sols : *Navicula mutica*.

Les Diatomées disparaissent dans le niveau 2.

Le niveau 4 :

Il matérialise une petite invasion lacustre. Il contient *Melosira distans* associée à de très rares *Cymbella*.

*Melosira distans* (Ehr.) Kützing

Elle se présente sous deux formes : l'une, de petite taille (Pl. II, n° 11), est semblable à l'actuelle ; l'autre, caractérisée par un test épais, un sulcus profond et de fortes dents pourrait être une forme archaïque (Pl. II, n° 10). Cette dernière est identique à l'espèce *M. distans* que Van LANDINGHAM (1967) a signalé dans le Miocène de l'Orégon, et à l'espèce *M. prae-distans* qui a été reconnue par RÉHAKOVA (1965) dans le Tertiaire de Bohême.

*Cymbella* sp. Pl. II, n° 9, 9bis

Ce *Cymbella* encore indéterminé spécifiquement est de grande taille ( $L = 75 \mu$ ,  $l = 27 \mu$ ), les stries sont serrées (8 en  $10 \mu$ ) très nettement ponctuées ( $15$  en  $10 \mu$ ), la zone médiane assez renflée, les extrémités rostrées ; l'espace hyalin, assez étroit, s'élargit au niveau des nodules médians à partir desquels partent deux stigma longs et épais.

Les niveaux 5, 6, 7 :

L'échantillon 2 117 est caractérisé par la présence de plusieurs espèces halophiles à mesohalobes : *Capartogramma crucicula*, *Gyrosigma* sp., *Amphora coffaeiformis* (cette dernière citée par PANTOCSEK 1902 p. 37, dans le dépôt saumâtre de Szurdok-Puspöki en Hongrie). Signalons en outre l'existence non accidentelle d'une espèce habituellement marine : *Actinoptychus* cf. *annulatus*.

Les échantillons 2 116 et 2 114 voient l'apparition de deux espèces à morphologie archaïque que nous ne retrouverons pas dans des dépôts plus récents du Tchad :

*Nitzschia punctata* : l'espèce de Koro-Toro ressemble à celle qui a été signalée par LOHMAN (1938, p. 89) « dans une argile blanche représentant un dépôt d'eau douce ou légèrement saumâtre » située à la base de la « Tulare Formation » d'âge pliocène. Elle est légèrement différente de l'espèce actuelle.

*Surirella ovata* var. *pinnata* f. *panduriformis* (Pl. II, n° 5)

Très rarement signalée dans la littérature, cette espèce a été découverte par PANTOCSEK dans un dépôt saumâtre miocène de Hongrie.

Les niveaux 5, 6 et 7 se sont mis en place dans un niveau lacustre fortement concentré en éléments dissous.

Le niveau 8 :

La flore d'eau concentrée disparaît complètement, elle est remplacée par des espèces d'eau douce : *Melosira* et *Fragilaria*. Les *Fragilaria* ressemblent pour la plupart à ceux qui ont été signalés par Van LANDINGHAM (1967) dans le Miocène de l'Orégon : *F. lapponica* (Pl. 12, fig. 52, 68), *F. virescens*, *F. pinnata* var. *lancettula* (Pl. II, n° 12).

En résumé, la microflore de Wachanga a permis de déceler des variations paléocologiques intéressantes la profondeur et la paléosalinité du milieu lacustre. La présence de niveaux dont la microflore indique un milieu concentré mérite d'être soulignée. Quelques *Melosira* à ocelles, abondantes à Koro-Toro, persistent à la base de la coupe de Wachanga : les dépôts pourraient être, au moins dans la partie inférieure, stratigraphiquement très proches. Toutefois, la plus grande diversité spécifique de la microflore de Wachanga pourrait indiquer un âge plus récent que Koro-Toro.

#### B. — Les dépôts d'Alandjaga Oyounga

La coupe d'Alandjaga Oyounga atteint environ 40 m d'épaisseur, elle a été relevée à 130 km au sud-ouest de Koro-Toro (fig. 2). Elle comprend :

— Au sommet (formation de Morouo, M. SERVANT, 1973) : 6 m de dépôts argileux ou sableux à nodules calcaires et cinerites intercalées affectés d'importantes variations latérales de faciès. La base est soulignée par un banc continu de diatomite blanche. (Ech. 1 536). L'ensemble affleure sous une couverture de sables éoliens sur les bordures du Bahr-El-Ghazal.

— Environ 34 m d'argiles vertes ou grises à niveaux de diatomite blanche plus ou moins régulièrement intercalés. Ces dépôts (formation d'Alandjaga)

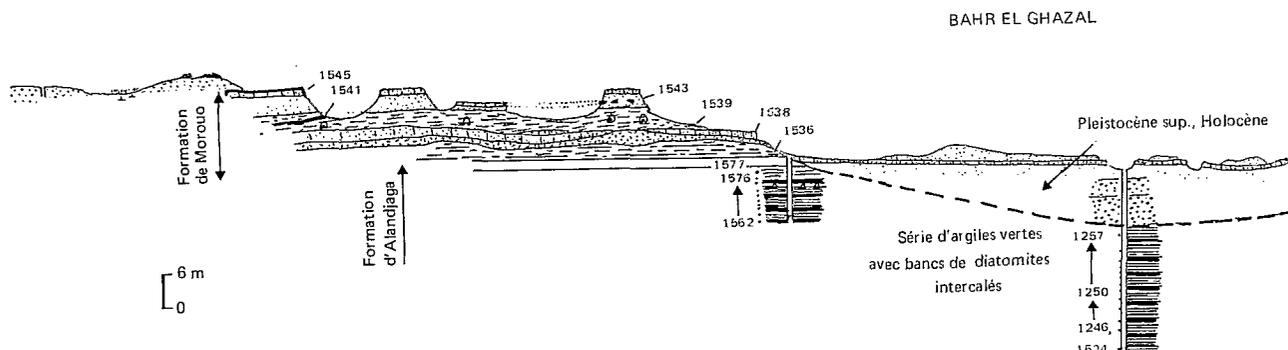


FIG. 2. — Alandjaga Oyounga : Coupe semi-schématique.

ont été observés dans des puits creusés sur la bordure occidentale du Bahr. Les numéros des échantillons prélevés sont reportés en regard de la colonne sédimentaire (Fig. 3).

Nous étudierons tout d'abord l'évolution du nombre des frustules dans un même poids de sédiment et l'évolution du rapport Centrales sur Pennales.

(1) *Etudes quantitatives : la teneur des sédiments en Diatomées et le rapport Centrales sur Pennales*

*Méthode de comptage.* Pour chaque niveau, on prend un même poids de sédiment sec que l'on disperse par traitement à l'eau oxygénée. Les argiles sont éliminées par décantations successives, le résidu est dilué dans un volume connu d'eau distillée. Après mise en suspension des particules, on prélève 1 cm<sup>3</sup> de la suspension ; ce prélèvement est placé dans une coupelle de microscope inversé. On compte les valves de Diatomées dans plusieurs champs. Le calcul permet ensuite d'évaluer le nombre de valves dans 1 gr de sédiment.

*Les résultats.* Le nombre de valves est exprimé en pourcentage par rapport au nombre de frustules présents dans une diatomite pure de référence.

La courbe (Fig. 3) montre que la fréquence des valves présente de grandes variations tout au long de la colonne sédimentaire. On peut passer de 400 millions de valves pour 1 gramme de sédiment à 200 000 seulement.

*Les variations du rapport Centrales sur Pennales.* Les plus fortes valeurs de ce rapport correspondent au maximum du développement des Centrales euplanctoniques (*Melosira*, *Stephanodiscus*) ; la profondeur du milieu lacustre est alors trop grande pour permettre la présence de nombreuses Diatomées épiphytes ou benthiques ; les espèces les mieux représentées sont

en même temps des espèces eutrophes. Les plus faibles valeurs du rapport C/P sont en relation avec le développement de Pennales benthiques épiphytes ou aérophiles ce qui indique un milieu de sédimentation peu profond ; quelques niveaux sont en outre caractérisés par une flore d'eau concentrée en éléments dissous.

*Interprétation.* On constate (Fig. 3) que la teneur en Diatomées et le rapport C/P évoluent de manière sensiblement parallèle (ce qui n'est pas nécessairement le cas dans les séries quaternaires plus récentes). Il est donc possible de conclure que les dépôts les plus riches sont ceux qui se sont mis en place dans des milieux lacustres bien individualisés et relativement profonds. Ces niveaux sont souvent caractérisés par une bonne conservation des frustules et par la présence de chaînes non dissociées de *Melosira*, ce qui indique des conditions assez calmes de dépôt. La fréquence élevée des Diatomées dans les couches correspondant à une plus grande profondeur du milieu pourrait être expliquée par une diminution relative du taux de la sédimentation argileuse, silteuse ou sableuse, et par une meilleure conservation de la microflore ; mais on pourrait aussi faire intervenir une multiplication plus intense des Diatomées aux époques où le lac était plus étendu. Il est difficile de faire la part de ce qui revient d'un côté aux facteurs sédimentologiques et de l'autre à la productivité dans le milieu lacustre.

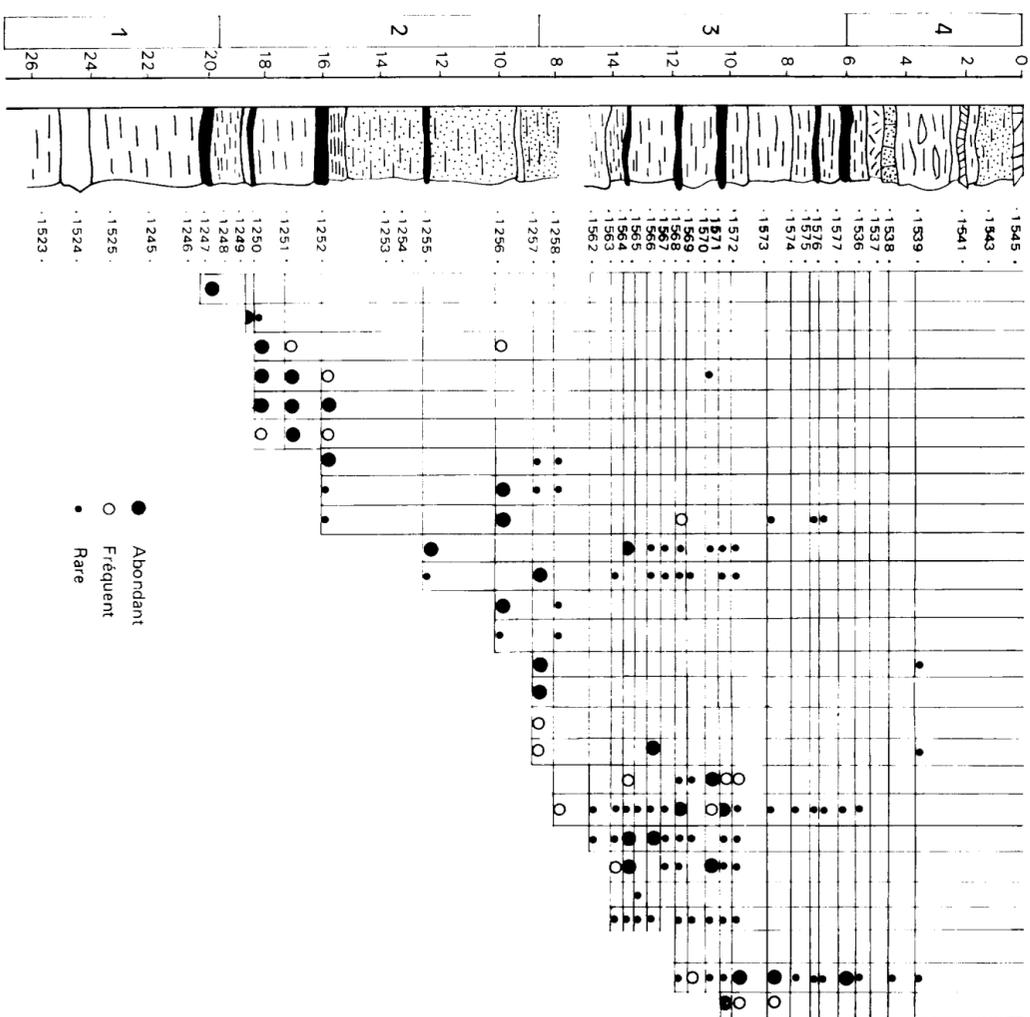
(2) *Etudes spécifiques, les associations de Diatomées et leur évolution (biostratigraphie, paléocéologie)*

La figure 4 donne la répartition verticale des principales espèces reconnues dans la coupe d'Alandjaga. Les comptages effectués permettent de préciser la fréquence relative de chacune de ces espèces dans les différents niveaux. Quelques limites très nettes peuvent être individualisées dans l'évolution de la microflore

Alandjaga-Oyounga : Variations qualitatives.

Fig. 4.

Lithologie



Centrales

- Melosira islandica curvata*
- Melosira praedistans*
- Cyclotella pygmaea*
- Stephanodiscus transilvanicus*
- Coscinodiscus hungaricus*
- Stephanodiscus kanitzii f. inermis*
- Stephanodiscus carconensis minor*
- Coscinodiscus dispar et C. chambonis*
- Coscinodiscus tuberculatus*
- Melosira granulata archaïque*
- Coscinodiscus lacustris minor*
- Coscinodiscus subtilis*
- Cyclotella transilvanica*
- Stephanodiscus carconensis*
- Stephanodiscus carconensis pusilla*
- Melosira italica laevis*
- Stephanodiscus astrea archaïque*
- Stephanodiscus niagarae*
- Coscinodiscus praelacustris septentrionalis*
- Cyclotella sp.*
- Melosira granulata islandica*
- Cyclotella iris et var.*
- Stephanodiscus astrea minutula*
- Melosira granulata*
- Stephanodiscus astrea*
- Cyclotella comta radiosa*

● Abondant  
○ Fréquent  
• Rare

Pennales

- Amphora ovalis lybica*
- Cymbella prostrata*
- Cymbella ventricosa*
- Cymbella ventricosa acuminata*
- Cymbella turgida*
- Gomphonema parvulum*
- Epithemia zebra*
- Epithemia turgida granulata*
- Gomphonema gracile*
- Navicula confervacea*
- Navicula mutica*
- Hantzschia amphioxys*
- Navicula cincta*
- Amphora coffaeiformis*
- Rhopalodia gibberula*
- Anomooneis sphaerophora*
- Nitzschia frustulum*
- Diploneis smithii*
- Gyrosigma balticum*
- Fragilaria construens*
- Fragilaria construens venter*
- Fragilaria construens subsalina*
- Fragilaria inflata typica*
- Navicula radiosa*
- Navicula viridula linearis*
- Nitzschia amphibia*
- Nitzschia angustata*
- Pinnularia gibba*
- Pinnularia gibba subundulata*
- Pinnularia acrospheria*
- Rhopalodia gibba*
- Synedra rumpens*
- Synedra dorsiventralis biconstricta*
- Nitzschia lancettula*
- Navicula perotteti*

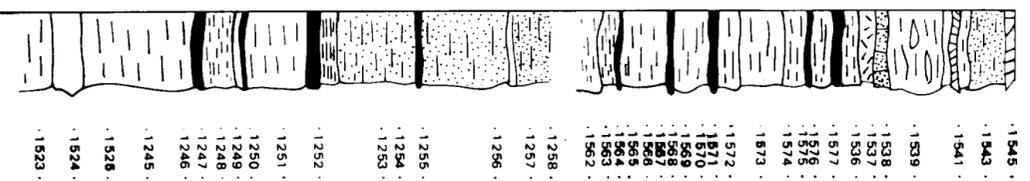
■ Abondant  
▬ Fréquent  
▪ Rare

▣ Abondant  
□ Fréquent  
◻ Rare

• Rare

● Abondant  
○ Fréquent  
• Rare

Littorales



Courbe de variations relatives du niveau lacustre



LES DIATOMÉES DU PLIO-QUATERNAIRE TCHADIEN-STRATIGRAPHIE ET PALÉOÉCOLOGIE

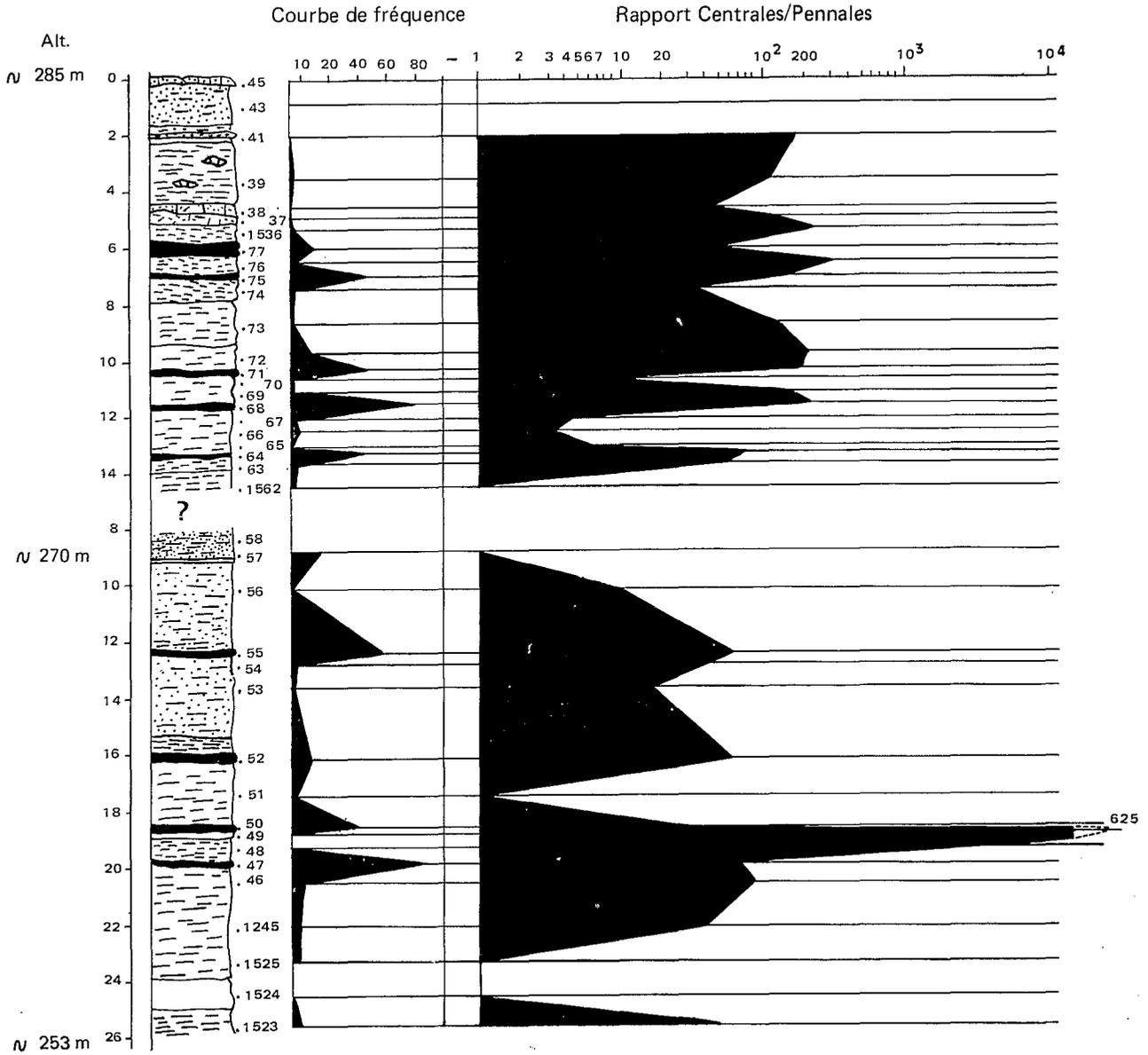


FIG. 3. — Alandjaga Oyounga : Variations quantitatives.

et des Centrales en particulier, elles définissent 4 stades successifs au sein desquels la distribution et la nature des Pennales permettent de distinguer plusieurs épisodes paléocéologiques.

*Le premier stade.* Il correspond à 6 m environ de dépôt (éch. 1 523-1 247). Les diatomées, très fragmentées, sont très rares sauf vers le sommet dans l'échantillon 1 247. La mauvaise conservation de la microflore ne permet pas d'effectuer une étude systématique précise. On peut dire toutefois que parmi les fragments conservés la plupart se rattachent à l'espèce *Melosira islandica var. curvata* qui ne sera pas rencontrée dans les dépôts sus-jacents.

*Melosira islandica var. curvata* O. Mull

Valve de forme sub-quadrique à test épais. Les pores, sphériques, sont très espacés et disposés en files rectilignes perpendiculaires à la face valvaire. Les dents sont courtes et larges. L'axe des cellules est incurvé, ce qui est considéré comme un caractère archaïque. Cette espèce est connue depuis le Miocène, nous ne l'avons pas rencontrée au Tchad dans le Quaternaire récent. A Alandjaga, elle se présente sous le même aspect que dans des gisements miocènes et pliocènes d'Amérique du Nord.

*Le deuxième stade.* Il correspond à 11 m environ d'argiles sableuses à lits intercalés de diatomite (échantillons 1248 à 1257). Il est caractérisé par de nombreuses espèces éteintes ou archaïques dont nous donnerons la description plus loin. L'évolution des associations de Diatomées indique que le milieu a connu de nettes variations de profondeur et de salinité.

#### *Evolution du milieu lacustre*

Cette évolution comprend trois épisodes successifs :

*Le premier épisode* (Ech. 1249 à 1252) est caractérisé par la prédominance des Centrales planctoniques. Ces dernières sont toutefois moins nombreuses dans l'échantillon 1251 : les Pennales représentent ici 50 % de l'ensemble de la flore. Elles signalent une diminution de la profondeur du lac ce qui a permis le développement des espèces benthiques dont certaines indiquent une plus grande concentration en éléments dissous (*Anomoeoneis sphaerophora*, *Rhopalodia gibberula*, *Nitzschia frustulum*).

*Le deuxième épisode* (Ech. 1253 à 1255) correspond à un assèchement presque complet : il y a apparition de petites espèces aérophiles actuellement connues dans les sols (*Navicula nutica*, *Hantzschia amphioxys*). Les Centrales disparaissent presque complètement, seuls subsistent des *Melosira* très fragmentés et indéterminables.

*Le troisième épisode* (1256-1257) est lié à une nouvelle invasion lacustre se traduisant par une microflore riche en *Melosira* spécifiquement très variés et mieux conservés (*Melosira granulata var. muzzanensis*). Les *Melosira* sont associés à la base à quelques épiphytes (principalement *Cymbella ventricosa var. acuminata*) qui deviennent plus nombreuses au sommet (1257) et alors pratiquement aussi abondantes que les Centrales. Il est probable que l'augmentation de la fréquence des épiphytes indique une variation mineure du milieu lacustre.

*En résumé*, l'évolution du milieu se schématise de la façon suivante, de haut en bas :

Episode 3 : Augmentation de la profondeur du milieu avec oscillations mineures.

Episode 2 : Tendance à l'assèchement. Sols périodiquement inondés ?

Episode 1 : — Augmentation de la profondeur.

— Faible diminution de la profondeur avec plus grande concentration en sels.

— Augmentation de la profondeur.

*Localisation des espèces archaïques ou éteintes* (fig. 4)

Ces espèces ne sont généralement bien développées que dans les milieux relativement profonds.

*Le premier épisode* précédemment individualisé est caractérisé :

— à la base (1 250) par *Melosira distans*, *Cyclotella pygmaea*, *Stephanodiscus* cf. *kanitzii* forma *inermis* ;

— au sommet (1 252) par l'apparition de deux espèces inconnues dans le niveau précédent : *Stephanodiscus* aff. *carconensis*, *Coscinodiscus tuberculatus* ;

*Le deuxième épisode* (1 253-1 255) correspond à un faciès défavorable aux Centrales. Nous y avons noté toutefois des fragments de *Melosira* archaïques.

*Le troisième épisode* est caractérisé :

— à la base (1 256) par *Coscinodiscus dispar*, *Coscinodiscus chambonis*, *Coscinodiscus subtilis* var. *rothii*, *Cyclotella transilvanica* et par le développement des *Coscinodiscus tuberculatus* ;

— au sommet (1 257) par l'apparition des *Stephanodiscus carconensis* var. *pusilla* et var. *minor* et *Melosira italica* var. *laevis*.

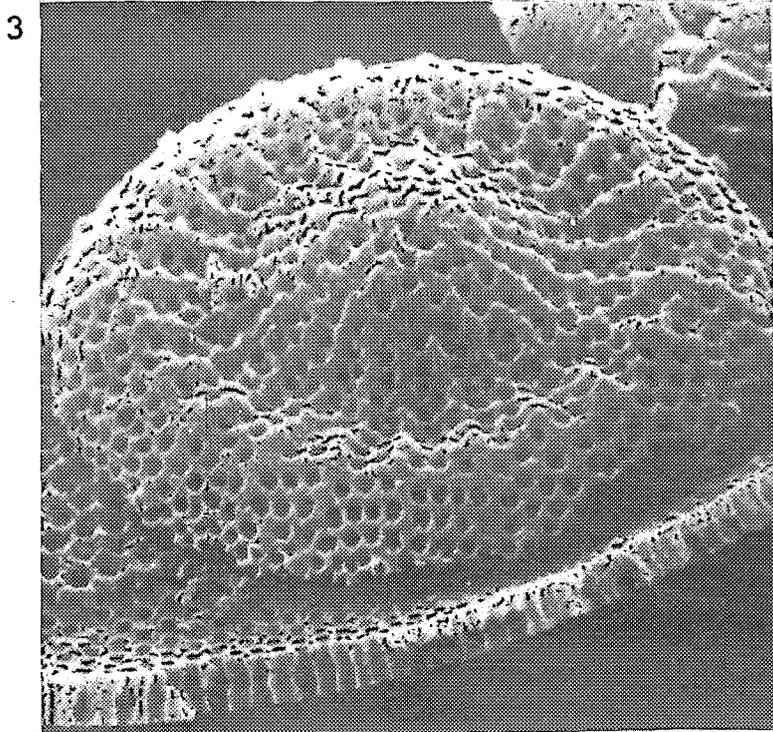
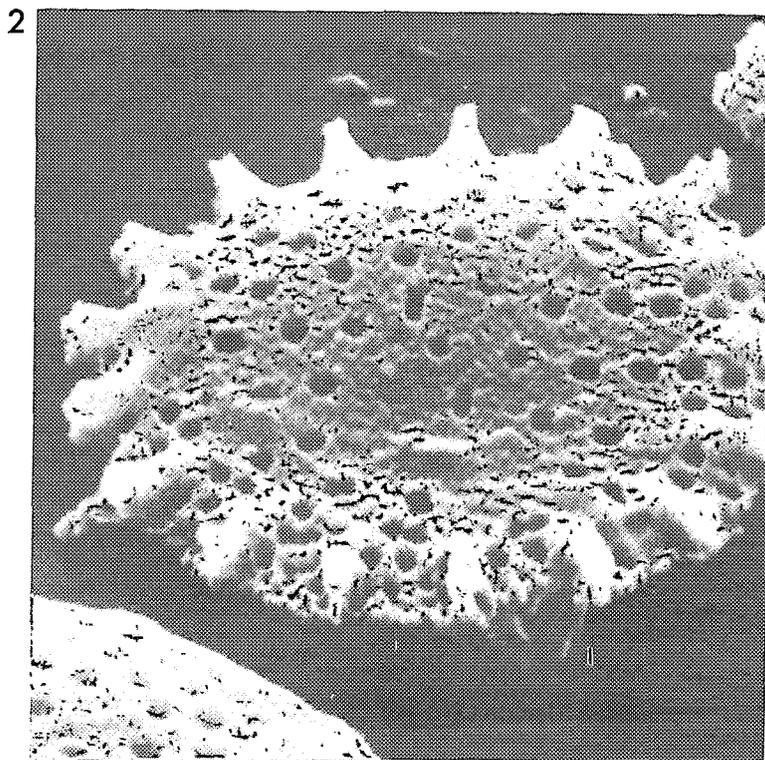
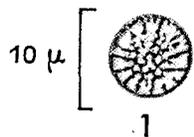


PLANCHE III. — Niveau de la formation de Padelanga.

1. *Cyclotella pygmaea* - Mic. opt.  $\times 1\ 300$
2. *Cyclotella pygmaea* - Stéréoscan  $\times 11\ 000$
3. *Stephanodiscus* sp. - Stéréoscan  $\times 5\ 600$

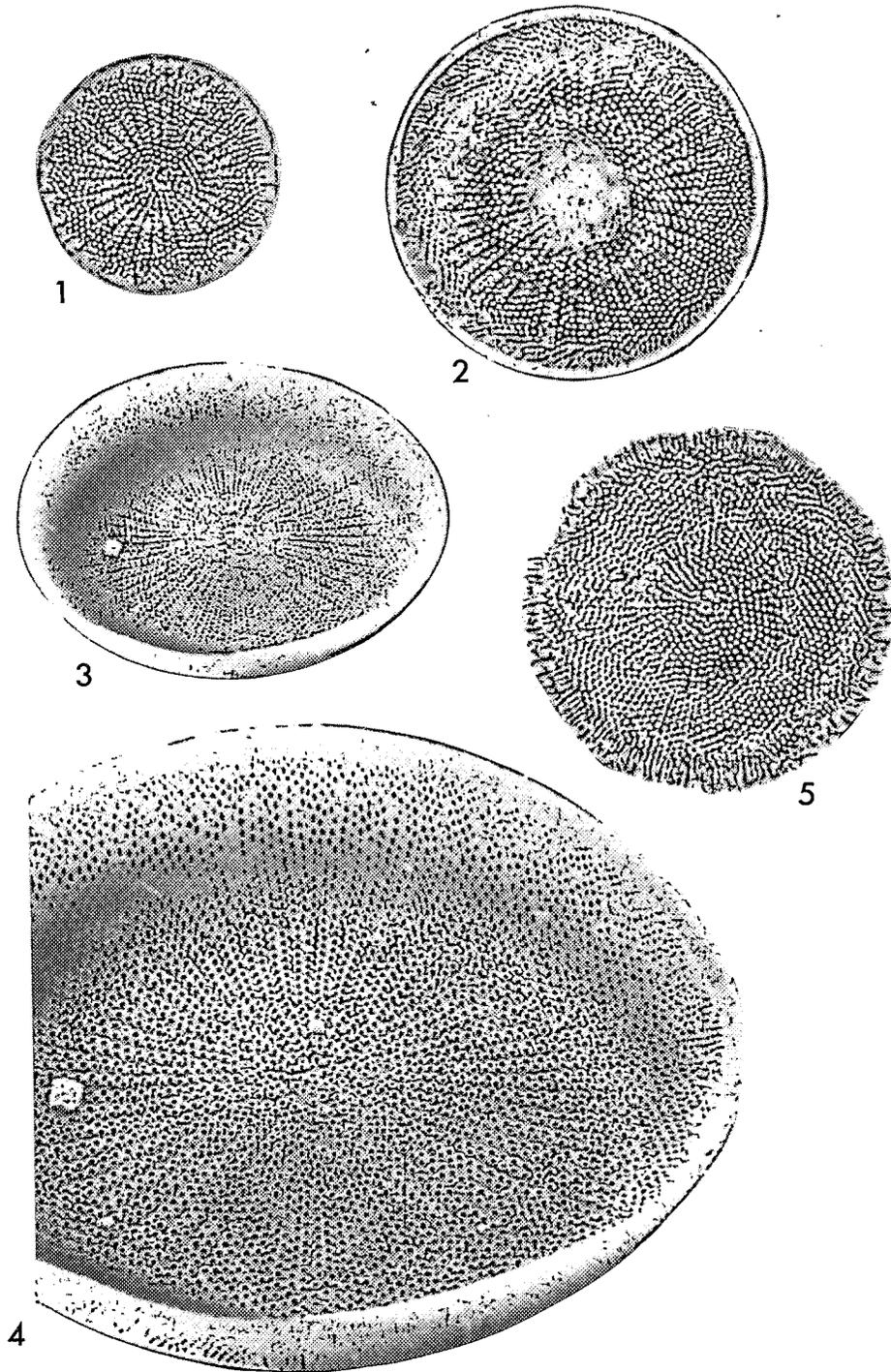


PLANCHE IV.

NIVEAU I 250

1. *Stephanodiscus transilvanicus*. Mic. opt.  $\times 1\ 300$

NIVEAU I 251

2. *Stephanodiscus transilvanicus*. Mic. opt.  $\times 1\ 300$

NIVEAU I 252

3. *Stephanodiscus transilvanicus*. Vue valvaire interne. Stéréoscopi  $\times 1\ 150$

4. idem  $\times 2\ 350$

NIVEAU I 250

5. *Coscinodiscus hungaricus*. Mic. opt.  $\times 1\ 400$

*Description des espèces archaïques**Melosira distans* Ehr (Kutz)

Elle est particulièrement abondante dans le niveau 1 249. De petite taille, elle présente une ornementation grossière, des dents courtes et épaisses. La forme d'Alandjaga est tout à fait identique à celle représentée par Van LANDINGHAM (1967, Pl. 15, fig. 16-17).

Répartition stratigraphique : Oligocène à Récent, très répandue dans les gisements anté-pléistocènes du monde entier. Van LANDINGHAM, 1967 : Miocène de l'Oregon. 1964 : Miocène de la région de Yakima. RÉHAKOVA, 1965 : Miocène de Bohême.

Actuellement *M. distans* vit dans les mares, les tourbières, ou sur le littoral des lacs, elle est acidophile et sténotherme des eaux froides (FOGED, 1964, p. 51).

*Cyclotella pygmaea* Pantocsek (Pl. III, n° 1-2)

Diamètre 8 à 10  $\mu$ . La zone centrale présente un bombement sur la moitié de sa surface. Les pores sont irrégulièrement répartis. La zone externe comprend une série de loges séparées par des cloisons épaisses particulièrement nettes sur la photo prise au stereoscan (2). *C. pygmaea* fut découverte par PANTOCSEK dans un tuff audésitique déposé dans un lac d'eau douce d'âge Sarmatien à Szliacs en Hongrie. C'est une espèce éteinte. J'ai effectué la détermination à partir des lames n° 203 et 547 de la collection de référence de Tempère et Peragallo dans lesquelles cette espèce se trouve en abondance. Elle a été retrouvée par LOHMAN (1938) dans une argile située à la base de la « Tulare Formation » d'âge Pliocène.

*Stephanodiscus transilvanicus* Pantocsek (Pl. IV, n° 1, 2, 3, 4)

Disque valvaire en forme de cupule dont le diamètre varie entre 30 et 50  $\mu$ . La zone centrale, plate, est divisée en faisceaux étroits composés de deux puis de trois rangées de pores (15 en 10  $\mu$ ) qui sont délimités par des espaces hyalins fins et rectilignes (7 en 10  $\mu$ ) ; ils ne se prolongent pas jusqu'au bord de la valve. La partie marginale recourbée, est caractérisée par le fait que les pores perdent leur disposition radiaire. *S. transilvanicus* d'Alandjaga ne présente pas de crêtes aussi serrées que l'espèce décrite par PANTOCSEK (1903, Pl. III, t. VIII, fig. 125) provenant du gisement de Köpecz (lame n° 547 de Tempère et Peragallo).

*Coscinodiscus hungaricus* Pantocsek (Pl. IV, n° 5)

Valve circulaire, à zone centrale légèrement déprimée. Cette espèce d'Alandjaga est proche de celle

décrite par PANTOCSEK dans les gisements marins tertiaires de Also, Felső-Esztergaly, Klkkö en Hongrie (1903, Pl. II, t. IX, fig. 73). Les pores sont uniformément répartis sur la face valvaire, disposés en files radiaires (15 pores en 10  $\mu$ ) ; vers le bord ils se ressèrent et forment une pré-différenciation de la zone marginale. Les crêtes sont longues.

*Stephanodiscus* cf. *kanitzii* Grunow *forma inermis* (Pl. V, n° 1-2)

Valve circulaire à ondulations concentriques peu marquées. Diamètre allant de 20  $\mu$  à 36  $\mu$ . Les pores subsphériques se résolvent en alvéoles jointives ; ils sont disposés en files radiaires, d'abord simples, puis groupées par deux ou trois dans la zone intermédiaire à l'endroit où les stries hyalines qui étaient absentes dans les zones centrale et externe, vont s'épaissir considérablement (4 en 10  $\mu$ ). Sur quelques individus, les alvéoles localisées entre ces stries hyalines peuvent fusionner, la structure ainsi acquise est proche de celle du genre *Brightwellia* (Pl. IV, n° 2). Dans la zone externe les pores sont très serrés (15 à 18 en 10  $\mu$ ) ; sur le bord, une série de crêtes (4 en 10  $\mu$ ) se répartit à intervalles réguliers.

L'espèce d'Alandjaga diffère de celle bien représentée par SCHMIDT (taf. 229, fig. 1) par la présence de crêtes marginales, par le nombre et la structure des stries hyalines. Nous garderons cette dénomination tant que nous n'aurons pas trouvé dans la littérature de forme plus proche morphologiquement. Cette espèce est particulièrement abondante dans le niveau 1 251.

*Stephanodiscus astrea* (Ehr.) Grun. aff. *carconensis* Ehrlich (Pl. V, n° 3)

Bien que rare dans le niveau 1 252, sa présence se révèle intéressante car elle possède des caractères intermédiaires entre ceux des *Stephanodiscus astrea* et des *Stephanodiscus carconensis*. De plus EHRlich (1967, pl. 1, fig. 17) signale une espèce absolument identique à celle d'Alandjaga, dans le Villafranchien du Velay.

La zone centrale est très déprimée, les stries hyalines (8 en 10  $\mu$ ) présentent un écartement intermédiaire entre celui des *S. astrea* et celui de *S. carconensis*. Il n'y a pas de zone marginale différenciée et pas de crêtes (diamètre 24  $\mu$ , 15 pores en 10  $\mu$ ).

*Coscinodiscus tuberculatus* Greville (Pl. VI, n° 1-2)

Elle apparaît dans le niveau 1 252, mais elle se développe surtout dans les niveaux 1 256 et 1 568. La valve, presque plate, comprend néanmoins une

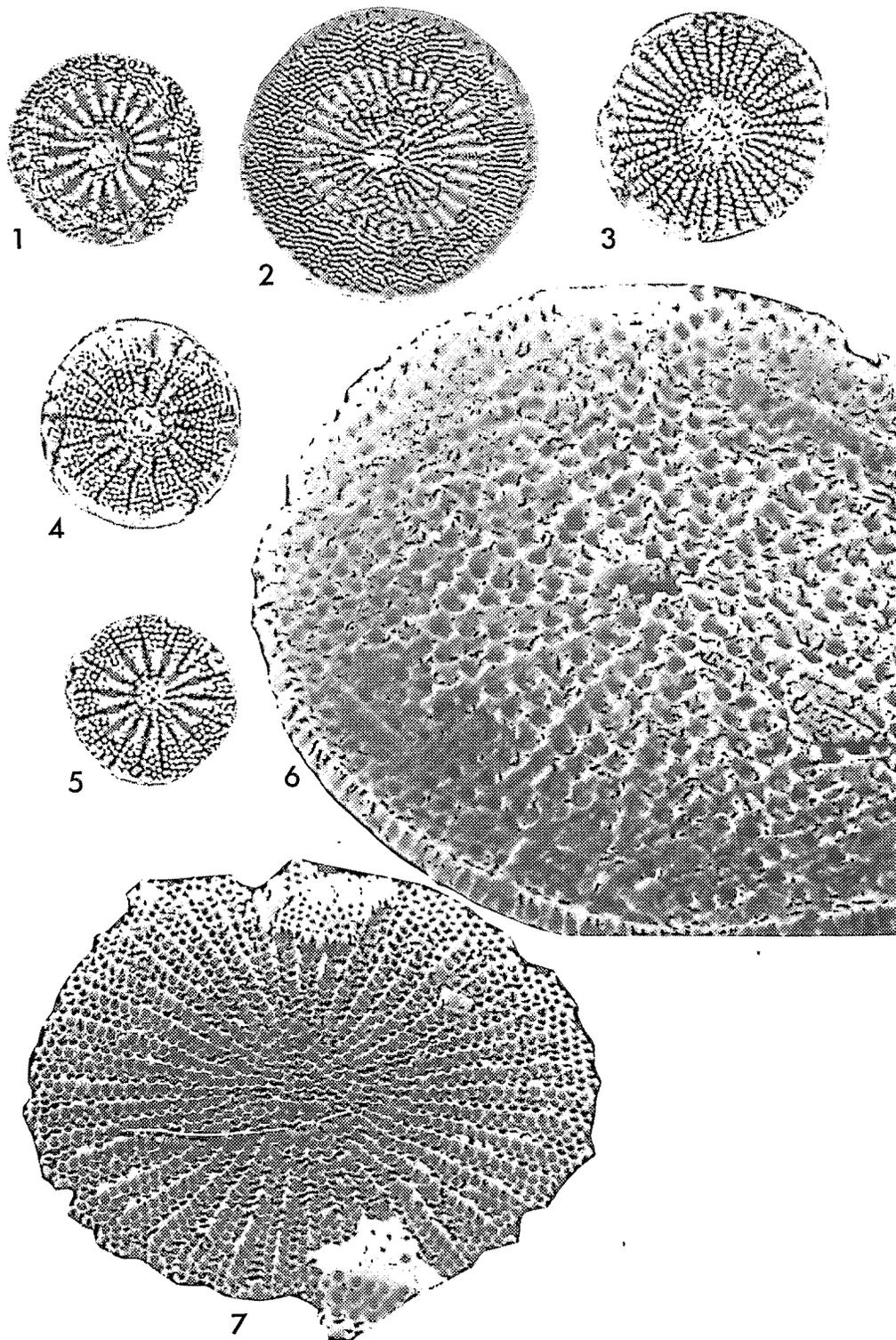


PLANCHE V.

NIVEAU 1 251

1. *Stephanodiscus* cf. *kanitzii* forma *inernis*. Mic. opt.  $\times 1\ 500$
2. *Stephanodiscus* cf. *kanitzii* forma *inernis*. Mic. opt.  $\times 1\ 250$

NIVEAU 1 252

3. *Stephanodiscus* *astrea* aff. *carconensis*. Mic. opt.  $\times 1\ 500$
4. *Stephanodiscus* *carconensis* *pusilla*. Mic. opt.  $\times 1\ 500$
5. *Stephanodiscus* *carconensis* *pusilla*. Mic. opt.  $\times 1\ 500$
6. *Stephanodiscus* *carconensis* *pusilla*. Stereoscan  $\times 6\ 200$
7. *Stephanodiscus* *transilvanicus*. Stereoscan  $\times 2\ 450$

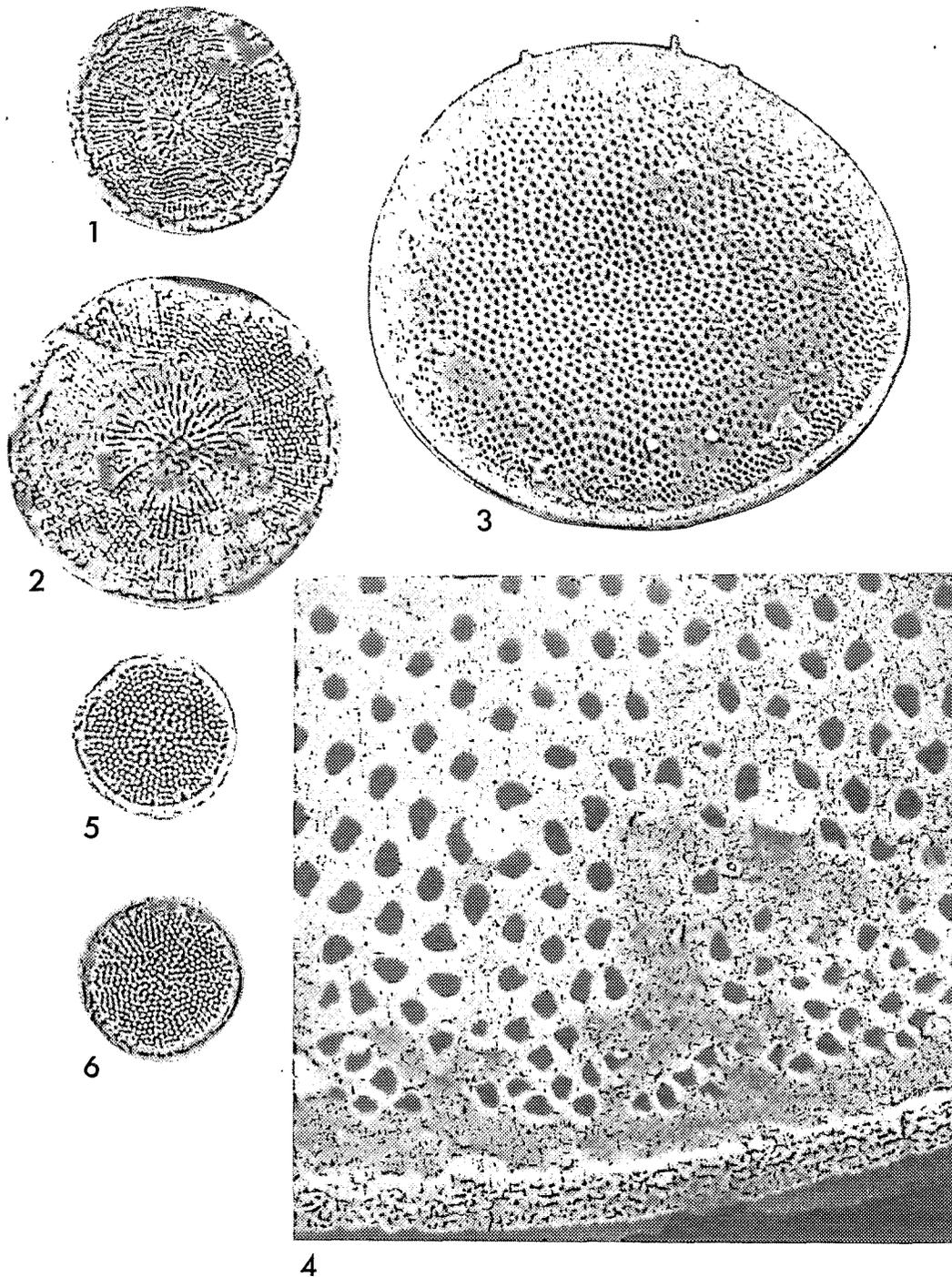


PLANCHE VI.

NIVEAU 1 256 - NIVEAU 1 568

1. *Coscinodiscus tuberculatus*. Mic. opt.  $\times 1\ 500$
2. *Coscinodiscus tuberculatus*. Mic. opt.  $\times 1\ 400$

NIVEAU 1 252

3. *Coscinodiscus* dispar. Stéréoscan  $\times 2\ 350$
4. Idem. Stéréoscan  $\times 11\ 800$

NIVEAU 1 256

5. *Coscinodiscus* dispar. Mic. opt.  $\times 1\ 500$
6. *Coscinodiscus* dispar. Mic. opt.  $\times 1\ 500$

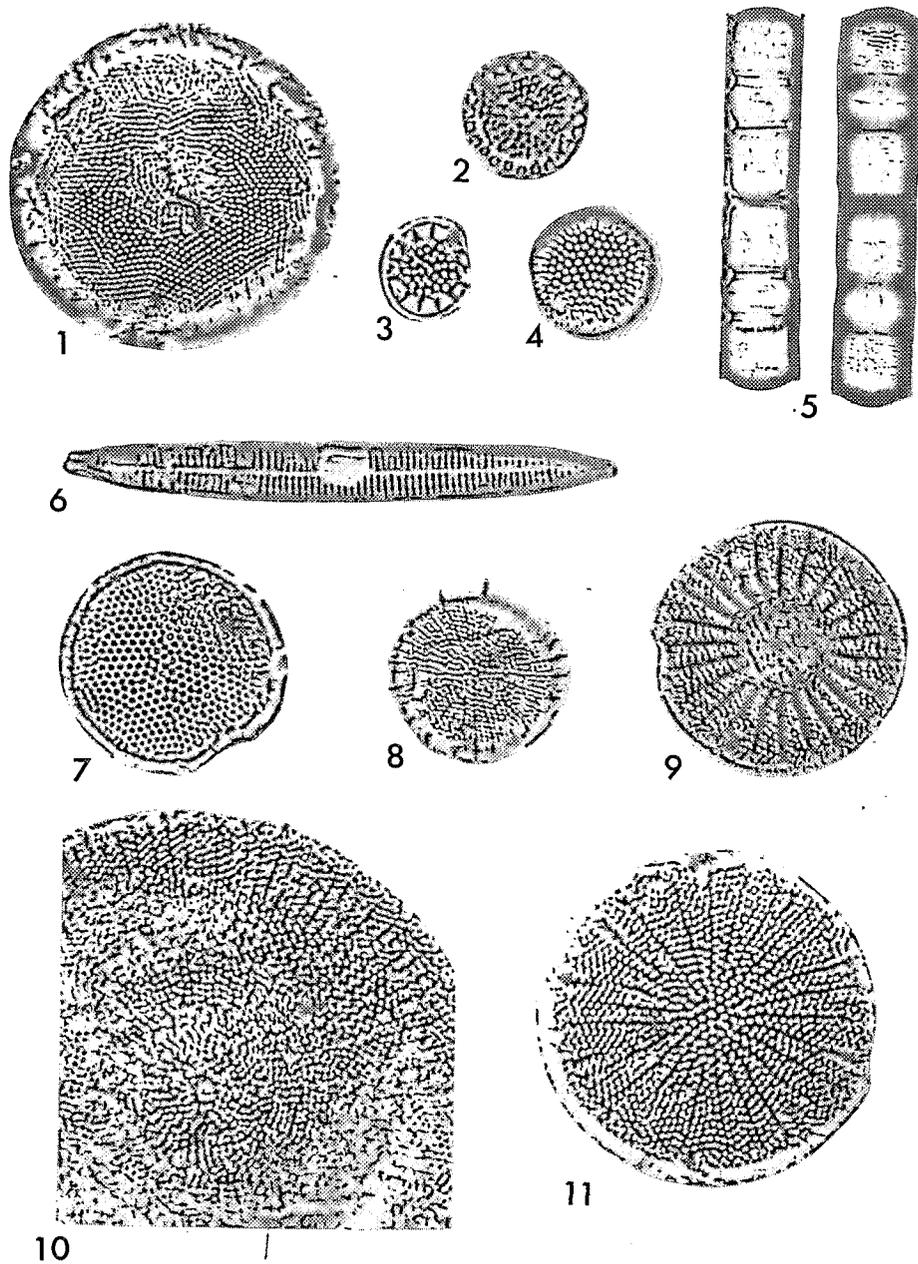


PLANCHE VII.

NIVEAU 1 256

1. *Coscinodiscus subtilis* var. *rothii*. Mic. opt.  $\times 1\ 000$
2. *Cyclotella transilvanica* var. *disseminatopunctata*. Mic. opt.  $\times 1\ 000$
3. *Cyclotella pygmaea*. Mic. opt.  $\times 1\ 000$
4. *Coscinodiscus* sp. Mic. opt.  $\times 1\ 000$

NIVEAU 1 257

5. *Melosira italica* var. *laevis*. Mic. opt.  $\times 1\ 000$
6. *Synedra dorsiventralis* var. *biconstricta*. Mic. opt.  $\times 1\ 000$
7. *Coscinodiscus antiquus*. Mic. opt.  $\times 1\ 500$
8. *Coscinodiscus dispar*. Mic. opt.  $\times 1\ 200$
9. *Stephanodiscus carconensis*. Mic. opt.  $\times 1\ 300$

NIVEAU 1 258

10. *Stephanodiscus astrea* var. *spinulosa*. Mic. opt.  $\times 1\ 500$
11. *Stephanodiscus carconensis* var. *pusilla*. Mic. opt.  $\times 1\ 500$

zone centrale étroite très légèrement déprimée sur laquelle quelques pores se groupent en rosette. A partir de cette zone centrale partent des pores disposés en séries radiales (18 en  $10 \mu$  et 18 pores en  $10 \mu$ ). Ces pores s'arrêtent vers la zone marginale où s'individualise un anneau hyalin circulaire de largeur plus ou moins régulière. Cet anneau se prolonge vers l'extérieur par des crêtes régulièrement disposées (environ 4 en  $10 \mu$ ) qui ont une forme identique. Le diamètre des cellules varie entre 25 et  $40 \mu$ .

Cette espèce présente les principaux caractères reconnus dans une forme de SCHMIDT (Tafel 57, fig. 43) : mince zone hyaline marginale, crêtes courtes de forme très régulière, présence de quelques pores au centre de la valve, séparés des autres. Malheureusement nous ne connaissons ni sa répartition stratigraphique, ni ses affinités écologiques.

*Coscinodiscus dispar* Peragallo et Heribaud (Pl. VI, n° 3-4, n° 5-6)

Cette espèce fera l'objet d'une description et d'une discussion plus approfondies dans le paragraphe qui traitera des Diatomées des formations affleurantes du Kerki, où elle est très abondante, et affectée de variations morphologiques importantes.

La valve est de petite taille ( $16 \mu$ ) ; les pores sont répartis sur toute la surface du test (18 en  $10 \mu$ ) ; ils sont moins serrés au centre (13 à 15 en  $10 \mu$ ) où ils se résolvent en alvéoles jointives.

Les photos prises au stéréoscan (n° 3-4) concernent certainement cette même espèce, bien que la taille (28 à  $35 \mu$ ) soit bien supérieure à celle que HERIBAUD (1893, p. 194) propose dans sa diagnose (8 à  $22 \mu$ ).

*Coscinodiscus subtilis* Ehr. var. *rothii* Grunow (Pl. VII, n° 1)

Valve circulaire presque plate ; diamètre 30 à  $40 \mu$  environ. Les pores qui se résolvent en alvéoles (15 en  $10 \mu$ ) sont groupés en fascicules contenant une crête située au milieu du bord marginal de chaque fascicule.

Répartition stratigraphique : Miocène-Récent. LOHMAN (1938) la signale dans la « San Joaquin Formation » d'âge Pliocène, dans les dépôts du « Otis Basin » du Miocène de l'Oregon ; d'après cet auteur, 1937, elle aurait une distribution générale dans les eaux douces, saumâtres ou marines.

*Cyclotella transilvanica* Pant. var. *disseminatopunctata* Pantocsek (Pl. VII, n° 2)

Valve plate de 10 à  $15 \mu$  de diamètre. Chacune des deux zones a une structure bien différenciée. Sur la zone centrale, les pores, disposés en files radiales très peu serrées, n'atteignent pas la zone marginale. Celle-ci est divisée en une série de petites chambres subquadratiques séparées par des cloisons courtes et épaisses (8 en  $10 \mu$ ).

*C. transilvanica* fut découverte par PANTOCSEK dans le gisement miocène de Köpecz (1903, Pl. III, t. XXXVI fig. 511).

*Coscinodiscus sp.* (Pl. VII, fig. 4)

Petite valve très bombée, entièrement recouverte d'alvéoles hexagonales à structure complexe. Diamètre  $12 \mu$ . Alvéoles 12 en  $10 \mu$ .

*Melosira italica* (Ehr.) Kütz car. *laevis* (Ehr.) Grunow (Pl. VII, n° 5)

Diamètre  $10 \mu$ . Hauteur  $13 \mu$ . Ornementation très fine (30 stries et 30 pores en  $10 \mu$ ). Le sulcus est profond, les dents de longueur régulière mais très fortes. Sur quelques cellules, l'ornementation s'arrête assez loin du pseudosulcus.

L'espèce d'Alandjaga est semblable à *M. (crenulata* var. ?) *semilaevis* Grun. représentée par Van HEURCK (1880, pl. LXXXVIII, fig. 18). Aucune indication sur sa répartition stratigraphique n'est donnée dans le Synopsis.

RÉHAKOVA, 1965, la signale dans le gisement Pliocène de Kojakovice, PANTOCSEK, 1903, dans un tuff marin ou saumâtre, d'âge Sarmatien, en Hongrie, CLEVE EULER, 1968, signale qu'il s'agit d'une forme d'eau peu profonde, de marécage.

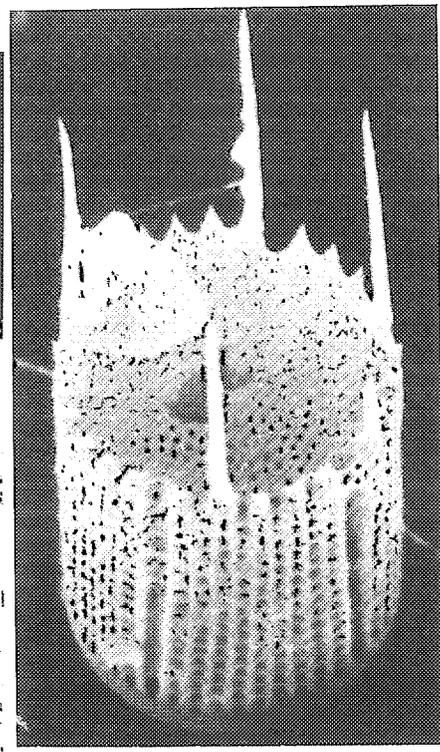
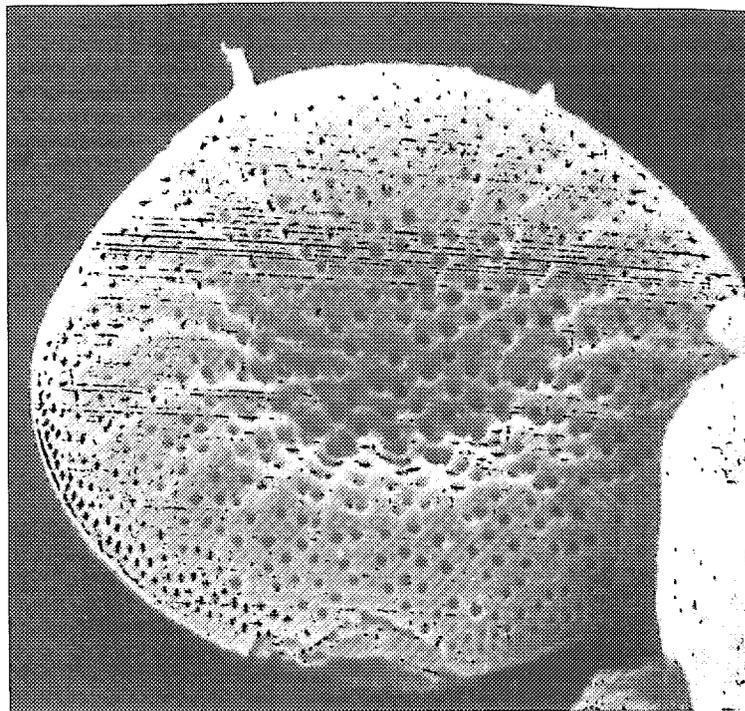
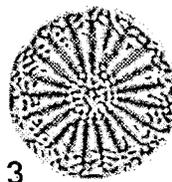
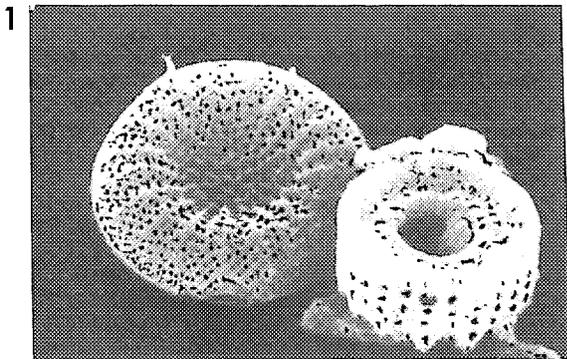
L'espèce d'Alandjaga a été déterminée à partir de la lame n° 263 de la collection de TEMPÈRE et PERAGALLO. Cette lame concerne un dépôt d'eau douce de Moissac (Cantal), d'âge Miocène, étudié par HERIBAUD 1903, p. 57.

*Coscinodiscus antiquus* (Grun.) A. Cleve (Pl. VII, n° 7)

Valve peu bombée entièrement recouverte d'alvéoles hexagonales à structure très complexe, disposées en séries excentriques et dont la taille diminue légèrement vers le bord (12 en  $10 \mu$ ), diamètre  $21 \mu$ .

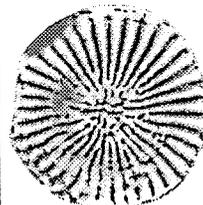
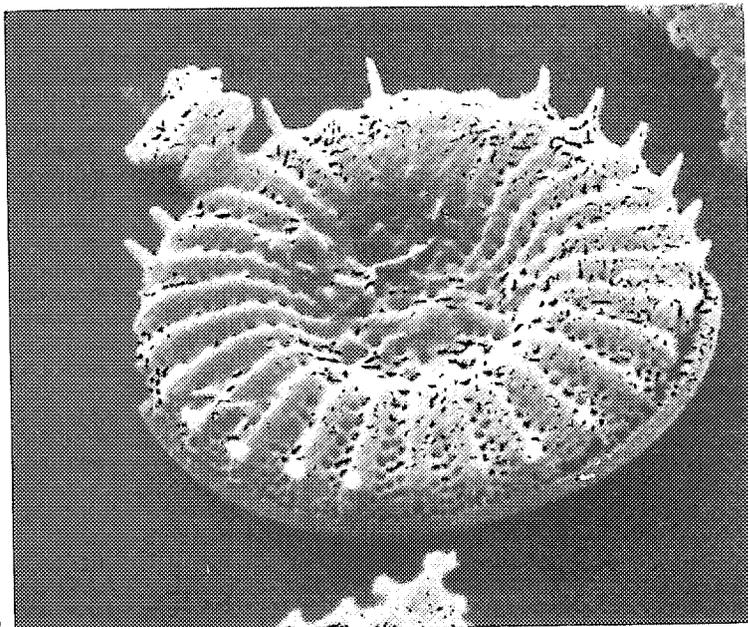
*Stephanodiscus carconensis* Grun. (Pl. VII, n° 9, pl. VIII)

Valve circulaire à zone centrale étroite mais très déprimée. A partir de cette zone partent des rayons hyalins épais, rectilignes, peu serrés (5 en  $10 \mu$ ) qui se terminent par des crêtes très fortes. Ces rayons hyalins divisent la valve en faisceaux d'égale largeur



2

4



5

6

PLANCHE VIII.

NIVEAU 1 257

NIVEAU 1 568

1. *Stephanodiscus carconensis pusilla*. Stéréoscan  $\times 2\ 300$
2. *Melosira distans*.
2. Idem  $\times 5\ 800$
3. *Stephanodiscus carconensis pusilla*. Mic. opt.  $\times 1\ 500$
4. *Melosira granulata*. Stéréoscan  $\times 2\ 300$

5. *Stephanodiscus astrea minutula*. Stéréoscan  $\times 5\ 500$
6. *Stephanodiscus astrea minutula*. Mic. opt.  $\times 1\ 400$

dans lesquels on peut compter d'abord deux et jusqu'à six rangées de pores. Il y a une zone marginale où les pores sont déjà plus serrés ; elle contient des crêtes. Le diamètre de la valve d'Alandjaga (25-30  $\mu$ ) est faible par rapport à celui de l'holotype (50  $\mu$ ) ; l'espèce sera cependant rapportée à *S. carconensis* en raison de la similitude des caractères morphologiques.

D'autres individus, également très nombreux dans le niveau 1 257, appartiennent à la variété *pusilla* ou *minor*. Ils sont de très petite taille (environ 10  $\mu$ ), ne possèdent pas de zone marginale différenciée, et les crêtes plus petites sont très irrégulièrement disposées ou absentes.

D'après LOHMAN, 1938, p. 89, *Stephanodiscus carconensis* « has been found in fresh water lake beds of supposed Pliocene age in Oregon and has not been reported living ».

Elle ne semble pas exister en Europe, alors qu'elle est répandue dans les dépôts ante-quaternaires d'Amérique du Nord.

A Alandjaga, elle est très abondante dans le seul niveau 1 257.

#### Remarques à propos de l'évolution morphologique des *Stephanodiscus*

Les stries hyalines des *Stephanodiscus* reconnus dans le deuxième stade d'Alandjaga se présentent sous des aspects variables. Elles sont courtes et fines dans le niveau 1 250, courtes et épaisses dans le niveau sus-jacent 1 252, ultérieurement elles deviennent longues et fines (ech. 1 252) ou longues et épaisses (ech. 1 252 et surtout 1 257). Tout se passe en apparence comme s'il y avait passage continu, au cours du temps, entre ces différents types morphologiques. L'évolution se ferait par allongement et par épaississement des stries (fig. 5).

On peut en outre se demander si l'espèce actuelle *S. astrea* ne dérive pas de l'espèce *S. carconensis* var. *pusilla*. Au microscope optique, les *Stephanodiscus* ont été attribués à l'espèce *S. carconensis* var. *pusilla* ou *minor*. (Pl. VIII, n° 3). Le même niveau, étudié au stéréoscan montre des *Stephanodiscus* ayant la même taille et le même nombre de stries mais avec la différence que les stries, beaucoup moins apparentes qu'au microscope optique, évoquent plutôt l'espèce *S. astrea*. Cette différence pourrait s'expliquer en admettant que les fortes stries sont internes : elles apparaissent en lumière transmise mais elles ne peuvent pas être observées au stéréoscan. Il semble donc qu'il n'y ait pas de profondes différences en vue externe entre les valves de *S. carconensis pusilla* et *S. astrea*. En

définitive, une diminution progressive de l'épaisseur des stries internes de *S. carconensis* pourrait conduire à *S. astrea*. Cette conclusion demeure hypothétique ; elle devra être étayée par des études plus approfondies au stéréoscan des faces internes et externes de ces deux espèces.

La fin du stade II correspond à la disparition momentanée de ces espèces à ondulations concentriques. Avec le stade III apparaissent les Diatomées du genre *Coscinodiscus* : leurs valves sont caractérisées par deux dépressions symétriques par rapport au diamètre, l'une concave, l'autre convexe.

Le troisième stade. Il correspond à des dépôts argileux où s'intercalent des lits de diatomite, le tout ayant une épaisseur de 6 à 7 m environ. Les Diatomées éteintes sont moins nombreuses que dans le stade précédent.

#### Evolution du milieu lacustre

Le rapport C/P évolue de manière rythmique (fig. 3), ce qui indique que le milieu lacustre a connu des variations de profondeur. Ce rapport reste toutefois supérieur à 1, la flore planctonique demeure toujours bien représentée, les valves sont bien conservées et dans l'ensemble le stade III semble correspondre à un milieu de sédimentation plus profond et plus calme que pendant les stades précédents. Il n'y a pas d'épisode d'assèchement ou de concentration saline.

La microflore planctonique est surtout représentée par des *Melosira*, des *Coscinodiscus*, et à partir de l'échantillon 1 568 par le genre *Stephanodiscus* qui avait auparavant momentanément disparu.

#### Remarques sur la morphologie des *Coscinodiscus* (Pl. IX, n° 1, 2, 3, 4, 5, 6)

Le stade III contient en abondance des *Coscinodiscus* tous caractérisés par la même forme générale : la valve présente deux ondulations symétriques par rapport au diamètre, l'une concave, l'autre convexe. Ce caractère se rencontre dans l'espèce actuelle *Coscinodiscus lacustris* et sa variété *septentrionalis*. Il faut toutefois souligner que les individus rencontrés à Alandjaga ne peuvent pas être assimilés à l'espèce actuelle et qu'ils présentent entre eux des différences morphologiques assez marquées intéressant la taille, le nombre des stries et des pores en 10  $\mu$ . Trois groupes principaux peuvent y être distingués.

Groupe I : taille 10-12  $\mu$ , stries espacées, pas de crêtes marginales. Il n'y a pas d'espèce actuelle présentant ces caractères. Les individus se rattachant à ce

FIG. 5.

A. Le test présente des ondulations concentriques. Les stries hyalines sont étroites et en relief → Groupe des <i>Stephanodiscus astrea</i> .																																												
Stade II	I. Les stries hyalines sont courtes I.a - fines : <i>St. transilvanicus</i> I.b - épaisses : <i>St. cf. Kanitzii forma inermis</i>	1250 : Pl. IV 1.2.3 1251 : Pl. V 1.2																																										
	II. Les stries hyalines sont longues II.a - fines : <i>St. astrea</i> aff. <i>carconensis</i> II.b - épaisses : $\left\{ \begin{array}{l} \text{St. carconensis pusilla} \\ \text{St. carconensis} \\ \text{St. astrea sub-actuelle} \end{array} \right.$	1252 : Pl. V 3 1252 : Pl. V 4.5 1257 : Pl. VII 9 1572 :																																										
B. Le test présente deux ondulations de convexité opposée symétrique par rapport au diamètre. Les espaces hyalins sont larges et non en relief → Groupe des <i>Coscinodiscus lacustris</i> .																																												
Stade III	I. Individus de petite taille	<table border="1"> <thead> <tr> <th><math>\theta \mu</math></th> <th>Stries</th> <th>Pores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>11,8</td> <td>35</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>10,5</td> <td>23</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>23</td> <td>12</td> </tr> </tbody> </table>	$\theta \mu$	Stries	Pores	11,8	35	12	10,5	23	12	12	23	12																														
	$\theta \mu$		Stries	Pores																																								
11,8	35	12																																										
10,5	23	12																																										
12	23	12																																										
	<p><i>Coscinodiscus prae-lacustris minor</i></p>	Pl. IX 1 1258 : Pl. IX 2 Pl. IX 3																																										
	II. Individus de grande taille																																											
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Espèces actuelles</th> <th colspan="3">Espèces d'Alandjaga</th> </tr> <tr> <th colspan="3"><i>C. lacustris septentrionalis</i></th> <th colspan="3"><i>C. prae-lacustris septentrionalis</i></th> </tr> <tr> <th><math>\theta \mu</math></th> <th>Stries</th> <th>Pores</th> <th><math>\theta \mu</math></th> <th>Stries</th> <th>Pores</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23</td> <td>68</td> <td>14</td> <td>28</td> <td>58</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>20-75</td> <td>150</td> <td>12-15</td> <td>22</td> <td>58</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>28</td> <td>84</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><i>C. lacustris</i></td> <td colspan="3"><i>C. praelacustris</i></td> </tr> </tbody> </table>	Espèces actuelles			Espèces d'Alandjaga			<i>C. lacustris septentrionalis</i>			<i>C. prae-lacustris septentrionalis</i>			$\theta \mu$	Stries	Pores	$\theta \mu$	Stries	Pores	23	68	14	28	58	12	20-75	150	12-15	22	58	15				28	84	14	<i>C. lacustris</i>			<i>C. praelacustris</i>			Pl. IX 6 1568 : Pl. IX 5 1568 : Pl. IX 4
Espèces actuelles			Espèces d'Alandjaga																																									
<i>C. lacustris septentrionalis</i>			<i>C. prae-lacustris septentrionalis</i>																																									
$\theta \mu$	Stries	Pores	$\theta \mu$	Stries	Pores																																							
23	68	14	28	58	12																																							
20-75	150	12-15	22	58	15																																							
			28	84	14																																							
<i>C. lacustris</i>			<i>C. praelacustris</i>																																									

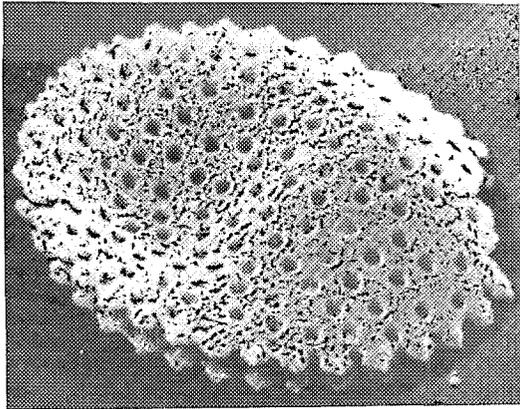
groupe seront par commodité désignés sous le terme *Coscinodiscus praelacustris* var. *minor*. Ils sont particulièrement nombreux dans l'échantillon 1 258.

*Groupe II* : taille 20-30  $\mu$ , pores plus petits que précédemment, stries plus rapprochées. Dans la mesure où les individus de ce groupe ne peuvent pas être vraiment assimilés à l'espèce actuelle *C. lacustris* var. *septentrionalis*, nous les nommerons *C. prae-*

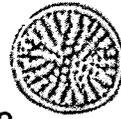
*lacustris septentrionalis*. (Pl. IX, n° 5). Ils constituent l'essentiel de la diatomite du niveau 1 568.

*Groupe III* : taille 30  $\mu$ , stries encore plus serrées que précédemment. La morphologie est intermédiaire entre celle de *C. praelacustris septentrionalis* et celle de l'actuelle *C. lacustris*. (Pl. IX, n° 4).

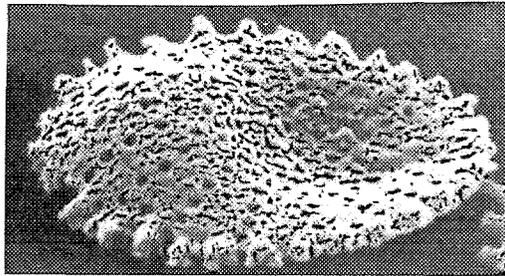
Cette classification n'a qu'une valeur locale ; elle



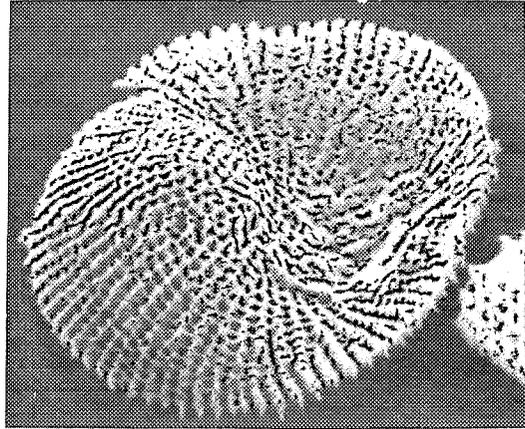
1



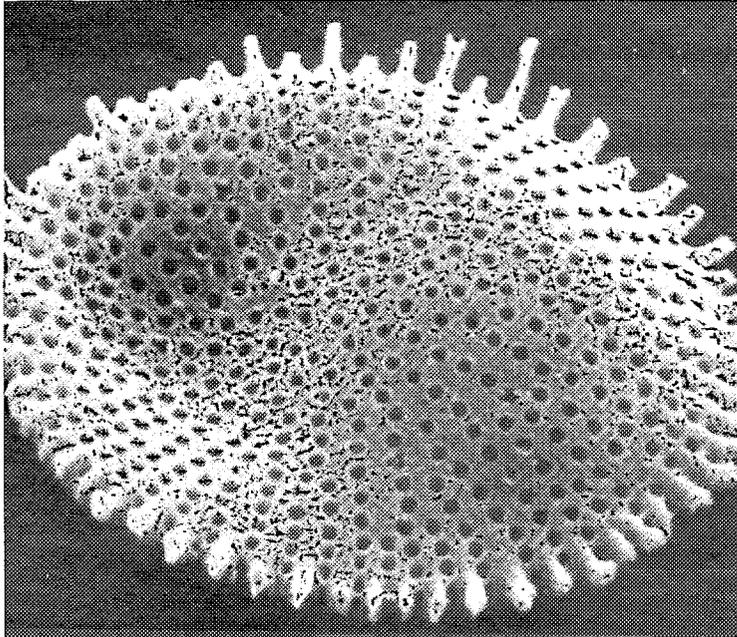
2



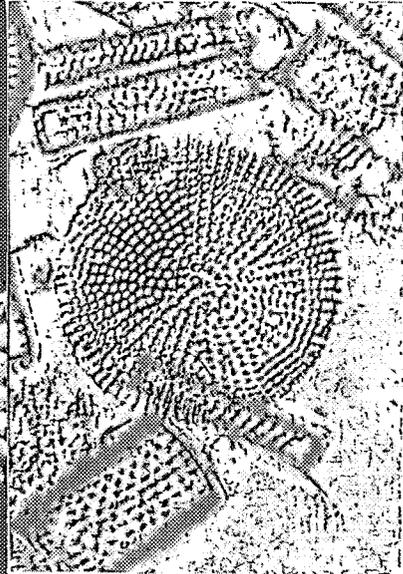
3



4



5



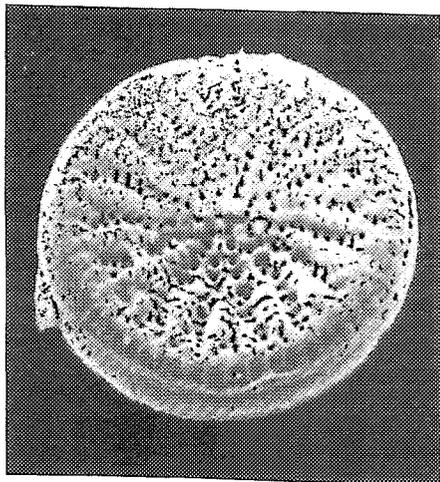
6

PLANCHE IX : Le niveau 1 568

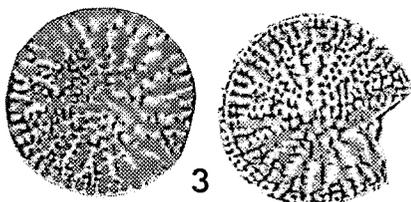
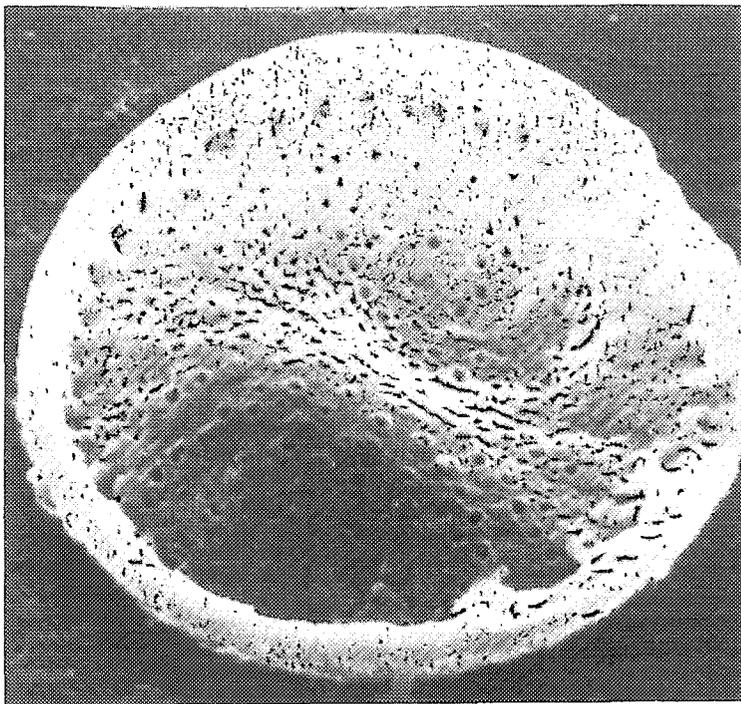
- 1. *Coscinodiscus praelacustris minor*. Stéréoscan  $\times 5\,500$
- 2. Idem. Mic. opt.  $\times 1\,400$
- 3. Idem. Stéréoscan  $\times 5\,800$

- 4. *C. praelacustris*. Stéréoscan  $\times 2\,250$
- 5. *C. praelacustris* var. *septentrionalis*. Stéréoscan  $\times 5\,000$
- 6. Idem. Mic. opt.  $\times 1\,300$

1



2



3

4



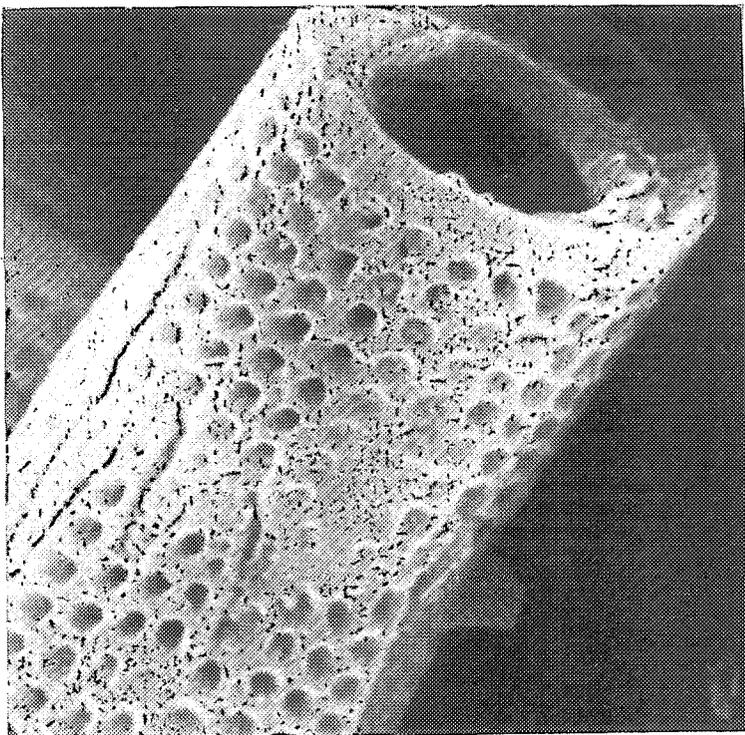
6



7



5



NIVEAU 1 564

1. *Cyclotella* nov. sp. Stéréoscan  $\times 2\ 400$
2. La même vue interne. Stéréoscan  $\times 5\ 200$
3. Idem Mic. opt.  $\times 1\ 100$
4. Association caractéristique du niveau :

PLANCHE X.

*Melosira islandica* near *granulata*. Mic. opt.  $\times 1\ 100$ *Cyclotella* nov. sp.5. *Melosira islandica* near *granulata*. Stéréoscan  $\times 2\ 200$ 6. } Mic. opt.  $\times 1\ 000$ 

7. }

suggère que les *Coscinodiscus* d'Alandjaga sont des formes archaïques de *C. lacustris*.

*La flore du niveau 1 564 (Pl. X)*

C'est un mince niveau argileux à Diatomées constitué à peu près pour moitié de Diatomées et pour moitié d'argile. Deux espèces seulement forment 90 % de la flore.

*Cyclotella* nov. sp. (Pl. X, n° 1, 2, 3)

Il s'agit très certainement d'une espèce nouvelle, une attribution spécifique lui sera donnée ultérieurement. En raison de l'ornementation de la face externe de la valve, nous pensions tout d'abord qu'il s'agissait d'un *Stephanodiscus*, mais la structure de la face interne de la valve, révélée par le microscope électronique, est attribuable à celle des *Cyclotella*. (ROUND, 1970, p. 594).

Valve circulaire de 15 à 30  $\mu$  de diamètre, présentant comme les espèces du « groupe des *Coscinodiscus* », deux ondulations symétriques par rapport au diamètre de direction inverse. Les pores (qui peuvent se résoudre en alvéoles) sont disposés par deux en quinconce sur des lignes radiales assez espacées, laissant entre elles des espaces hyalins larges non en relief, (5 en 10  $\mu$ , 10 pores en 10  $\mu$ ). Il y a prédifférenciation d'une zone marginale, indiquée par des stries courtes à une rangée de pores.

En vue interne, le stéréoscan permet de voir une série de chambres séparées par des cloisons épaisses mais très courtes. Cette structure n'existe pas chez les *Stephanodiscus*. La membrane supérieure qui protège de l'extérieur ces petites chambres internes est percée de nombreux petits pores visibles sur la photo n° 1.

Cette espèce a été retrouvée en abondance dans le sondage de Naala (comparer la planche X et la photo n° 10 de la planche XIV), dans un niveau qui se trouve actuellement à l'altitude 89 m.

*Melosira islandica* O. Mull. near *granulata*  
(Pl. X, n° 4-7)

Elle forme avec *Cyclotella* nov. sp. la trame de la diatomite. Ses caractères morphologiques sont remarquablement constants.

Diamètre 9 à 12  $\mu$ , généralement 10  $\mu$ . Hauteur 10 à 18  $\mu$ , le plus souvent 12  $\mu$ , pores sphériques régulièrement disposés 10 en 10  $\mu$ . Voici ce qu'en dit Van LANDINGHAM (1967, p. 13) : « this variety closely resembles *Melosira islandica* var. *curvata* vel. *spiralis*, but is not curved ». Elle est fréquente dans le Miocène de l'Oregon. Il semble également que la *Melosira* sp.

que RÉHAKOVA a décrite dans le Miocène de Hongrie (1965, Tag. VII, fig. 2) soit une espèce similaire.

Au microscope optique, les dents apparaissent courtes. Une photographie au stéréoscan, qui ne peut concerner que cette même espèce étant donné sa présence presque exclusive dans la lame, révèle que les dents sont de longueur inégale, structure qui est en réalité celle des *M. granulata*. Pour cette raison, il serait préférable d'en faire une *Melosira granulata* near *islandica*. Mais nous garderons la première dénomination dont la priorité revient à Van LANDINGHAM.

En raison de son abondance, particulièrement dans le niveau 1 564, et de sa localisation dans une tranche peu épaisse de sédiment, cette Diatomée semble pouvoir constituer un repère stratigraphique au moins régional.

*La flore des niveaux 1 565, 1 566, 1 567*

Ces niveaux correspondent à une diminution du rapport C/P et à une plus grande diversité spécifique de la microflore. Nous nous limiterons à la description de deux espèces susceptibles de présenter un intérêt stratigraphique. Elles ont été rencontrées dans l'échantillon 1 565.

*Cyclotella iris* Brun et Heribaud (Pl. XI, n° 2)

Valve circulaire, bombée, de 25  $\mu$  de diamètre. La zone centrale bien délimitée possède de gros pores sphériques assez espacés. La zone marginale très large, est formée de fortes stries ondulantes, tantôt courtes (1/3 du rayon) tantôt longues (2/3 du rayon). Près du bord, une série de chambres quadratiques internes (3 en 10  $\mu$ ) s'intercalent entre les stries. Sur la face connective, on distingue des stries très fines.

Répartition stratigraphique : d'après EHRlich, 1966, p. 317, « c'est une forme éteinte dont l'aire de répartition semble avoir été réduite, elle n'a été décrite à notre connaissance que dans quelques gisements à Diatomées du Cantal et signalée en Egypte. Ces gisements du Cantal viennent d'être attribués au Pliocène supérieur et au Villafranchien ». Elle fut signalée par REY et DURAND, 1964 dans le Pliocène et le Villafranchien d'Egypte.

*Cyclotella iris* var. *cocconeiformis* Heribaud

Valve elliptique, le grand axe mesure 17  $\mu$ , le petit 12  $\mu$ . Les stries sont de la même longueur (18 en 10  $\mu$ ), elles délimitent une aire centrale ovale sans ponctuations. Les stries présentent vers le bord marginal des épaississements réguliers qui pourraient être les parois de loges marginales.

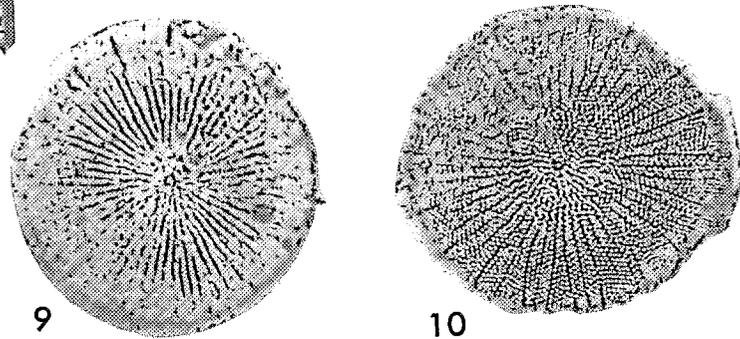
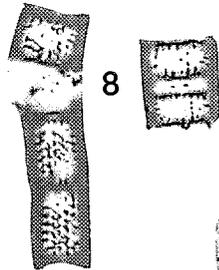
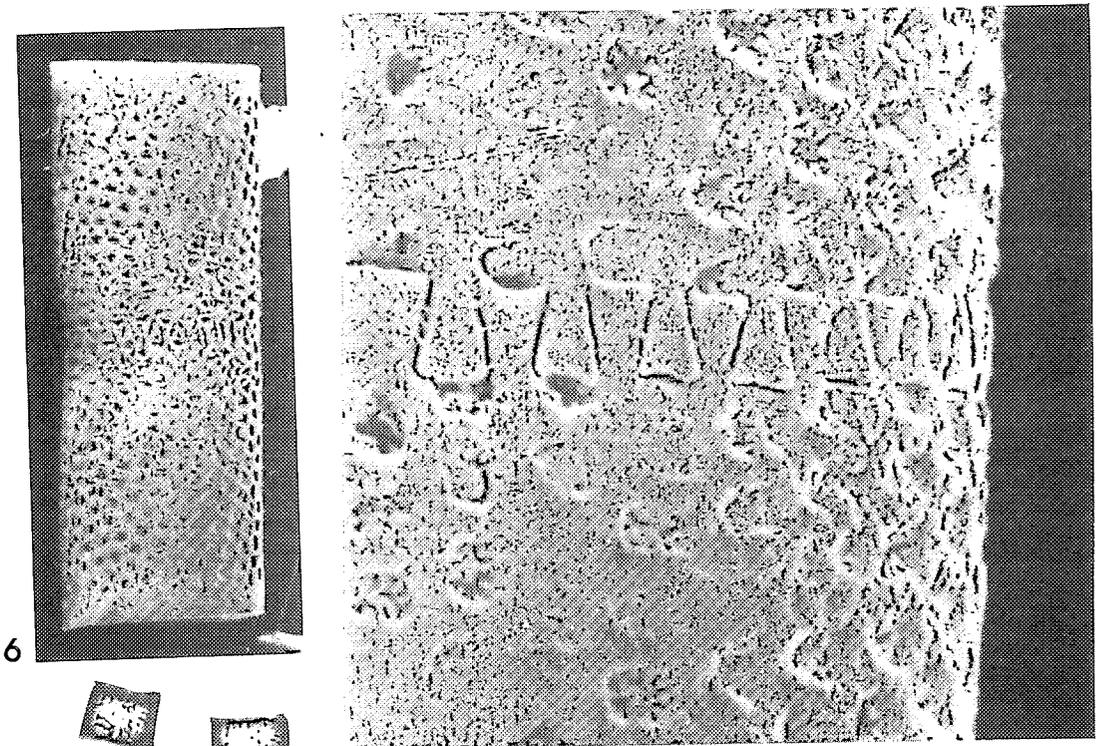
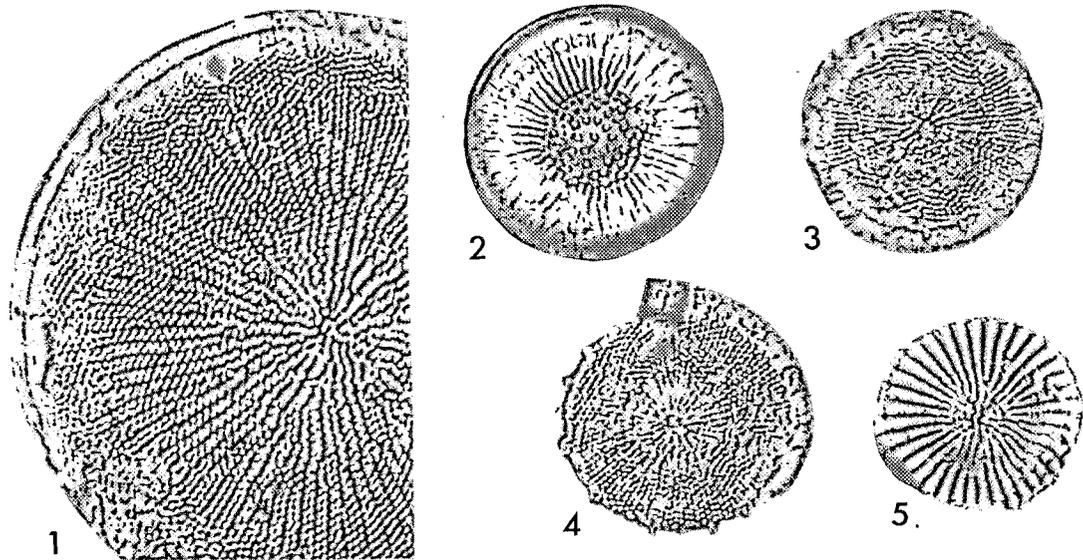


PLANCHE XI.

NIVEAUX 1 564-1 570

1. *Stephanodiscus niagarae*. Mic. opt. ×

NIVEAU 1 565

2. *Cyclotella iris*. Mic. opt. ×1 400

NIVEAU 1 568

3. et 4. *Coscinodiscus tuberculatus*. Mic. opt.

5. *Stephanodiscus* sp.

6. *Melosira granulata*. Stéréoscan. ×2 300

7. *Melosira granulata*. Stéréoscan ×11 500

NIVEAU 1 570

8. *Melosira distans*. Mic. opt. ×

9. *Stephanodiscus niagarae*. Mic. opt. ×

10. *Stephanodiscus carconensis* var. Mic. opt. ×

Répartition stratigraphique : elle est abondante dans la diatomite du Ranc en Ardèche, dans le dépôt d'Auxillac dans le Cantal, daté du Pliocène supérieur. C'est une forme éteinte qui n'a pas encore été signalée en dehors du Massif Central.

Malgré leur rareté à Alandjaga, le seul fait de leur présence permet de dire que les niveaux 1 565 et 1 566 ont pu se déposer à la fin du Pliocène.

#### *La flore du niveau 1 568 (Pl. XI, n<sup>os</sup> 3 à 7, Pl. IX)*

Comme dans le niveau 1 564, la microflore est caractérisée par un petit nombre d'espèces largement dominantes. *Melosira granulata* représente 69 % de l'ensemble, *Cyclotella* nov. sp. 3,9 %, et *Coscinodiscus praelacustris* var. *septentrionalis* 8 %. Le reste de cette microflore comprend notamment : *Cymbella ventricosa*, souvent décrite dans les gisements pliocènes *Coscinodiscus tuberculatus* dans le niveau sous-jacent (1 256), et quelques *Stephanodiscus*. Ces derniers sont difficilement déterminables et pourraient être assimilés aux *S. astrea* archaïques que nous verrons apparaître plus haut dans la coupe.

#### *Melosira granulata* (Ehr.) Grun. (Pl. XI, n<sup>o</sup> 6-7)

C'est l'espèce la plus fréquente de ce niveau. Diamètre 12  $\mu$ , hauteur 17  $\mu$ , pores 9 en 10  $\mu$ , stries 9 en 10  $\mu$ . Les pores sont disposés de manière régulière et ils contiennent, comme c'est le cas général dans le genre *Melosira*, un crible bien visible sur la photographie au stéréoscan. La conservation de ce crible dans les espèces fossiles est assez rare, il s'agit en effet d'une structure fragile qui disparaît parfois avant même que les Diatomées soient tombées sur le fond (SCHRADER 1971).

Les dents ont une forme simple, (Pl. XI, n<sup>o</sup> 7). Sur la partie gauche de la photographie, on distingue des petits crochets qui semblent renforcer le système de cohésion. On peut se demander si la simplicité de cette structure ne constitue pas un caractère archaïque.

#### *Coscinodiscus praelacustris* var. *septentrionalis* (Pl. IX, n<sup>o</sup> 5-6)

L'espèce *C. praelacustris* est essentiellement représentée par sa variété *septentrionalis* (diamètre 28  $\mu$ , stries 10 en 10  $\mu$ , pores 14 en 10  $\mu$ ). Sur les photographies au stéréoscan, on observe beaucoup mieux qu'au microscope optique, les ondulations de la valve et les crêtes marginales assez longues qui prolongent les espaces hyalins.

#### *La flore du niveau 1 569*

Ce niveau beaucoup moins riche en Diatomées que le précédent est caractérisé par la présence d'un plus grand nombre de Pennales : 16 espèces ont été déterminées. La couche sous-jacente n'en contenait que trois (1 568). Ce changement ne s'accompagne pas d'une modification sensible du rapport C/P, ce qui signifie qu'en nombre d'individus, les Pennales ne sont pas plus importantes que précédemment.

#### *La flore du niveau 1 570 (Pl. XI, n<sup>o</sup> 8 à 10)*

Ce niveau est caractérisé par l'association de *Melosira granulata* (65 %), *Melosira distans* (environ 2 %) et de *Stephanodiscus niagarae*, cette espèce devenant ici très abondante elle représente 31 % de la flore. (Pl. XI, n<sup>o</sup> 1). La même association sera rencontrée dans un témoin sédimentaire isolé à *Loxodonta* sp. (El Djour el Sayal).

#### *Stephanodiscus niagarae* Ehrenberg

La valve circulaire (50  $\mu$  de diamètre) est légèrement déprimée au centre. Les pores (15 en 10  $\mu$ ) sont disposés par deux en lignes radiales ondulantes. Près du bord, ils perdent leur disposition radiale, ils sont plus serrés, ils forment une zone marginale bien différenciée sur laquelle se détachent de longues crêtes irrégulièrement disposées.

La détermination a été effectuée à partir de la lame de référence n<sup>o</sup> 686 de la collection de TEMPÈRE et PERAGALLO, provenant du gisement fossile de Huecorio au Mexique.

Cette espèce vit encore actuellement, mais Jusé pense qu'au Pliocène supérieur (1966, p. 14-16) on peut la trouver en abondance : « elle constitue 90 % de la flore dans un gisement du Pliocène supérieur d'Arménie et de Géorgie, de même elle participe comme élément dominant dans des associations de diatomées du Pliocène supérieur en de nombreux endroits d'URSS et des États Unis ».

A Alandjaga, *S. niagarae* se développe en abondance dans la couche 1 570, mais elle disparaît ensuite dès le niveau 1 572. Dans la mesure où elle ne se rencontre à Alandjaga que dans une tranche peu épaisse de terrain, cette espèce semble pouvoir constituer un repère stratigraphique d'intérêt local.

#### *La flore des niveaux 1 571 à 1 576*

Ces niveaux correspondent à environ 4 m d'argile et de diatomites intercalées. La microflore présente

ici des changements importants qui définissent la fin du stade III :

— *Les Centrales archaïques localement très abondantes dans les termes sous-jacents disparaissent progressivement* (fig. 4).

— *Il y a par contre apparition d'espèces qui connaissent un développement important au cours du Quaternaire et en particulier pendant le Pleistocène supérieur et l'Holocène du Tchad* (S. SERVANT en préparation). Mais à Alandjaga et contrairement à ce qui est observé dans les dépôts plus récents, ces espèces présentent de grandes variations morphologiques. La fin du stade III correspond ainsi à une époque au cours de laquelle les caractères morphologiques des espèces considérées ne sont pas encore définitivement fixés. Parmi ces espèces nous citerons *Stephanodiscus astrea* et *Cyclotella comta* var. *radiosa*.

*Cyclotella comta* var. *radiosa* Grunow

Nous regroupons sous cette appellation des Cyclotelles parfois attribuées dans la littérature à des variétés ou même à des espèces différentes. Nous pouvons distinguer trois types morphologiques.

Dans le premier, les Cyclotelles présentent une grande zone centrale, avec de gros pores disposés en files rayonnantes espacées et diminuant de taille du bord vers le centre ; c'est en considérant ce dernier caractère que HERIBAUD a distingué la variété *decrecens*. La zone marginale est formée de stries épaisses, ondulantes, alternativement courtes et longues ; on n'observe pas clairement les logettes marginales internes.

Dans le second, l'ornementation de la zone marginale ne subit pas de modification par rapport au type précédent mais il y a augmentation du diamètre de la zone centrale. Celle-ci présente, en son milieu, une petite dépression circulaire, les pores sont petits et disposés sans ordre.

Dans le troisième, les pores, de très petite taille au centre de la valve, s'agrandissent progressivement pour former, à la périphérie de la zone centrale, une couronne de gros pores qui semblent avoir une structure très complexe. La zone marginale présente peu de variations, mais les logettes quadratiques y sont très nettes. MANGUIN signale dans le Villafranchien de l'Illamane (*in* ROGNON, 1967 p. 461) une *Cyclotella kutzingiana* à valves dimorphes, ce qui est considéré comme un caractère archaïque ; l'une des deux valves est caractérisée par une couronne de gros pores identique à celle que nous venons de décrire.

Les *Cyclotella comta* var. *radiosa* sont signalées dans le Villafranchien du Velay (EHRlich, 1967). En Tchécoslovaquie, elle apparaît au Quaternaire ancien (RÉHAKOVA, 1969 p. 280). En Russie, elle n'est connue que dans le Quaternaire récent (JUSÉ, 1966, p. 20).

*Stephanodiscus astrea* (Ehr.) Grunow

Cette espèce constitue 12 % de la flore du niveau 1 572. Comme la précédente, elle présente de nombreuses variations morphologiques intéressant l'épaisseur des stries hyalines et le nombre de pores groupés par deux ou par trois dans les espaces interhyalins. Des variations comparables ont été observées dans les *S. astrea* du Velay ; mais elles ne justifient pas la distinction d'espèces différentes (EHRlich, 1967, p. 300).

*Les Melosira*

De très nombreuses espèces se développent dans les niveaux 1 571 à 1 576. Deux d'entre elles seront retrouvées dans les coupes de la région du Lac Tchad (sondage de Naala) :

— La première est de grande taille ; l'ornementation grossière ; les dents exceptionnellement grandes traversent toute la valve, les pores sont sub-quadratiques (Pl. XIV, n° 3).

— La deuxième est caractérisée par des dents de structure très particulière, courtes et à base très large. Elles se présentent en dents de scie (Pl. XV, n° 6).

*Le quatrième stade.* Il correspond à des dépôts argileux, sableux ou calcaires, affectés de rapides variations latérales ; des cinérites s'y intercalent localement.

La base est soulignée par une couche constante de diatomite dont la flore, constituée à 90 % de *Melosira*, est très brisée. L'absence ou la mauvaise conservation des Diatomées ne permet pas de préciser les conditions qui ont pu présider à la mise en place des sédiments.

(3) *L'évolution des associations de Diatomées à Alandjaga : résumé et interprétation biostratigraphique*

Il semble possible de caractériser les différents termes de la série d'Alandjaga par une ou plusieurs espèces dominantes archaïques ou éteintes.

Stade IV .

1 536-1 545 Diatomées rares, fragmentées

Stade III

e) { 1 576 *Cyclotella comta radiosa*  
1 571 *Stephanodiscus astrea*

LES DIATOMÉES DU PLIO-QUATÉRNAIRE TCHADIEN-STRATIGRAPHIE ET PALÉOÉCOLOGIE

- d) 1 570 *Stephanodiscus niagarae*
- c) 1 568 *Coscinodiscus praelacustris* var. *septentrionalis*
- b) 1 564 *Cyclotella* nov. sp.
- a) 1 257 *Coscinodiscus praelacustris* var. *minor*

Stade II

- d) 1 257 { *Stephanodiscus carconensis*  
*Coscinodiscus dispar*
- c) 1 256 { *Coscinodiscus chambonis*  
*Coscinodiscus tuberculatus*
- b) 1 252 { *Cyclotella transilvanica*  
*Cyclotella pygmaea*  
*Coscinodiscus hungaricus*
- a) 1 250 *Stephanodiscus transilvanica*

Stade I

- 1 247 *Melosira islandica* var. *curvata* azoïque à la base.

Le problème qui se pose au terme de l'inventaire systématique est de déterminer si les Diatomées permettent de dater les dépôts d'Alandjaga. Le tableau ci-contre (Fig. 6) emprunté à Jusé 1966, donne la

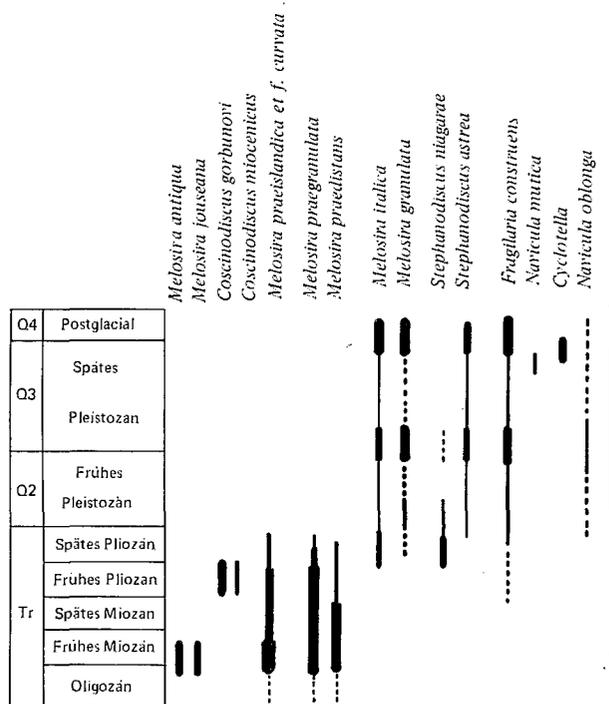


FIG. 6. — (d'après Jusé 1966)

répartition stratigraphique de quelques espèces du Cénozoïque.

— Certaines espèces archaïques, comportant encore quelques caractères marins (*Melosira antiqua*, *M. jouseana*) ne sont connues que dans les termes de passage de l'Oligocène au Miocène. Ces espèces ne sont pas représentées dans la coupe d'Alandjaga.

— Nous avons par contre rencontré des espèces éteintes souvent signalées dans le Miocène (*Cyclotella pygmaea*, *C. transilvanica*).

— L'ensemble de la formation d'Alandjaga contient en abondance *Melosira praegrnulata*, *M. praedistans*. Ces espèces considérées comme des formes ancestrales de *Melosira granulata* et de *M. distans* sont connues dans le Cénozoïque jusqu'au Pliocène supérieur.

— Les *Stephanodiscus niagarae* qui présentent une fréquence maximum vers le sommet de la coupe d'Alandjaga sont représentées au Plio-Pleistocène ancien et surtout au Pliocène supérieur (cf. fig. 6).

— D'après Jusé, *Stephanodiscus astrea* apparaît vers la fin du Pliocène. A Alandjaga, nous ne la connaissons que dans la partie supérieure de la coupe.

— Le genre *Cyclotella* que Jusé signale seulement dans le Quaternaire apparaît au sommet de la série d'Alandjaga (*Cyclotella comta radiosa* au stade III). Il en est de même de *Cyclotella iris* et de sa variété *cocconeiformis* signalées dans le villafranchien du Velay.

La fréquence des espèces éteintes semble pouvoir donner des indications sur l'âge des dépôts. D'après ANDREWS 1971 p. E7 « The older the deposit, the greater the number of extinct species present, and the older the deposit, the fewer species and varieties present ». La figure 7, empruntée à cet auteur, représente les changements qui interviennent au cours du temps dans la fréquence des espèces qui se maintiennent jusqu'à nos jours. On constate par exemple que la microflore de l'Oligocène ne comprend que 20 % de Diatomées actuelles, alors qu'au début du Pliocène, cette fréquence atteint 85 % environ.

A Alandjaga, le nombre des espèces actuellement disparues est de l'ordre de 10 % à la base de la coupe (stade II), et de 3 % au sommet (stade III). Ces fréquences correspondent sensiblement aux valeurs citées par ANDREWS pour le Pliocène et le Pleistocène ancien (secteur hachuré sur le graphique).

En conclusion, l'inventaire spécifique et la fréquence des espèces éteintes suggèrent un âge pliocène pour l'ensemble de la coupe d'Alandjaga, le sommet pouvant

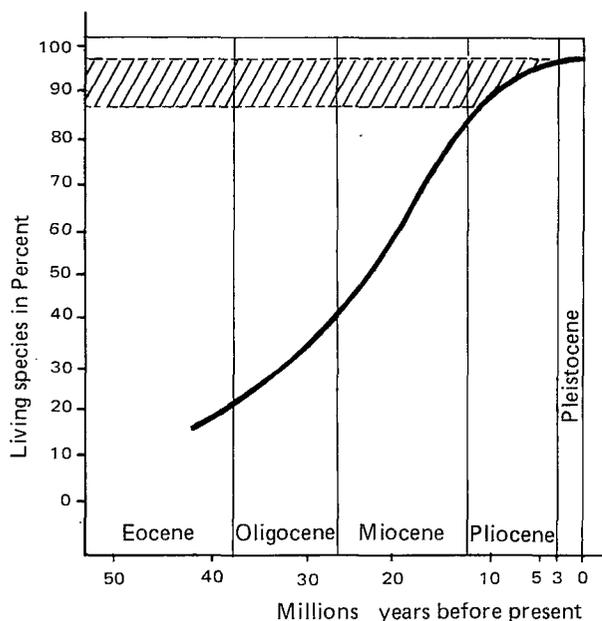


FIG. 7 (d'après ANDREWS, 1971)

toutefois dater du Pliocène supérieur ou du Pleistocène ancien comme l'indique en particulier l'apparition des *Stephanodiscus niagarae*, *S. astrea*, *Cyclotella comta*. Nous reviendrons plus loin sur cette interprétation en la comparant aux indications fournies par les Vertébrés.

(4) Liste des diatomées déterminées dans le gisement d'Alandjaga Oyounga

Classe Bacillariophyceae (Diatomeae).

Ordre Centrales, Schütt, 1896

Sous-Ordre Discineae, Schütt, 1896

Famille Coscinodiscaceae, Kützing, 1844.

genre *Melosira* C.A. Agardh, 1824.

- Melosira ambigua* (Grun.) O. Müller, 1904
- M. distans* (Ehr.) Kützing, 1844
- M. granulata* (Ehr.) Ralfs, 1861
- M. granulata* var. *angustissima* O. Müller, 1899
- M. granulata* cf. var. *Agazii* Ostfeld, 1908
- M. islandica* O. Müller, 1906
- M. islandica* var. *curvata* vel. *spiralis* O. Müller, 1906
- M. italica* (Ehr.) Kützing, 1844
- M. italica* var. *laevis* (Ehr.) Grunow.

genre *Cyclotella* Kützing, 1834.

- Cyclotella meneghiniana* Kützing 1834
- C. comta* var. *radiosa* Grunow 1880. 1891.
- C. pygmaea* Pantocsek 1892
- C. transilvanica* Pantocsek 1892
- C. transilvanica* var. *disseminato-punctata* Pantocsek 1892
- C. iris* Brun et Heribaud 1893
- C. iris* var. *cocconeiformis* Heribaud

genre *Stephanodiscus* Ehrenberg, 1845.

- Stephanodiscus astrea* (Ehr.) Grunow
- S. astrea* cf. var. *transilvanica* Pantocsek 1892 = *Stephanodiscus transilvanicus* Pantocsek 1892
- S. cf. Kanitzii* Grunow forma *inermis* +
- S. carconensis* Grunow, 1878 +
- S. carconensis* var. *pusilla* Grunow +
- S. carconensis* var. *minor* Grunow +
- S. niagarae* Ehrenberg
- S. astrea* var. *intermedia* Fricke, 1901
- S. astrea* var. *spinulosa*
- S. hantzschii* Grunow

genre *Coscinodiscus* Ehrenberg, 1838.

- Coscinodiscus antiquus* (Grun.) A. Cleve.
- C. Chambonis* J. Heribaud, 1893
- C. dispar* N. Peragallo et J. Heribaud, 1893
- C. excentricus* Ehrenberg
- C. hungaricus* Pantocsek, 1892
- C. subtilis* Ehr. var. *rothii* Grunow
- C. tuberculatus* Greville
- C. nov. sp.*
- C. praelacustris* var. *minor*
- C. praelacustris* var. *septentrionalis*

Ordre Pennales Schütt, 1896

Sous-Ordre Araphidinae Hustedt, 1927

Famille FRAGILARIACEAE Schütt, 1896

genre *Opephora* P. Petit, 1888.

*Opephora martyi* Heribaud, 1902

genre *Fragilaria* Lyngbye, 1819.

- Fragilaria construens* (Ehr.) Grun., 1862
- F. construens* var. *venter* (Ehr.) Grun., 1881
- F. pinnata* Ehrenberg, 1843
- F. pinnata* var. *trigona* Brun, et Heribaud
- F. brevistriata* Grunow
- F. inflata* (Heiden). Hust.
- F. rumpens* (Kütz). Carls.

LES DIATOMÉES DU PLIO-QUATERNAIRE TCHADIEN-STRATIGRAPHIE ET PALÉOÉCOLOGIE

genre *Synedra* Ehrenberg, 1830.

- Synedra rumpens* var. *fragilarioides* Grunow  
*S. rumpens* Kützing  
*S. parasitica* var. *subconstricta* W. Smith  
*S. ulna* var. *spathulifera* Grunow, 1881  
*S. dorsiventralis* var. *biconstricta* Manguin, 1952.

Sous-Ordre Raphidiodineae Hustedt, 1927

Famille EUNOTIACEAE Schütt, 1896

genre *Eunotia* Ehrenberg, 1837.

- Eunotia montana* Hustedt  
*E. monodon* Ehrenberg, 1854  
*E. triodon* Ehrenberg  
*E. pectinalis* (Dillw. ? Kützing) Rabhenhorst, 1864  
*E. pectinalis minor* (Kützing) Rabhenhorst, 1864  
*E. papilio* Ehrenberg

Sous-Ordre Monoraphidinae Hustedt, 1927

Famille ACHNANTHACEAE Schütt, 1896

genre *Cocconeis* Ehrenberg, 1838.

- Cocconeis placentula* Ehrenberg, 1838  
*C. fluvialilis* Wallace  
*C. diminuta* Pantocsek  
*C. placentula* var. *euglypta* (Ehrenberg) Cleve, 1895

Sous-Ordre Biraphidinae Hustedt, 1927

Famille NAVICULACEAE, Schütt, 1896

genre *Diploneis* Ehrenberg, 1844.

- Diploneis smithii* (Breb.) Cleve

genre *Anomoeoneis* Pfitzer, 1871.

- Anomoeoneis sphaerophora* (Kützing). Pfitzer, 1871

genre *Cymbella* C. A. Agardh, 1830.

- Cymbella prostrata*  
*C. ventricosa* Kützing, 1844  
*C. turgida* (Greg.) Cleve, 1894  
*C. perpusilla* A. Cleve  
*C. brehmii* Hustedt  
*C. tumida* (Breb.) V. Heurck. 1880

genre *Gomphonema* C. A. Agardh, 1824.

- Gomphonema augustatum* (Kützing) Rabhehorst, 1864  
*G. apicatum*  
*G. parvulum* (Kützing) Grunow, 1880  
*G. ventricosum* Gregory  
*G. acuminatum* Ehrenberg

genre *Epithemiaceae* Hustedt, 1927.

- Epithemia turgida* var. *granulata* Ehrenberg, 1836  
*E. zebra* (Ehr.) Kützing

*E. turgida* (Ehr.) Kützing

*E. intermedia* Fricke

genre *Rhopalodia* O. Muller, 1895.

- Rhopalodia gibberula* (Ehr.) O. Muller  
*R. gibba* (Ehr.) O. Muller, 1895

Famille NITZSCHIACEAE Hassal, 1845.

genre *Hantzschia* Grunow, 1877.

- Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grunow, 1880

genre *Navicula* Bory, 1826.

- Navicula confervacea* Kützing  
*N. cincta* (Ehr.) Kützing  
*N. mutica* Kützing  
*N. radiosa* Kützing, 1844  
*N. cryptocephala* Kützing  
*N. cryptocephala* var. *intermedia* Grunow  
*N. cryptocephala* var. *veneta* Kützing  
*N. gastrum* Ehrenberg, 1843  
*N. viridula* var. *linearis* Hustedt  
*N. perotteti* Grunow  
*N. bacilliformis* Grunow  
*N. cuspidata* Kützing  
*N. pupula* var. *rectangularis* (Greg.) Grunow, 1880

genre *Pinnularia* Ehrenberg, 1843.

- Pinnularia acrospheria* Brebisson  
*P. gibba* var. *subundulata* Mayer  
*P. gibba* Ehrenberg, 1843

genre *Gyrosigma* Hassal, 1845.

- Gyrosigma balticum* (Ehr.) Rabhenhorst  
*G. spencerii* W. Smith

genre *Amphora* Ehrenberg, 1840.

- Amphora ovalis* var. *lybica* (Ehr.) Cleve, 1895  
*Amphora normanii* Rabhenhorst, 1864  
*Amphora veneta* Kützing

genre *Nitzschia* Hassal, 1845, em. Grunow, 1880.

- Nitzschia amphibia* Grunow, 1862  
*N. holsatica* Hustedt  
*N. lancettula* O. Muller  
*N. frustulum* (Kütz.) Grunow, 1880  
*N. angustata* (W. Smith) Grunow

Famille SURIRELLACEAE

genre *Surirella* Turysin

- Surirella* sp.

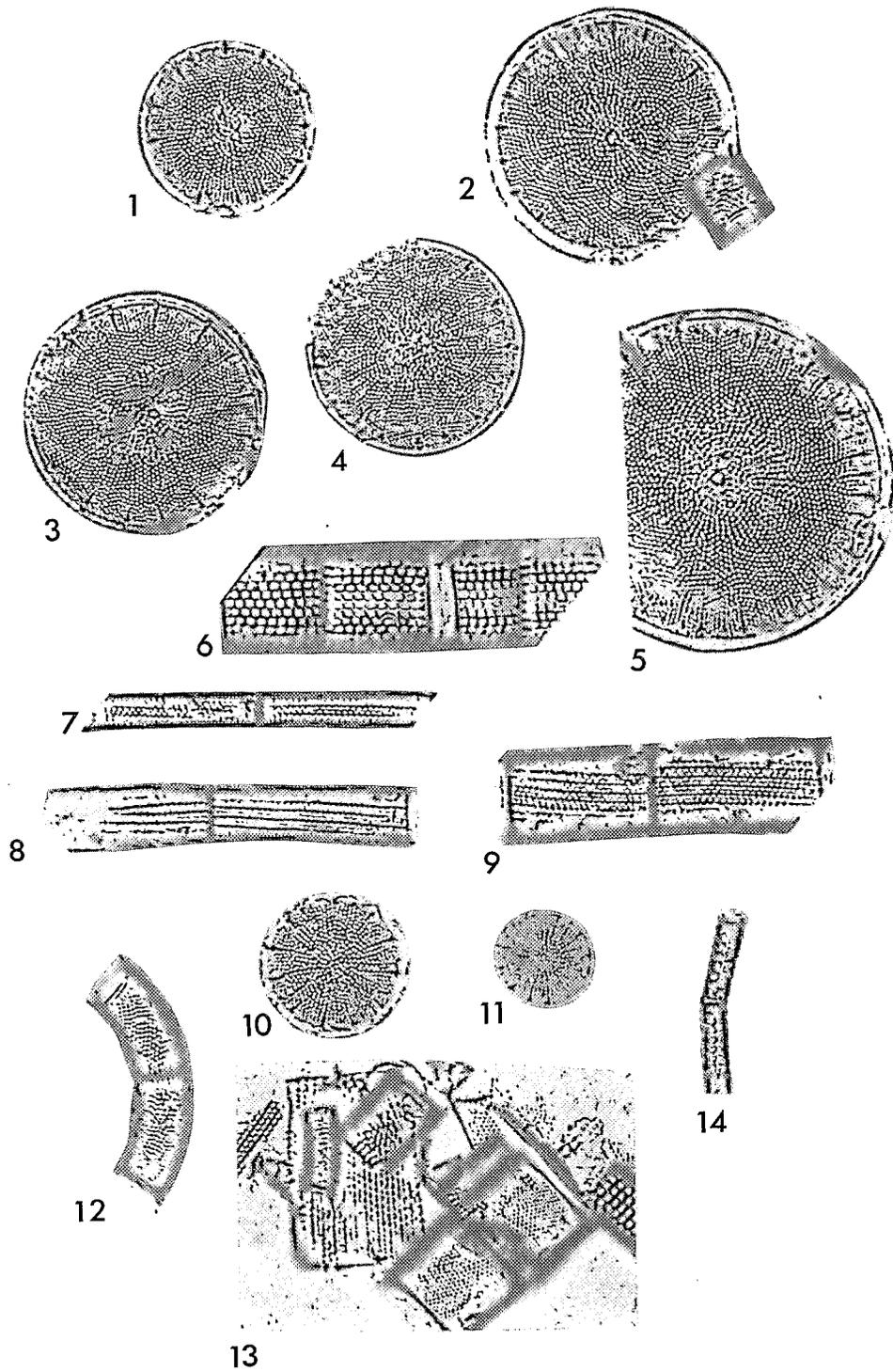


PLANCHE XII : Les Diatomées de Koula-Ri-Katir.

NIVEAU 2 027

1. }  
 2. }  
 3. } *Coscinodiscus chambonis*. Mic. opt.  $\times 1\ 000$   
 4. }  
 5. }  
 6. *Melosira granulata* à ocelles  $\times 1\ 000$

7. }  
 8. } *Melosira nov. sp.*  $\times 1\ 000$   
 9. }  
 10. } *Coscinodiscus dispar.*  $\times 1\ 000$   
 11. }  
 12. *Melosira italica curvata*  $\times 1\ 000$   
 13. Vue de l'ensemble des *Melosira* de Koula  $\times 1\ 000$   
 14. *Melosira granulata angustissima*  $\times 1\ 000$

C. Les dépôts à niveaux de vertébrés du Kerki

Dans la région du Kerki, les formations du Plio-Pleistocène ancien n'affleurent que sporadiquement sous une couverture de sable et de diatomites récents. A 50 km à l'Est de Koro-Toro, des dépôts fluviolacustres existent sous la forme de buttes témoins isolées. La succession la plus complète a été relevée à Koula-Ri-Katir : les niveaux inférieurs qui contiennent des Vertébrés sont attribués au « niveau type Ouadi Derdemi » (COPPENS, 1967-1972) caractérisé par : « *Stegodon*, *Anancus* possible, *Elephas*, *Stylohipparion*, *Libytherium*, *Hippopotamus hexaprotodon* et *Nyanzachoerus* progressif et dans un gisement contemporain, *Primelephas* (Koulà). Ce niveau peut être mis en parallèle avec l'Omo 2 d'Afrique de l'Est » (COPPENS, 1972, p. 184).

(1) La coupe de Koulà-Ri-Katir

Description sommaire

Elle comprend de haut en bas :

- 8 - 3 m — Sables grossiers passant progressivement vers le haut à des graviers et à des cailloutis, ces dépôts sont bigarrés de rouge et localement indurés par un ciment ferrugineux.
- 7 - 0,4 m — Argile verte bigarrée de taches rouges 2031
- 6 - 3 m — Diatomite blanche massive 2030-2027
- 5 - 1,5 m — Argile diatomitique litée, à joints de stratification sableux 2026
- 4 - 0,1 m — Sable lenticulaire 2025
- 3 - 0,8 m — Argile gris-vert feuilletée 2024
- 2 - 1,3 m — Sable très grossier à la base 2023
- 1 - 1 m — Argile sableuse à débris osseux de vertébrés 2022

L'analyse géologique régionale ne permet pas de déterminer la position stratigraphique de ces dépôts isolés par rapport aux séries étudiées dans le Bahr-El-Ghazal (Koro-Toro, Alandjaga). D'après les Vertébrés, la base de la coupe serait postérieure au niveau fossilifère de Koro-Toro, (Bochianga).

Caractères généraux de la microflore des Diatomées

Les couches 1 à 4 contiennent peu de Diatomées, les cellules étant très souvent brisées. Les Phytolithaires très abondantes indiquent la présence probable d'une végétation de Graminées et un milieu de dépôt très peu profond.

Les Diatomées se développent dans les couches 5 et 6, elles sont bien conservées et les *Melosira* se présentent en longues chaînes, ce qui indique un milieu de sédimentation vraisemblablement très calme.

Nous reviendrons plus loin sur les indications stratigraphiques fournies par la flore de Koulà-Ri-Katir.

Description des principales espèces

Nous nous limiterons ici à l'étude des Diatomées planctoniques (*Melosira*, *Coscinodiscus*) du niveau 6, ces diatomées pouvant apporter des informations stratigraphiques.

Le genre *Melosira*

*Melosira praegranulata* à ocelles (Pl. XII, n° 6).

C'est une espèce ici très rare, de grande taille, à ornementation grossière. Quelques cellules, peu fréquentes, présentent les ocelles qui caractérisent un bon nombre des *Melosira* du gisement de Koro-Toro.

*Melosira italica* var. *curvata* (Pl. XII, n° 12).

Bien que très rare à Koulà, cette Diatomée archaïque doit être signalée dans la mesure où elle confirme l'âge ancien des dépôts.

*Melosira granulata* (Pl. XII, n° 14).

De toute petite taille, à ornementation grossière, elle est identique à une *Melosira* du Miocène ou Miopliocène de l'Oregon décrite par VAN LANDINGHAM (Plate 18, fig. 32-33, 1967).

*Melosira* nov. sp. (Pl. XII, n° 7-8-9).

C'est l'espèce la plus fréquente dans le niveau étudié ; elle n'a pas à ma connaissance, été encore décrite dans la littérature. De forme allongée (hauteur 20-28  $\mu$ , diamètre 5 à 13  $\mu$ ), son ornementation est particulière : le test est orné de stries hyalines fines perpendiculaires à la face valvaire qui délimitent 2 rangées de pores hexagonaux disposés en quinconce (stries hyalines 8 en 10  $\mu$ , pores 12 en 10  $\mu$ ). Les dents sont très petites, très courtes, le sulcus peu marqué.

Cette espèce sera retrouvée dans une coupe de la région du Lac Tchad (sondage de Rig-Rig, couche n° 684). Elle semble pouvoir être utilisée, conjointement avec d'autres critères comme repère stratigraphique local.

Le genre *Coscinodiscus*

Les *Coscinodiscus* représentent avec les *Melosira* l'essentiel de la microflore du dépôt. Leur détermination spécifique est particulièrement difficile en raison des nombreuses variations morphologiques concernant la taille, la disposition des pores et des crêtes marginales. Deux groupes d'espèces peuvent être distingués,

l'un caractérisé par des individus de petite taille, l'autre par des individus de grande taille.

*Les Coscinodiscus de petite taille : C. dispar* Per. et Her. Pl. XII n° 10-11.

Diamètre 14 à 20  $\mu$ . Le centre de la valve est très légèrement déprimé, il est caractérisé par des pores plus gros qui se résolvent en alvéoles. Vers la périphérie, les pores sont plus serrés, alignés en files rayonnantes plus ou moins ondulantes. Les crêtes marginales sont très nettes, on en compte 8 à 12 au total.

Cette espèce correspond à la diagnose de HERIBAUD 1893, p. 194, pl. V, fig. 21 et 22.

*Les Coscinodiscus de grande taille : C. chambonis* Per. et Her. (Pl. XII, n° 3, 4, 5).

Le diamètre peut atteindre 45  $\mu$  ; la disposition des pores semble plus régulière que dans l'espèce de petite taille et les stries hyalines mieux individualisées. Les crêtes marginales surtout sont beaucoup plus serrées (de 15 à 50 au total).

Diagnose : HERIBAUD, 1893, p. 194, Pl. V, fig. 21, 22. Nos déterminations ont été effectuées à partir de la lame n° 293 de la collection de TEMPÈRE et PERAGALLO provenant du gisement de Varennes dans le Puy de Dôme dans lequel ces deux espèces constituent l'essentiel de la flore.

Les *Coscinodiscus* de Koula-Ri-Katir sont apparemment identiques à une espèce nouvelle décrite par EHRlich, 1970, p. 155 : *Stephanodiscus Faurii*. Cette espèce présente, d'après cet auteur, de grandes variations intéressant la taille (12 à 45  $\mu$ ) et l'espacement des crêtes marginales. Elle a été découverte dans des dépôts du Bahr-El-Ghazal (Beurkia) et retrouvé par GIGOT. PINARD 1966 p. 17, en abondance, dans un niveau d'une butte témoin isolée à l'Est du Bahr-El-Ghazal (El Hadjer, échantillon SD 34, SCHNEIDER 1968). A El Hadjer, les cellules sont de petite taille, elles sembleraient pouvoir être attribuées d'après la photographie de GIGOT-PINARD à *C. dispar*. La création d'une espèce nouvelle ne paraît pas complètement justifiée pour le moment et nous nous en tiendrons aux déterminations spécifiques que nous avons faites d'après les diagnoses de HERIBAUD et les lames de la Collection TEMPÈRE et PERAGALLO.

#### Intérêt stratigraphique

Les *Coscinodiscus* précédents constituent vraisemblablement un repère stratigraphique local. Ils sont présents à la base de la coupe d'Alandjaga (stade II d) et en abondance, à Beurkia, à El Hadjer et à Koula-Ri-Katir. Les dépôts de ces différents affleurements

isolés semblent pouvoir être corrélés entre eux. A Beurkia, le contexte géologique indique qu'ils succèdent aux couches déjà étudiées de Wachanga, elles-mêmes au moins en partie, postérieures à la formation fossilifère à *Anancus* de Koro-Toro. En définitive ces dépôts se succéderaient dans l'ordre suivant :

- 3) Koula, Beurkia, El Hadjer, Alandjaga (II d).
- 2) Wachanga.
- 1) Koro-Toro.

Cette stratigraphie locale est en bon accord avec les données de la paléontologie des Vertébrés : pour COPPENS 1967, les gisements qui se situent à la base de Koula sont nettement postérieurs aux gisements de Koro-Toro.

#### (2) La coupe de El Djour El Sayal

Au sud de Koula-Ri-Katir, dans la région de El Djour El Sayal (Lat. 15° 50' N, Long. 18°S 8' E), quelques buttes témoins isolées d'une formation argileuse à diatomites intercalées ont livré les ossements d'un *Loxodonta* sp. (SCHNEIDER 1968) ; cette formation dont il est difficile de préciser la position stratigraphique par rapport aux buttes résiduelles de Koula montre de haut en bas la succession lithologique suivante :

#### Description sommaire :

- |          |   |   |
|----------|---|---|
| 6 - 1    | m | — Grès grossier bigarré et mal classé                                     |
| 5 - 2    | m | — Argile gris clair 2 005   |
| 4 - 0,5  | m | — Sable grossier fluvial à zones siliceuses concrétionnées.               |
| 3 - 3    | m | — Argile verte à Vertébrés, nodules ferrugineux en forme de galette 2 006 |
| 2 - 0,20 | m | — Diatomite blanche 2 007   |
| 1 - 0,30 | m | — Argile verte masquée par des sables éoliens.                            |

Un seul échantillon (2 007) a été étudié en détail en raison de la forte proportion de frustules conservés par rapport au poids total du sédiment. La microflore est particulièrement riche en *Stephanodiscus niagarae* (90 %), associées à *Melosira islandica* near *granulata*, *Melosira praedistans* (Pl. XIII, n° 9) et de rares *Stephanodiscus astrea* de morphologie moderne. Cette association est tout à fait comparable à celle que nous avons rencontrée dans la partie supérieure de la coupe d'Alandjaga (stade III d, n° 1 570). Il y a probablement synchronisme entre ce stade d'Alandjaga et le niveau étudié à El Djour. Ce dernier serait postérieur au dépôt de Koula-Ri-Katir corrélié avec la base (stade II d) d'Alandjaga.

LES DIATOMÉES DU PLIO-QUATERNAIRE TCHADIEN-STRATIGRAPHIE ET PALÉOÉCOLOGIE

L'ÉQUIVALENT LATÉRAL DE LA SÉRIE DU BAHR-EL-GHAZAL DANS LA RÉGION DU LAC TCHAD : ÉTUDE DES SONDAGES DE RIG-RIG, NAALA ET CHEDDRA

Les sondages effectués par la FAO dans la région du Lac Tchad ont permis de reconnaître de haut en bas la succession suivante (M. SERVANT, 1973, p. 18).

- (4) 10 à 15 m – *Dépôts essentiellement lacustres*, localisés dans les dépressions interdunaires d'un erg fossile situé au nord du 13° parallèle. Au sud, ces dépôts sont fluvio-deltaïques et leur limite devient imprécise, l'ensemble est désigné sous le terme « série de Labdé ».
- (3) 60 à 80 m – Au nord du 13° parallèle : *sables éoliens à lentilles d'argiles ou de calcaires lacustres* (série des Soulias).
- (2) 180 à 480 m – *Argiles monotones, à Diatomées dans la partie moyenne ou supérieure*. Au sommet, et sur quelques mètres, les argiles admettent localement des termes intercalés de sables éoliens (Rig-Rig, Naala), des couches calcaires (Naala), des débris volcaniques (Moussoro), des lits de cristobalite (Rig-Rig).
- (1) 40 à 350 m – Sables fluviatiles médiocrement classés à débris de grès argileux intercalés. Ces dépôts reposent directement sur le socle cristallin.

Les Diatomées de la deuxième unité lithostratigraphique ont été étudiées dans les sondages de Rig-Rig, Naala et Cheddra (cf. Fig. 1). Malgré la médiocrité des échantillonnages « Cuttings » nous avons montré que la microflore présente une évolution verticale comparable à celle que nous avons individualisée dans la série du Bahr El Ghazal dont les principales coupes étudiées se situent à 500 km environ au Nord-Est du Lac Tchad.

A. Le sondage de Rig-Rig

Description sommaire de la succession lithologique.

Altitude	Profondeur	Lithologie	
Unité 3			
(m)	(m)		
296		0,52 Sables éoliens	
		52-53 Argile silteuse compacte	Azoïque
		53-57 Sables éoliens	

239	57-87	Argile grise et diatomites à lits de cristobalite. Débris de calcaire dans les cuttings.	Diatomées rares éch. 210-237-282
Unité 2			
	87-370	Argiles vertes et diatomites blanches	Diatomées très abondantes. éch. 324 à 924
	74	370-477 Argiles vertes ou multicolores à la base	Azoïque
Unité 1 (Sommet)			
	181	477-480 Argiles sableuses et sables fins.	Azoïque
		480-411 Sables fluviatiles, argileux au sommet.	
	215		

Les prélèvements par cuttings ont généralement été effectués tous les mètres. Mais chacun d'eux correspond en fait au mélange de plusieurs niveaux voisins. Pour cette raison, il n'a pas paru justifié d'effectuer une étude très détaillée. Nous nous sommes limitée à l'examen du 17 échantillons situés entre 330 m et 57 m de profondeur, ce qui paraît suffisant pour déceler les étapes majeures de l'évolution de la microflore.

Etude des Diatomées

La figure 8 donne la localisation dans la série des niveaux étudiés.

Echantillon 924

Les Centrales sont prépondérantes et constituent l'essentiel du sédiment. Cet échantillon est caractérisé par l'abondance de *Coscinodiscus biradiatus* associé à *Cyclotella radiatopunctata*. A ces deux espèces que nous décrivons plus loin, s'ajoutent *C. stelligera*, *Stephanodiscus astrea* var. *spinulosa*, *Coscinodiscus tuberculatus*, quelques fragments des *Melosira* à stries hyalines déjà décrites à Koulà-Ri-Katir et deux espèces : *Anomoeoneis sphaerophora* var. *costata* et *Rhopalodia gibberula*.

*Coscinodiscus biradiatus* Greville

Diamètre : 25-40  $\mu$ , pores : 10 en 10  $\mu$ , stries : 8 en 10  $\mu$  (cf. Schmidt Atlas T. 58 fig. 2). Elle présente comme les *C. praelacustris* d'Alandjaga deux ondulations symétriques par rapport au diamètre, l'une concave, l'autre convexe, mais elle diffère de cette espèce par la longueur des stries qui sont tantôt longues, tantôt courtes (1/3 du diamètre). (Pl. XIII, n° 2 et 3).

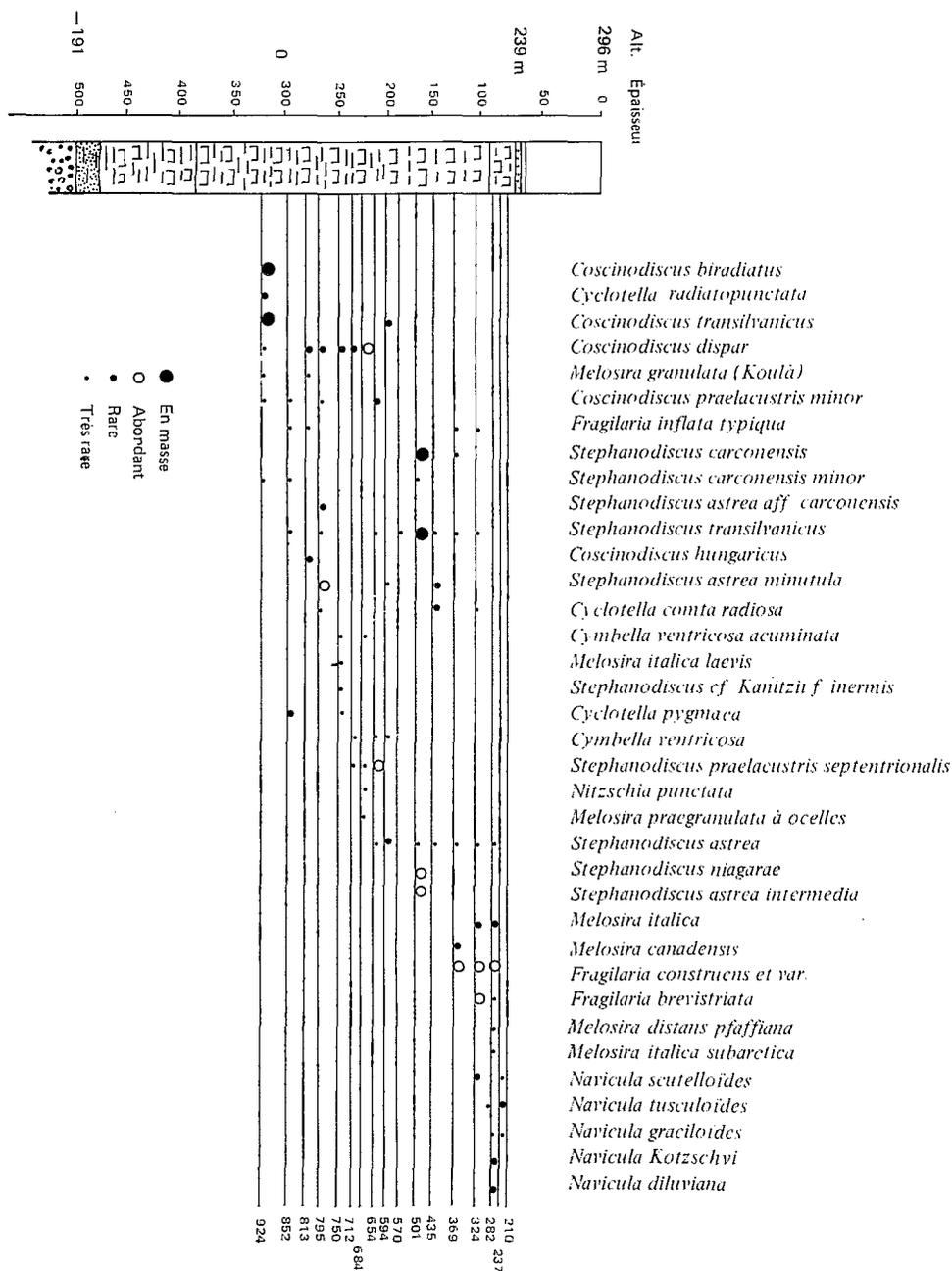


FIG. 8 : Rig-Rig : Variations semi-quantitatives.

*Cyclotella radiatopunctata* Pantocsek

Diamètre : 20  $\mu$ , stries radiales espacées : 20 en 360°. Les pores sont gros et se résolvent en alvéoles hexagonales jointives. La structure de la zone marginale est difficile à observer, elle semble séparée en petites chambres par une série de cloisons de très petite taille (Pl. XIII, n° 1).

Cette Cyclotelle du Tchad est morphologiquement identique à l'espèce *C. radiatopunctata* de la lame n° 203 de la collection de TEMPÈRE et PERAGALLO, d'où la détermination que nous proposons. Cette lame provient du montage des Diatomées d'un dépôt tertiaire de Köpez en Transylvanie étudié par PANTOCSEK.

*Echantillon 852*

La présence d'espèces d'eau peu profonde ou aérophiles indique un milieu de sédimentation moins profond que pour l'échantillon précédent. Parmi les principales espèces nous citerons *F. inflata* var. *typica*, *Nitzschia palea*, *Hantzschia amphioxys*.

Ce niveau contient en outre *Cyclotella pygmaea* (Pl. XIII, n° 4) dont nous avons vu qu'elle caractérise le stade 11 *b* d'Alandjaga.

*Echantillon 813*

La microflore, très abondante, essentiellement constituée de Centrales, signale un retour à des conditions franchement lacustres. Elle est caractérisée par l'abondance des *Melosira praegrnulata* à ornementation quadratique grossière et des *Coscinodiscus hungaricus* (Pl. IV, n° 5).

*Echantillon 795*

Il contient une flore diversifiée de Diatomées planctoniques. Certaines espèces ont déjà été rencontrées à Alandjaga : *Coscinodiscus praelacustris* var. *minor* (stade III *a*, Pl. XIII, n° 5), *Stephanodiscus astrea* var. *minutula* (stade III *e*), *Stephanodiscus astrea* aff. *carconensis* (stade 11 *b*).

*Echantillon 684*

Cet échantillon est le seul dans le sondage, où nous ayons rencontré en abondance les *Coscinodiscus dispar* et les *C. chambonis* déjà signalées à Koulà-Ri-Katir et à Alandjaga (stade 11 *d*). De même qu'à Koulà, ces espèces présentent des variations de taille (15 à 50  $\mu$ ) plus importantes que dans les holotypes du Massif Central (8 à 30  $\mu$ ).

La présence de ces *Coscinodiscus* permet d'envisager une corrélation stratigraphique entre le niveau 684 de Rig-Rig, le niveau 1 257 d'Alandjaga (stade 11 *d*) et les couches de Koulà-Ri-Katir qui contiennent des Vertébrés à la base.

*Echantillon 654*

Nous avons retrouvé dans cet échantillon de diatomite une association identique à celle du niveau 1 568 d'Alandjaga (stade III *c*). Les frustules sont abondantes bien conservées, les espèces dominantes sont *Coscinodiscus praelacustris* var. *septentrionalis* et *Melosira granulata* (Pl. IX, n° 6).

*Echantillon 594*

Les deux espèces de l'échantillon précédent persistent mais il y a ici apparition de *Coscinodiscus transilvanicus* Pantocsek. Cette espèce sera retrouvée dans le sondage de Naala (Pl. XIV, n° 11).

Elle a été découverte par PANTOCSEK dans la formation tertiaire de Bodos en Hongrie (PANTOCSEK, 1903, Part III Tafel VIII fig. 138 ; Lames n° 530 et 531 de la Collection de TEMPÈRE et PERAGALLO).

Remarque : Un *Coscinodiscus* de même appellation spécifique a été signalé dans une autre formation tertiaire de Hongrie à Bibarczfalva. En fait, l'examen de la lame de référence (n° 547 collection TEMPÈRE et PERAGALLO) montre que ce *Coscinodiscus* n'est pas assimilable à l'espèce *C. transilvanicus* de Bodos. Il s'agirait plutôt d'une forme de grande taille (18  $\mu$ ) de *Cyclotella pygmaea* dont les dimensions habituelles sont de 10  $\mu$ . Ce fait a d'ailleurs été signalé par TEMPÈRE et PERAGALLO. L'essentiel est de retenir que la *C. transilvanicus* de Rig-Rig est celle de Bodos (et non celle de Bibarczfalva).

*Echantillon 501*

Les espèces précédemment décrites disparaissent dans cet échantillon qui est caractérisé par l'apparition de *Stephanodiscus astrea* var. *intermedia* qui est prépondérant et par la présence en abondance de *S. niagarae*.

*Stephanodiscus astrea* var. *intermedia*

Diamètre 40 et 60  $\mu$ , le test est très fortement silicifié, les stries hyalines sont épaisses, les pores sont groupés par deux ou par trois (cf. Atlas de SCHMIDT, Tafel 25, fig. 37).

*Stephanodiscus niagarae*

Il s'agit de l'espèce que nous avons déjà rencontrée vers le sommet de la coupe d'Alandjaga (stade III *d*) où elle constitue l'élément dominant de la microflore.



Tous les échantillons précédents sont caractérisés par la présence de Centrales archaïques dont les associations évoluent verticalement de manière sensiblement identique à ce que nous avons observé dans la coupe d'Alandjaga. A partir de l'échantillon 435 de Rig-Rig, nous observons la disparition progressive des Centrales archaïques, la microflore prenant alors un cachet plus moderne.

#### Echantillon 282

Les Centrales archaïques sont totalement absentes ; l'association qui caractérise cet échantillon pourrait fort bien se rencontrer dans des dépôts très récents. Les *Fragilaria* sont représentés par 9 espèces, les *Navicula* par deux espèces, (*Navicula* cf. *kotschyi*, *N. diluviana* Pl. XIII, n° 8). Ces Diatomées sont associées à des espèces Nord-Alpines inconnues en Afrique (*Melosira distans* var. *pfaffiana*, *M. italica* var. *subarctica*) dont l'apparition pourrait indiquer un refroidissement du milieu lacustre. Signalons également la présence de *Cymatopleura elliptica*, pour le moment très rarement signalée en Afrique mais par contre abondante dans les régions tempérées.

#### Echantillons 237-210

Les Diatomées sont peu nombreuses et fragmentées. Les Phytolithaires deviennent très fréquents et ils annoncent l'assèchement complet de l'ancien lac.

#### Conclusion :

— Les dépôts lacustres étudiés à Rig-Rig sont identiques à l'exclusion de leur partie sommitale à la formation d'Alandjaga : ils contiennent la même microflore de Centrales archaïques ;

— Des corrélations détaillées peuvent être envisagées d'après l'évolution verticale des Diatomées entre ces dépôts et ceux d'Alandjaga.

— Le sommet de la formation lacustre de Rig-Rig est caractérisé par un profond changement dans les associations de Diatomées : les Centrales archaïques disparaissent au profit d'une flore diversifiée de Pennales. Il y a en outre apparition d'espèces auparavant inconnues qui pourraient indiquer un refroidissement du milieu lacustre.

— A Rig-Rig, le milieu de sédimentation n'était pas très différent de ce qu'il était à la même époque à Alandjaga : il oscillait entre des conditions franchement lacustres et des conditions proches de l'assèchement.

#### B. Le sondage de Cheddra

##### Description sommaire de la succession lithologique

Altitude (m)	Profondeur (m)	Lithologie	
279	0-62	Sables éoliens à niveaux intercalés d'argiles et de calcaires.	Azoïque
217	62-180	Argiles gris-vert très monotones. Présence sporadique de fragments de diatomite dans les cuttings	Diatomées abondantes
99	180-185	Sables fins argileux passant à la base à un grès ferrugineux.	Azoïque

Le socle n'a pas été atteint par le sondage. Notre étude porte sur 5 échantillons situés respectivement aux profondeurs 110-112-135-153-168 mètres.

##### Etude des Diatomées

*Caractères généraux de la microflore.* Le petit nombre d'échantillons étudiés et la médiocrité des prélèvements ne permettent pas de reconstituer l'évolution de la microflore. On peut toutefois faire les remarques suivantes :

— Les *Melosira* à ocelles (Pl. XIII, n° 10) qui caractérisaient les dépôts de Koro-Toro attribués au Pliocène d'après les Vertébrés ont été retrouvés vers la base de la formation argileuse de Cheddra (éch. 168-152, fig. 9).

— L'échantillon 112 contient en abondance certaines des Centrales archaïques déjà observées à Alandjaga. On y retrouve des éléments du stade II a (*Stephanodiscus transilvanicus*), du stade II b (*S. Kanitzii* f. *inermis*), du stade II d (*S. carconensis* et sa var. *minor* ici dominantes). La présence simultanée de ces espèces que nous avons trouvées dans des niveaux superposés d'Alandjaga pourrait être due au mélange de fragments issus de couches différentes dans le même cutting.

— Les Centrales archaïques précédentes disparaissent dans le niveau sus-jacent (110) au profit d'une flore à cachet plus moderne.

En ce qui concerne l'évolution du milieu, on note, comme à Rig-Rig et à Alandjaga, l'intercalation, dans des sédiments à Diatomées planctoniques (*Cyclotella*, *Melosira* variés nombreux et bien conservés), de dépôt dont la microflore indique un milieu de sédimentation très peu profond. L'échantillon 135b contient par exemple des épiphytes (*Cymbella*), des

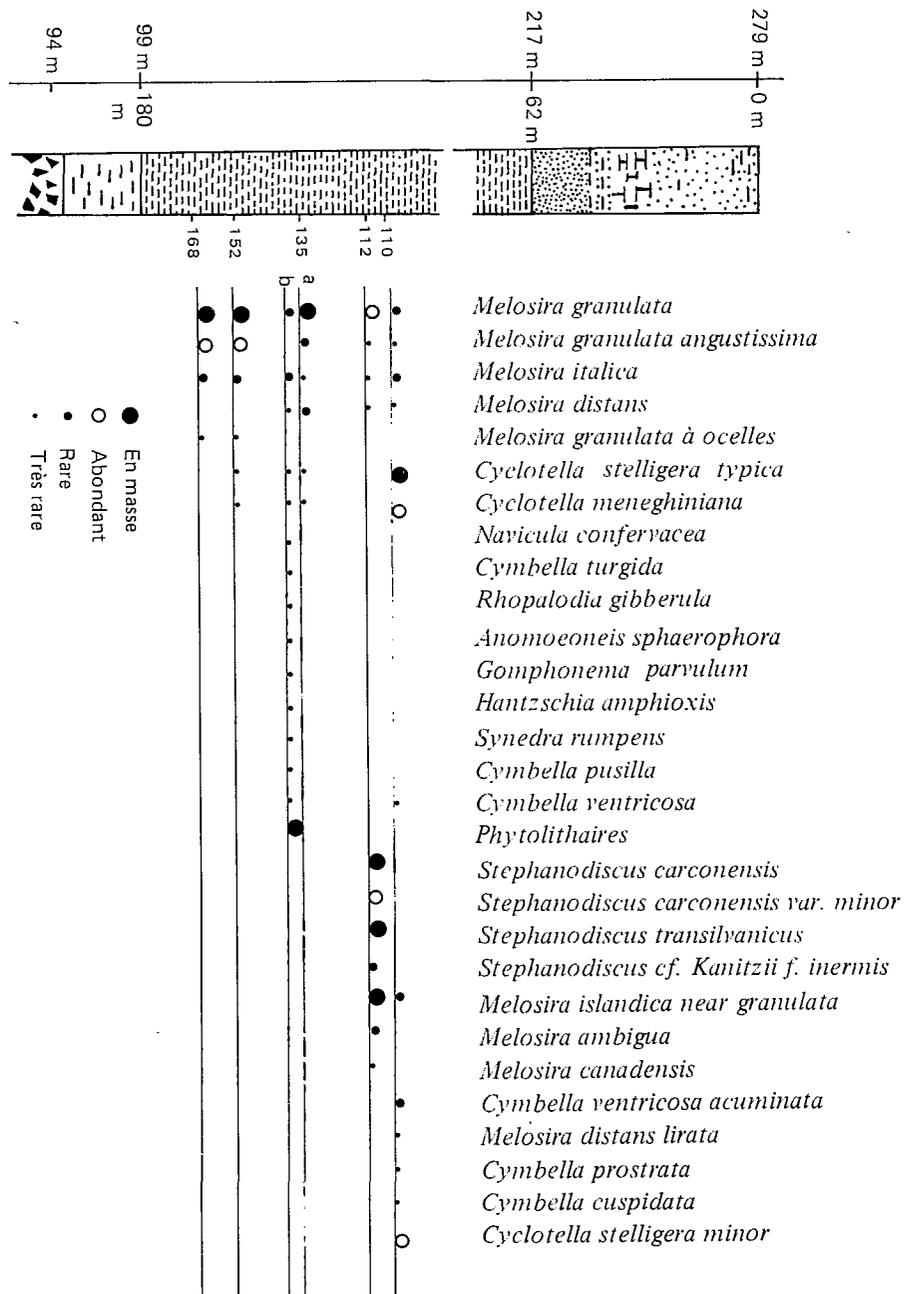


FIG. 9. Chedra : Variations semi-quantitatives.

Phytolithaires et quelques espèces mesohalobes (*Rhopalodia* et *Anomoeoneis*).

*La flore planctonique archaïque.* Parmi les *Melosira* les plus abondantes nous signalerons *Melosira granulata* et *M. canadensis*.

*Melosira granulata* (Ehr.) Grun

Les individus trouvés à Cheddra présentent de grandes variations morphologiques mais ils doivent pouvoir être tous regroupés dans l'espèce *M. granulata*. On distingue :

— les individus dont la hauteur (12  $\mu$ ) est supérieure au diamètre (8  $\mu$ ). Les pores (14 en 10  $\mu$ ) sont hexagonaux et disposés en quinconce. Les dents sont longues et irrégulières.

— les individus dont la hauteur (15  $\mu$ ) est égale au diamètre (15  $\mu$ ). L'ornementation est alors plus grossière (6 pores en 10  $\mu$ ). Les pores sont criblés. Les dents sont longues.

*Melosira canadensis* Hustedt

Diamètre 7  $\mu$ , hauteur 12  $\mu$ . Elle est caractérisée par un test épais et une disposition très irrégulière des pores, qui laissent parfois de larges espaces hyalins entre eux (8 en 10  $\mu$ ). Elle est décrite par Van LANDINGHAM, 1964 p. 12, Pl. 41, fig. 18-19.

« HUSTEDT 1952, reported this species as fossil from the famous Quesnel Deposit (Tertiary) of British Columbia and from East Oregon. Apparently this Diatom has not been reported outside of the Pacific Northwest area or British Columbia *Melosira canadensis* may be a good marker fossil ».

Cette espèce n'a été observée que dans le niveau 112 où elle est associée aux Centrales archaïques.

*La flore planctonique à cachet moderne.* Elle se développe dans le niveau 110 où il y a disparition des Centrales archaïques. Apparaissent alors des *Melosira* dont la morphologie est plus proche des espèces actuelles et de Centrales nouvelles dont la plus abondante se rattache à *Cyclotella stelligera* (CLEVE) Grun. Cette espèce comprend plusieurs variétés de tailles différentes.

— Variétés de petite taille : diamètre inférieur à 10  $\mu$

*Cyclotella stelligera* var. *minor* (CLEVE. EULER 1968, fig. 52e).

La zone centrale contient 7 petits pores circulaires, les stries de la zone marginale sont fines et de longueur régulière.

— Variétés dont le diamètre est compris entre 10 et 15  $\mu$ .

*Cyclotella stelligera* var. *typica* (CLEVE. EULER 1968, fig. 52d).

Les stries marginales s'épaississent. Les pores centraux se transforment en stries fines, disposées radialement autour d'un pore central.

— Variétés dont le diamètre dépasse 15  $\mu$ .

*Cyclotella stelligera* nov. var. (Pl. XIII n° 13).

La zone marginale est divisée par des stries épaisses (12 en 10  $\mu$ ) qui semblent délimiter des chambres internes dont la membrane supérieure apparaît criblée. Cette membrane n'apparaît bien que sur les individus de grande taille, bien conservés.

La zone interne est séparée de la zone externe par un anneau hyalin, où on discerne parfois quelques pores, elle est entièrement occupée par 12 stries longues, pétaliformes, disposées en étoile autour d'un pore central.

Si l'on en juge d'après l'article de BELCHER 1966, cette variation morphologique pourrait être due à une plus grande quantité de silice disponible dans le milieu.

*Conclusion.*

Les couches de Koro-Toro caractérisées par les *Melosira* à ocelles se prolongent jusqu'à Cheddra où elles se situent à la base de la formation argileuse. Ces couches correspondent au « niveau type Bochianga » défini par les Vertébrés. Les *Melosira* à ocelles n'ont pas été observées à Rig-Rig mais cela tient peut-être à un échantillonnage insuffisant.

— Certaines des Diatomées qui se développent dans la formation d'Alandjaga et en particulier dans le stade IID ont été retrouvées à Cheddra à 112 m de profondeur. Rappelons que les dépôts de ce stade IID ont été corrélés avec les diatomites de Koula-Ri-Katir qui surmontent un gisement à Vertébrés rapporté au « niveau type Ouadi Derdemi » (COPPENS 1967).

— Une flore à cachet moderne apparaît comme à Rig-Rig vers le sommet de la formation argileuse de Cheddra.

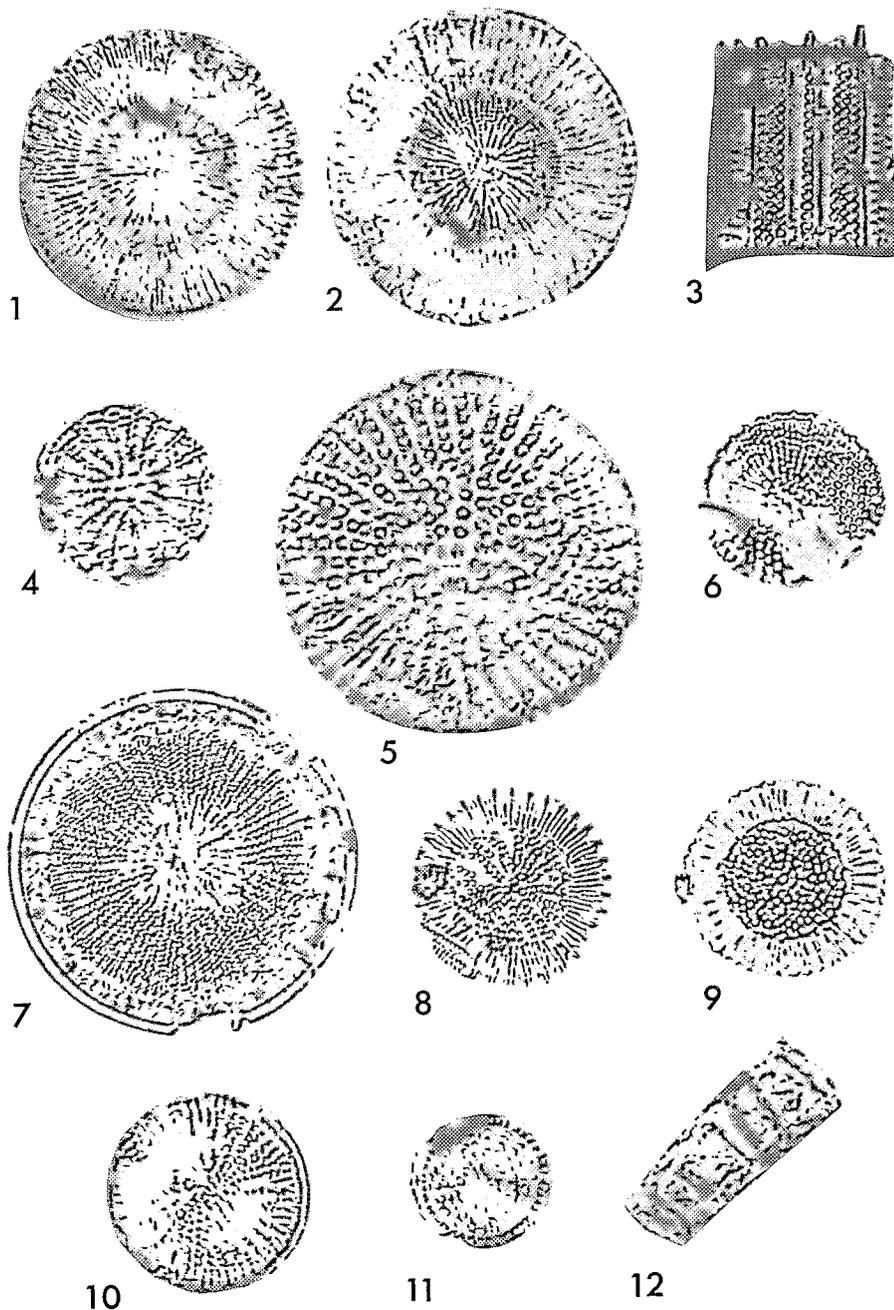


PLANCHE XIV. — *Les Diatomées de Naala*

NIVEAU 688

- 1. *Stephanodiscus astrea* var. *spinulosa* ×1 000
- 2. Idem. mise au point sur la partie centrale déprimée
- 3. *Melosira granulata* ×1 000

NIVEAU 618

- 4. *Stephanodiscus carconensis* var. *minor* ×1 000
- 5. *Coscinodiscus prae-lacustris* ×1 000

NIVEAU 615

- 6. *Coscinodiscus tuberculatus* ×1 000
- 7. *Stephanodiscus niagarae* ×1 000
- 8. *Cyclotella comta* var. *radiosa* ×1 000
- 9. *Cyclotella comta* var. *pantanelli* ×1 000
- 10. *Cyclotella* nov. sp. ×1 000
- 11. *Coscinodiscus transilvanicus* ×1 000
- 12. *Melosira* érodée - niveau 684 ×1 000

## LES DIATOMÉES DU PLIO-QUATÉRNAIRE TCHADIEN-STRATIGRAPHIE ET PALÉOÉCOLOGIE

### C. Le sondage de Naala

#### Description sommaire de la succession lithologique

Altitude (m)	Profondeur (m)	Lithologie	Diatomées
289	0-80	Sables fluviatiles ou éoliens, niveaux argileux intercalés.	Diatomées rares vers la base
209	80-194	Argiles vertes à diatomites blanches interstratifiées. Sable éolien intercalé vers 107-110 m.	Diatomées abondantes
	194-250	Argile verte. A certains niveaux présence d'argile rouge ou noire dans les cuttings.	Diatomées très rares dans un seul niveau (n° 684)
39	250-422	Sables fluviatiles à couches argileuses localement intercalées.	Azoïque
	422-427	Socle cristallin altéré au sommet.	

18 échantillons ont été étudiés entre 80 et 250 m de profondeur. La microflore est abondante et exceptionnellement bien conservée. Nous y avons retrouvé les associations déjà individualisées à Alandjaga et à Rig-Rig. Mais la succession verticale de ces associations se révèle parfois totalement aberrante, ce qui ne peut s'expliquer que par une erreur dans la numérotation des échantillons. L'intérêt du sondage de Naala s'en trouve considérablement diminué du point de vue stratigraphique.

#### Etude des Diatomées (Pl. XIV et Pl. XV)

— Sur les 18 niveaux étudiés, un seul contient une microflore indicatrice d'un milieu peu profond. (fig. 10 niveau 621) : elle comprend des espèces aérophiles (*Hantzschia amphioxys*), des Phytolithaires et des épiphytes (*Cymbella ventricosa* var. *acuminata*).

— La flore planctonique prépondérante dans les autres niveaux est caractérisée par l'abondance des *Melosira* et des Centrales archaïques d'Alandjaga :

*Stephanodiscus carconensis* (Pl. XIV n° 4) (stade IIb d'Alandjaga).

*Cyclotella* nov. sp. (Pl. XV n° 10) (stade IIIc)

*Coscinodiscus praelacustris* (Pl. XV n° 2-3) (stade IIIc).

*C. comta* var. *radiosa* (Pl. XIV n° 8) (stade IIIc)

*Stephanodiscus niagarae* (Pl. XIV n° 7) (stade IIIId).

Les dépôts de Naala contiennent également des espèces identiques à Rig-Rig :

*Coscinodiscus transilvanicus* (Pl. XIV n° 11)

*Stephanodiscus astrea* var. *intermedia* (Pl. XV n° 7, 8, 9).

Signalons enfin la présence d'un *Coscinodiscus* que nous attribuons provisoirement à l'espèce *praelacustris* mais elle présente à Naala une ornementation plus grossière qu'à Alandjaga.

— Le niveau 684, très pauvre en Diatomées, contient des *Melosira* affectés par un dépôt secondaire de silice (Pl. XIV n° 12). Ce dépôt s'est effectué sur les parois et il masque plus ou moins complètement l'ornementation mais il peut aussi envahir toute la cellule qui devient presque méconnaissable ; seule la forme générale quadratique étant alors conservée.

#### Conclusion

Les argiles qui se situent à Naala entre 80 et 194 m de profondeur sont caractérisées par une microflore dont de nombreuses espèces et en particulier des Centrales archaïques ont été reconnues à Alandjaga Rig-Rig et Cheddra. Des corrélations détaillées se révèlent toutefois impossibles dans la mesure où des erreurs se sont produites dans la numérotation des échantillons.

#### CONCLUSION

Les dépôts lacustres ou fluvio-lacustres qui affleurent dans la région du Bahr El Ghazal, vers les 15° et 16° parallèles, contiennent vers la base (ABADIE et al. 1959) des gisements à Vertébrés regroupés en deux termes biostratigraphiques (COPPENS 1967) : le « niveau type Bochianga » à *Anancus osiris* attribué au Pliocène (COPPENS 1972) et le « niveau type Ouadi Derdemy » à *Loxodonta africanava* attribué au Villafranchien. La microflore de Diatomées permet de corréler ces dépôts avec une formation argileuse lacustre qui a été reconnue par sondage dans la région du Lac Tchad, d'où la coupe schématique que nous proposons ci-contre (fig. 12).

#### Caractères généraux de la microflore de Diatomées

Les dépôts étudiés (« série du Bahr El Ghazal », SERVANT 1973) contiennent, en proportion variable, des Pennales (Diatomées de formes variées à symétrie

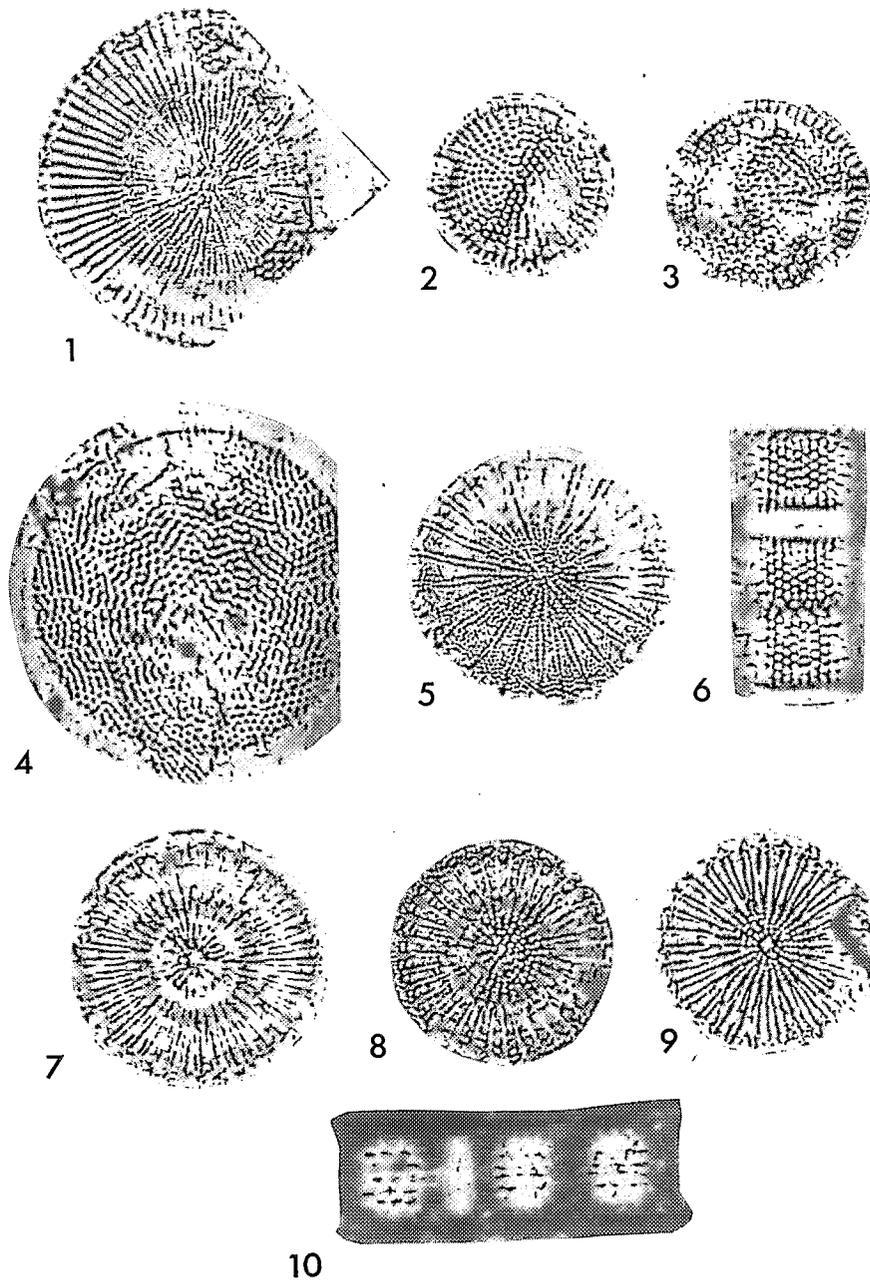


PLANCHE XV. — Les Diatomées de Naala

NIVEAU 486

- |   |        |
|---|--------|
| 1. <i>Stephanodiscus astrea</i> var. <i>spinulosa</i> | ×1 000 |
| 2. <i>Coscinodiscus prae-lacustris</i>                | ×1 000 |
| 3. <i>Coscinodiscus prae-lacustris</i>                | ×1 000 |

NIVEAU 345

- |                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| 4. <i>Coscinodiscus</i> dispar ? | ×1 000 |
|----------------------------------|--------|

NIVEAU 241

- |   |        |
|---|--------|
| 5. <i>Stephanodiscus carconensis</i>                    | ×1 000 |
| 6. <i>Melosira granulata</i>                            | ×1 000 |
| 7.)   |        |
| 8.) <i>Stephanodiscus astrea</i> var. <i>intermedia</i> | ×1 000 |
| 9.)   |        |
| 10. <i>Melosira prae granulata</i>                      | ×1 000 |

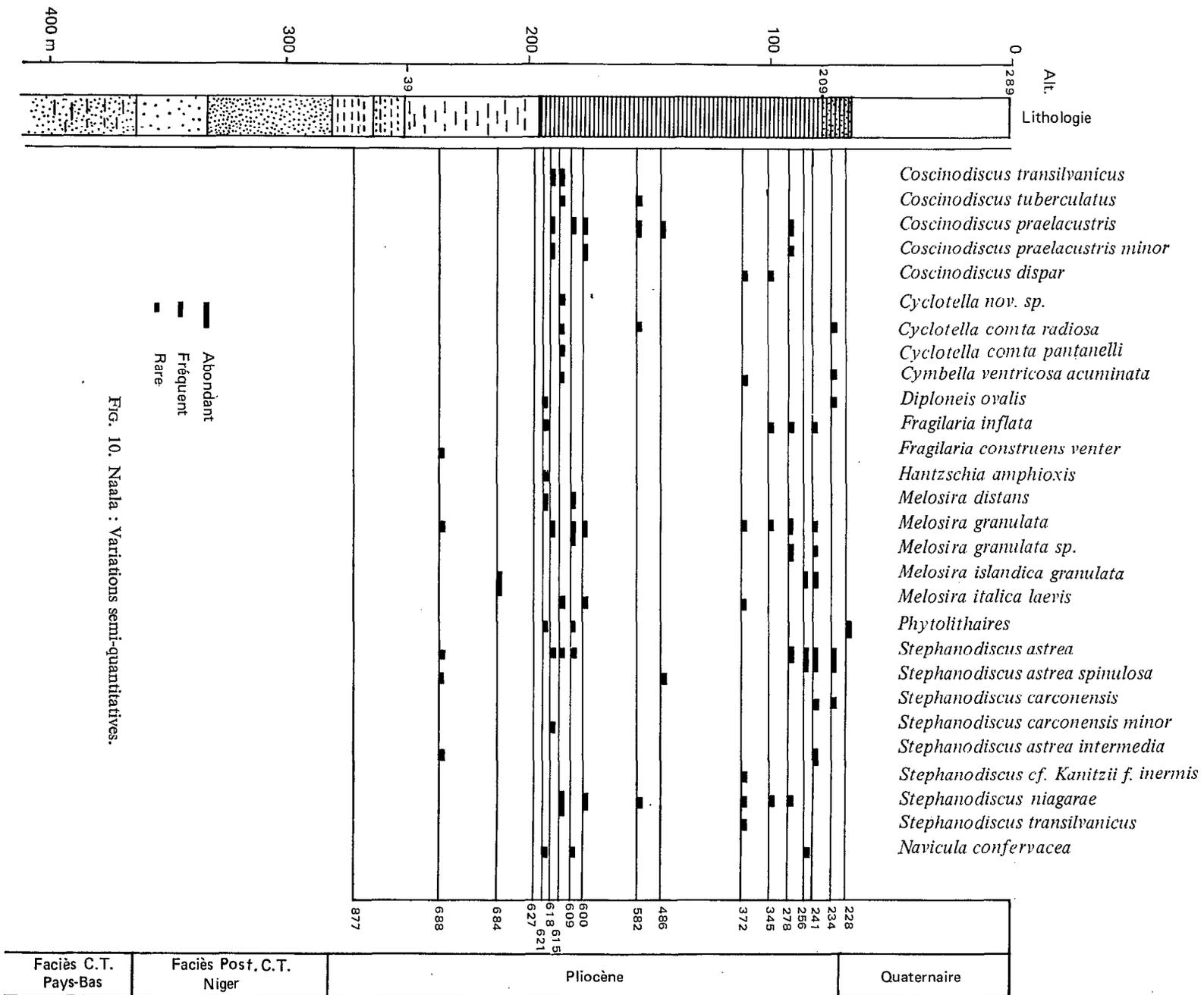


Fig. 10. Naala : Variations semi-quantitatives.



peuvent disparaître définitivement à un niveau donné de la colonne sédimentaire et ce sont d'autres espèces ou d'autres groupes morphologiques qui se développent ultérieurement sans que l'on puisse établir un lien avec une variation éventuelle du milieu lacustre. *Il est probable qu'une partie au moins des modifications observées verticalement dans les associations de Centrales sont surtout en relation avec le facteur temps d'où leur intérêt stratigraphique.*

#### *La microflore de Diatomées et les corrélations stratigraphiques locales*

L'étude d'une coupe continue, échantillonnée de manière détaillée (Alandjaga) a permis d'individualiser plusieurs stades et sous-stades successifs dans l'évolution des Centrales (fig. 11), chacun d'eux pouvant être caractérisé par une ou plusieurs espèces.

Malgré le caractère encore peu détaillé de notre étude sur les dépôts traversés par les sondages de la région du Lac Tchad, il semble que la même évolution apparaisse dans ces dépôts. Si ce fait devait être confirmé quand nous disposerons de « carottages », les Diatomées Centriques pourraient fournir une échelle biostratigraphique.

Pour le moment, *les corrélations proposées s'appuient essentiellement sur des associations très caractéristiques qui constituent vraisemblablement des repères stratigraphiques.* Ces repères sont désignés par le nom de l'espèce dominante.

— Le niveau à *Stephanodiscus niagarae* : il a été identifié à Alandjaga (stade IIId), dans la diatomite de la butte témoin isolée de El Djour, et dans la partie supérieure de la formation argileuse de Rig-Rig.

— Le niveau à *Coscinodiscus praelacustris* var. *septentrionalis* : a été reconnu à Alandjaga (IIIC) et à Rig-Rig à 54 m au dessous du niveau à *Stephanodiscus niagarae*.

— Le niveau à *Stephanodiscus carconensis* et *Coscinodiscus dispar* : il a été observé à Alandjaga (stade IID), à Rig-Rig (immédiatement sous le précédent et dans la diatomite de Koulà-Ri-Katir, au-dessus d'un gisement à Vertébrés rapporté au « niveau type Ouadi Derdemy »).

Il semble par ailleurs que les couches à *Anancus* de Koro-Toro caractérisées par des *Melosira* « à ocelles » puissent être corrélées avec la partie inférieure de la formation argileuse de Cheddra ou ce *Melosira* se trouve présent mais en moins grande abondance.

#### *La microflore de Diatomées et l'âge des dépôts.*

Le nombre de espèces actuelles augmentent de bas en haut dans la série du Bahr El Ghazal. *Les espèces éteintes ou archaïques disparaissent complètement dans la partie sommitale de cette série, elles sont relayées par une flore à cachet moderne. Ce changement important pourrait correspondre, par comparaison avec d'autres régions, à la limite Pliocène/Pleistocène. (stade IIIe)*

La Paléontologie des Vertébrés situe cette limite beaucoup plus bas dans la série au moment où apparaissent les éléphants du genre *Loxodonta* (par exemple dans le gisement de Koulà-Ri-Katir) ce qui correspond d'après nos corrélations aux couches situées sous le stade IID d'Alandjaga. Pour le moment et compte tenu du fait que les Vertébrés du Plio-Quaternaire ancien sont mieux connus en Afrique que les Diatomées, il est préférable de s'en tenir conventionnellement aux données fournies par la paléontologie des Grands Mammifères. Il convient toutefois de souligner que la limite fournie par les Diatomées coïncide sensiblement avec un épisode de changement climatique important caractérisé par l'apparition à Rig-Rig de Diatomées qui pourraient indiquer un refroidissement et par la présence locale de sables éoliens intercalés dans les dépôts lacustres. (M. SERVANT 1973).

#### *Conséquences sur les études néotectoniques et hydrogéologiques*

Dans toutes les coupes étudiées, la mise en place de la série du Bahr El Ghazal s'est effectuée dans des milieux lacustres ayant connu des épisodes proches de l'assèchement ; les conditions de sédimentation et en particulier la profondeur du lac Plio-quaternaire ancien n'ont pas du être très différentes d'une région à une autre.

Si on admet que les niveaux contenant la même microflore se sont déposés à la même époque et approximativement sous une même tranche d'eau, *il faut faire intervenir des déformations néotectoniques pour expliquer leur position actuelle* : il existe en moyenne une différence d'altitude de 150 m entre les mêmes niveaux de la région de Koro-Toro et de la région du lac Tchad. En l'absence d'âges radiométriques, il est difficile d'évaluer la vitesse relative de ces déformations ; néanmoins et par comparaison avec l'Afrique de l'Est, la base de la série du Bahr El Ghazal (niveau type Bochianga) pourrait avoir un âge de l'ordre de 5 à 4 M A. (COPPENS 1972). En fonction de ces données, on peut calculer que la *vitesse relative moyenne d'enfoncement serait environ de 3,8 cm par millénaire.* Cette valeur très faible ne

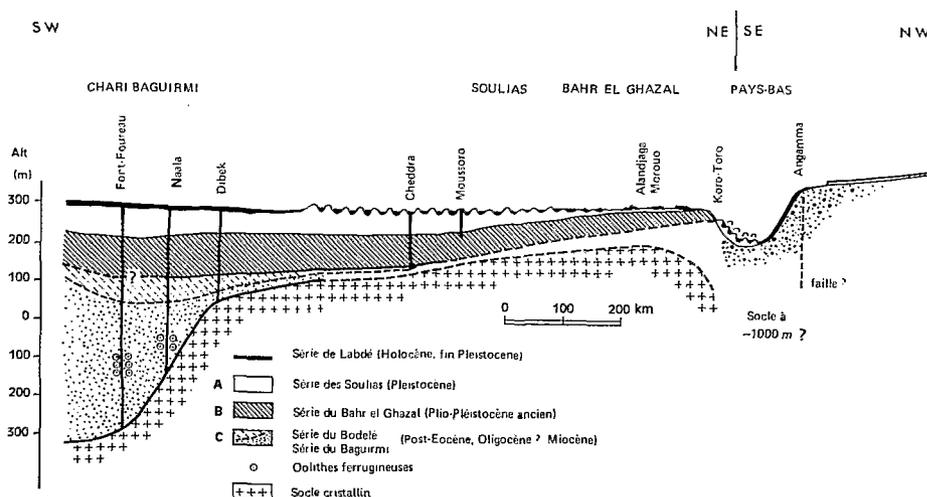


FIG. 12. — Coupe transversale du Bassin tchadien

donne qu'une image partielle des mouvements ayant affecté le bassin : l'enfoncement du secteur centré sur le lac Tchad par rapport au massif cristallin de l'Aïr a été évalué à plus de 10 cm pour mille ans depuis le Crétacé supérieur (FAURE 1971).

On constate que la série du Bahr El Ghazal présente des variations non négligeables d'épaisseur : de l'ordre de 250 m à Rig-Rig, elle n'est que de 150 m à Cheddra et vraisemblablement encore inférieure dans le Bahr El Ghazal. Ces différences ne sont pas liées à des milieux de sédimentation plus ou moins profonds ; une lacune d'une partie de la série est peu probable. Il faut donc admettre des différenciations régionales dans les mouvements de subsidence au Plio-Pleistocène ancien. La vitesse moyenne d'enfoncement étant suivant les régions de 4 à moins de 2,5 cm par millénaire (M. SERVANT 1973).

Les faciès correspondant à des milieux fortement concentrés en éléments dissous se révèlent peu nombreux dans la série du Bahr El Ghazal alors qu'ils sont fréquents dans les dépôts du Quaternaire récent. Pour cette raison il est peu probable qu'il y ait eu

de très grandes variations dans le rapport pluviosité/évaporation pendant le Plio-Pleistocène ancien.

Les corrélations, que nous proposons, laissent présumer que la série, essentiellement argileuse, imperméable du Bahr El Ghazal est continue de la région du lac Tchad à Koro-Toro. Elle sépare deux nappes souterraines dont la plus inférieure, localement artésienne est subaffleurante dans les Pays-Bas, au nord du Tchad.

En résumé et contrairement à ce que l'on observe dans le Quaternaire récent, les Diatomées centriques du Plio-Pleistocène ancien permettent des corrélations stratigraphiques locales. Une échelle biostratigraphique basée sur ces Diatomées semble se dessiner au Tchad. Nous manquons encore d'éléments pour en donner une définition exhaustive et pour déterminer si elle présente ou non un intérêt général à l'échelle de l'Afrique. Il semble toutefois bien démontré que l'étude des Diatomées peut participer conjointement à d'autres méthodes à l'examen des problèmes que posent les termes de passage du Pliocène au Pleistocène.

*Manuscrit reçu au S.C.D. le 8 octobre 1973.*

## BIBLIOGRAPHIE

ABADIE (J.), BARBEAU (J.), COPPENS (Y.), 1959. — Une faune de Vertébrés villafranchiens au Tchad. *C.R. Ac. Sc. Paris*, 24 p, pp. 3328-3330.

ANDREWS (G.W.), 1971. — Early Miocene Non. Marine Diatoms from the Pine Ridge Area, Sioux County, Nebraska. *U.S. Geol. Surv. Prof. Pap.*, 683 - E, 15 p.

BELCHER (J.H.), SWALE (E.N.F.), HERON (J.), 1966. — Ecological and morphological observations on a population of *Cyclotella pseudostelligera* Hustedt 1939. *J. Appl. Ecol.*, 3 (1), pp. 335-340.

BOYER (G.S.), 1926. — List of Quaternary and Tertiary Diatomaceae from deposits of Southern Canada. *Departm. Mines, Victoria Mem. Mus. Bull.*, 45, 27 p.

LES DIATOMÉES DU PLIO-QUATERNAIRE TCHADIEN-STRATIGRAPHIE ET PALÉOÉCOLOGIE

- CLEVE-EULER (A.), 1968. — Die Diatomeen von Sweden und Finnland. *Bibliotheca phycologica*. J. Cramer Ed., 5, 959 d.
- COPPENS (Y.), 1967. — Les faunes de Vertébrés quaternaires du Tchad. « *Background to Evolution in Africa* ». Ed. W.W. Bishop and J.D. Clark, The Univ of Chicago Press, pp. 89-97.
- COPPENS (Y.), 1972. — Tentative de zonation du Pliocène et du Pleistocène d'Afrique par les Grands Mammifères. *C.R. Ac. Sci.*, Paris, 274, pp. 181-184.
- ERLICH (A.), 1966. — Contribution à l'étude des gisements volcano lacustres à Diatomées de la région de Rochessauve et de Saint-Bazile (Ardèche). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 8, (7), pp. 311-321.
- EHRlich (A.), 1967. — Etude de quelques gisements diatomifères villafranchiens du bassin du Puy. *Bull. Asso. Et. Quatern.*, 4, pp. 293-304.
- EHRlich (A.), 1968. — Révision du gisement à Diatomées oligocènes du Puy du Mur (Puy-de-Dôme). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 10, (7), pp. 510-515.
- EHRlich (A.), MANGUIN (E.), 1970. — Examen de quelques diatomites du Tibesti et du Bahr El Ghazal (Tchad). *Cah. ORSTOM, Sér. Géol.*, 2, (1), pp. 153-157.
- FAURE (H.), 1966. — Reconnaissance Géologique des formations sédimentaires post. paleozoïques du Niger Oriental. *Mém. B.R.G.M.*, 47, 632 p.
- FAURE (H.), 1971. — Relations dynamiques entre la croûte et le manteau d'après l'étude de l'évolution paléogéographique des Bassins Sédimentaires. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 272, pp. 3239-3242.
- FOGED (N.), 1964. — Freshwater Diatoms from Spitsbergen. *Tromsø Mus. Skrifter*, 11, 159 p.
- FRENGUELLI (J.), 1934. — Diatomeas del Plioceno superior de las Gayquerias de San Carlos (prov. de Mendoza). *Rev. Mus. La Plata Buenos Aires*, 34, pp. 339-371.
- FRYE (J.G.), HIBBARD (C.W.), 1941. — Pliocene and Pleistocene stratigraphy and paleontology of the Meade Basin, Southwestern Kansas. *Unio Kansas Publ., State Geol. Surv. Kansas Bull.*, 38, (13), pp. 389-424.
- GASSE (F.), 1973. — Ultrastructure de quelques Diatomées Centriques fossiles quaternaires d'Ethiopie (révélée par le microscope électronique à balayage). *Rev. Alg.* sous presse.
- HANNA (G.D.), 1932. — Pliocene Diatoms of Wallace County, Kansas. *Univ. Kansas, Sciences Bull.*, 20 (21), pp. 369-394.
- HANNA (G.D.), GRANT (W.M.), 1929. — Brackish - water Pliocene Diatoms from the Etchegoin formation of Central California. *J. Paleont.*, 3, pp. 87-101.
- HERIBAUD Frère (J.), 1893-1908. — Les Diatomées d'Auvergne. *Libr. Sc. Nat.*, Paris. I : 1902, 79 p. ; II : 1903, 155 p. ; III : 1908, 70 p.
- HUSTEDT (F.), 1938. — Systematische und Ökologische Untersuchungen über die Diatomeen. Flore von Java, Bali und Sumatra. *Archiv. f. Hydrobiol. Suppl. B*, 15, pp. 131-506.
- ILTIS (A.), 1971. — Phytoplankton des eaux natronées du Kanem (Tchad). V. Les lacs mesohalins. *Cah. ORSTOM, Sér. Hydrobiol.*, 1, (5), pp. 73-84.
- JUSE (A.), 1957. — Les Diatomées de la couche superficielle des sédiments de la Mer d'Okhotsk (en russe). *Trudy Inst. Okean.*, 23, pp. 164-220.
- JUSE (A.), 1966. — Diatomeen in seesedimenten. *Arch. f. Hydrobiol. Ergebnisse der Limnologie*, 4, pp. 1-32.
- KANAYA (T.), 1959. — Miocene Diatom assemblages from the Onnagawa formation and their distribution in the correlative formations in North east Japon. *Sc. Rep. Tohoku Univ. (Geology)* 2, (30), pp. 1-30.
- KRASSKE (G.), 1933. — Diatomeen aus dem Oberpliocän von Willershausen. *Arkiv. f. Hydrobiol. und Planktonkunde.*, 24, (3), p. 440.
- LAUBY (A.), 1910. — Recherches paleophytologiques dans le Massif Central. *Bull. Serv. C. Géol. Fr.*, 125, (20), pp. 1-318.
- LOHMAN (K.E.), 1934. — Diatoms in the Mascall formation from Tipton and Austin, Oregon. In : « A Miocene flora from the Blue Mountains, Oregon » E. Olivier. *Carn. Inst. Washington Public.*, 455, (1), pp. 9-11.
- MANGUIN (E.), 1949. — Contribution à la connaissance des Diatomées fossiles des dépôts lacustres de l'Ankaratra. *An. Geol. Serv. Mines*, 18, pp. 85-115.
- MANGUIN (E.), 1952. — Les Diatomées fossiles du Bassin Thermo minéral d'Antsirabé Ramano-fana II. *Mém. Inst. Sc. Madagascar*, 4, (1), 15 p.
- MILLER (U.), 1964. — Diatom floras in the quaternary of the Göta River Valley (Western Sweden). *Sver. Geol. Undersökn. Avkandl. och. Uppsatser I4O*, 44, 67 p.
- MOISSEJEWA (A.J.), 1960. — Flore de Diatomées des sédiments du Tertiaire supérieur de la région côtière d'Extrême Orient et leur valeur stratigraphique. *VI<sup>e</sup> Congr. Geol. Intern.*, 21, pp. 151-156, en russe.
- PANTOCSEK (J.), 1886-1892. — Beiträge zur kenntnis der fossilen Bacillarien Ungarns.  
1. Marine Bacillarien 1886, 77 p., 30 Pl.  
2. Brackwasser Bacillarien, 1889, 123 p., 30 Pl.  
3. Susswasser Bacillarien, 1892, 118 p., 42 Pl. Ed. à Pozsony, 1905.
- RÉHAKOVÁ (Z.), 1965. — Fossile Diatomeen der Sudböhmisches Beckenablagerungen. Praha, 1965. *Vydal Ushedni ustav Géol. v Nakl. elstvičeskoslvenské Ak. ved*, 96 p.
- RÉHAKOVÁ (Z.), 1969. — Changements qualitatifs des associations de Diatomées dans les sédiments tertiaires et quaternaires de Tchecoslovaquie. *Et. Quatern. Monde*, VIII<sup>e</sup> Congr. INQUA, Paris, 1969, 1, pp. 275-285.
- ROGNON (F.E.), 1970. — Le Massif de l'Atakor et ses bordures (Sahara Central). *C. Rech. Z. arides*, sér. Géol., 9, 559 p.
- ROUND (F.E.), 1970. — The delineation of the genera *Cyclotella* and *Stephanodiscus* by light microscopy. *Diatomaceae II. Beih. z. Nova Hedwigia*, 31, pp. 591-601.
- SCHNEIDER (J.L.), 1968. — Carte hydrogéologique de reconnaissance au 1/500 000. Rapport de synthèse de la feuille Pays-Bas - Largeau. *Rapp. BRGM. multigr.*
- SCHRADER (H.J.), 1971. — Fecal pellets: Rôle in sedimentation of Pelagic Diatoms - *Sciences*, 174, pp. 55-57.
- SERVANT (M.), 1973. — Séquences continentales et variations climatiques : évolution du Bassin du Tchad au Cénozoïque Supérieur Thèse Paris VI, 348 p. *multigr.*, 12 pl photo.
- SERVANT (S.), 1973. — Stratigraphie et néotectonique de Plio Pleistocène ancien du Tchad, d'après l'étude des Diatomées. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 276, pp. 2633-2636.
- VAN HEURCK (H.), 1880-1885. — Synopsis des Diatomées de Belgique. Atlas Anvers Ducaju et Cie, Texte Brouwers et Co. Anvers, 235 p.
- VAN LANDINGHAM (Sam. L.), 1064. — Miocene non. Marine Diatoms from the Yakima region in South Central Washington. *Nov. Hedw.* 14, 78 p.
- VAN LANDINGHAM (Sam. L.), 1967. — Paleocology and microfloristics of miocene Diatomites from the Otis basin, Juntura. Region of Harney and Malheur Counties Oregon. *Nov. Hedw.*, 26, 77 p.