

LES DIATOMÉES FLUVIO-LACUSTRES PLIO-PLÉISTOCÈNES DE LA FORMATION CHARAÑA (1) (Cordillère occidentale des Andes, Bolivie)

SIMONE SERVANT-VILDARY (2), MARIO BLANCO (3)

(2) Géologue O.R.S.T.O.M., Mission O.R.S.T.O.M., Casilla 8714 La Paz, Bolivie. Adresse actuelle : Laboratoire de Géologie, Museum National d'Histoire Naturelle, 43, rue Buffon, Paris 75005

(3) Centro de investigaciones Geológicas. U.M.S.A., Cujon Postal n° 4455, La Paz, Bolivie

RÉSUMÉ

Bien qu'essentiellement sableuse, donc peu propice à la conservation des frustules de diatomées, la Formation Charaña a cependant fait l'objet d'une étude détaillée, car c'est la seule formation d'âge Plio-Quaternaire ancien affleurant dans cette région qui nous a fourni une flore assez diversifiée et bien conservée.

Les paléoenvironnements ont ainsi pu être reconstitués pour une période qui s'étend approximativement entre moins de 3 millions et plus de 800 000 ans. Cette période est matérialisée par 60 m de sédiments argilo-sableux ou calcaires :

— L'Unité lithologique I (correspondant à une grande partie de la coupe de Marcanasa) est diatomitique et sableuse. Les variations des associations de diatomées sont à attribuer à des variations des faciès hydrochimiques dans un milieu peu profond, mal drainé, soumis à une forte évaporation, la salinité et le pH peuvent atteindre des valeurs élevées.

— L'Unité lithologique II (correspondant au sommet de la coupe de Marcanasa et à la moitié inférieure de la coupe de Challahuillqui) est représentée par des sédiments sableux, calcaires. Dans un contexte climatique voisin du précédent, on note une tendance à la désalinisation du milieu, liée à un facteur topographique (amélioration du drainage).

— L'Unité lithologique III (correspondant à la moitié supérieure de la coupe de Challahuillqui) est sablo-graveleuse, dépourvue de carbonates. La désalinisation des eaux se poursuit, elle aboutit au sommet de la coupe, à l'installation de véritables conditions lacustres dans un contexte climatique moins évaporant et plus froid.

A cette évolution principalement basée sur des changements du pH, de la salinité et de la température, se surajoute une évolution qui se fait de manière cyclique. Il y a apports périodiques d'eau douce fluviale dans le bassin. Ce phénomène se répète, identique à lui-même dans toute la série sédimentaire, 8 fois en 2 millions d'années. La rythmicité de ce phénomène est difficilement interprétable mais semble pouvoir être lié à un facteur climatique cyclique (augmentation périodique de la pluviosité).

Enfin, il faut remarquer que la flore présente un cachet moderne, il n'y a pas d'espèces éteintes (sauf peut-être une) et de très rares espèces archaïques.

MOTS-CLÉS : Diatomées — Pliocène — Bolivie.

(1) Ce travail a été réalisé dans le cadre des accords de coopération entre l'Université Majeure de San Andres (UMSA) et l'O.R.S.T.O.M.

ABSTRACT

PLIO-QUATERNARY FLUVIO-LACUSTRINE DIATOMS FROM CHARAÑA FORMATION. (WESTERN CORDILLERA OF ANDES, BOLIVIA)

Although it is mainly sandy and therefore, not very favourable to the conservation of diatom frustules, the Charaña Formation has, however, been studied in detail since it is the only late Plio-Quaternary formation which outcropped in this zone and provided us with a rather diversified and well preserved flora.

Thus, paleoenvironments could be reconstructed over a period ranging roughly from less than 3 million years B.P. to more than 800 000 years B.P. This period is characterized by 60 meters of clay-sandy or calcareous sediments:

— The lithologic unit I (which corresponds to a considerable part of the Marcanasa section) is diatomaceous and sandy. The variations of diatom assemblages result from the variations of hydrochemical facies in a shallow and badly drained environment which is subject to high evaporation; moreover, salinity and pH can be high.

— The lithologic unit II (which corresponds to the top of the Marcanasa section and the lower part of the Challahuillqui section) is featured by sandy and calcareous sediments. The environment tends to be subject to desalination due to a topographic factor (improvement in drainage) under climatic conditions close to the previous ones.

— The lithologic unit III (which corresponds to the upper part of the Challahuillqui section) is sandy-gravelly and devoid of carbonates. Water desalination continues and leads to the development of a genuine lacustrine environment at the top of the section under less evaporative and colder climatic conditions.

This evolution which is based mainly on changes in pH, salinity and temperature is increased with a cyclic evolution. Periodical supplies of river fresh water are observed in the basin. The same phenomenon occurs eight times over 2 million years in the whole sedimentary series. It is difficult to interpret the periodicity of this phenomenon which seems to be related to a cyclic climatic factor (periodical increase in rainfall).

Finally, it must be pointed out that the flora assumes a modern appearance since there are no extinct species (except one) and very few archaic ones.

KEY WORDS : Diatoms — Pliocene — Bolivia.

RESUMEN

DIATOMEAS FLUVIO-LACUSTRES PLIO-PLEISTOCENICAS DE LA FORMACIÓN CHARAÑA (CORDILLERA OCCIDENTAL DE LOS ANDES, BOLIVIA)

Aunque esencialmente arenosa, y por consiguiente poco favorable a la conservación de las diatomeas, la Formación Charaña ha sido estudiada detalladamente porque es la única formación de edad plio-cuaternaria que nos ha dado una flora diversificada y bien conservada.

Los paleomedios pudieron ser reconstituidos para un período que se extiende desde menos de 3 MA hasta más de 800 000 años. Este período se materializa por 60 metros de sedimentos arcillosos y arenosos o calcáreos.

La unidad litológica I (que corresponde a la mayor parte del corte de Marcanasa) es diatomítica y arenosa. Las variaciones de las asociaciones de diatomeas están esencialmente ligadas a las variaciones de los caracteres hidroquímicos de las aguas en un medio poco profundo, sin drenaje, con una evaporación fuerte. La salinidad y el pH son altos.

La unidad litológica II (que corresponde a la parte superior del corte de Marcanasa y a la mitad inferior del corte de Challahuillqui) es más arenosa y calcárea. En un contexto climático parecido al anterior, se nota una tendencia a la desalinización de las aguas ligada a un factor topográfico (mejoramiento del drenaje).

La unidad litológica III (que corresponde a la mitad superior del corte de Challahuillqui) es arenosa-guijosa, sin carbonatos. Con la persistencia de la desalinización de las aguas, se llega al tope del corte a la instalación de verdaderas condiciones lacustres en un contexto climático menos evaporante y más frío.

A esta evolución basada sobre cambios del pH, de la salinidad y de la temperatura se sobrepone una evolución cíclica: la llegada periódica de aguas fluviales en la cuenca. Este fenómeno se repite de manera idéntica en toda la serie sedimentaria, 8 veces en 2 millones de años. La periodicidad de este fenómeno no se explica todavía pero podría estar ligada a un factor climático (aumentación periódica de la pluviosidad).

Por último, es necesario poner en evidencia que la flora tiene una morfología moderna, casi no hay especies extintas (excepto tal vez una) y muy pocas especies de morfología arcaica.

PALABRAS CLAVES : Diatomeas — Plioceno — Bolivia.

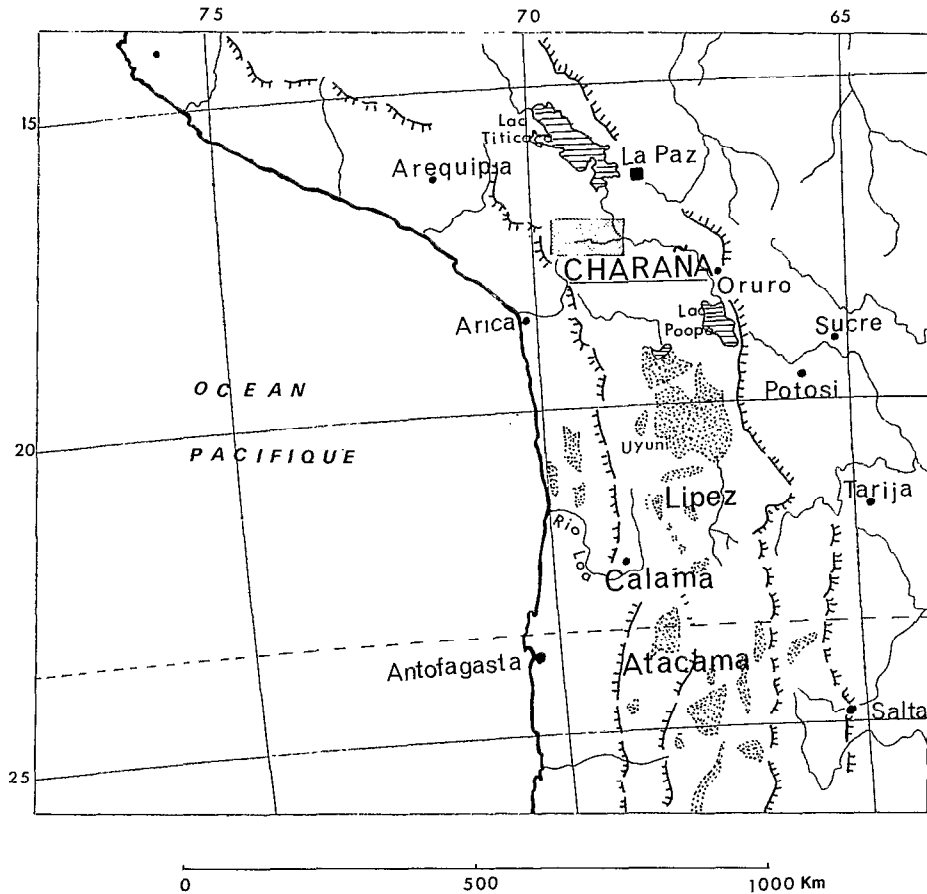


FIG. 1. — Situation géographique du Bassin de Charaña

INTRODUCTION

La Cordillère Occidentale des Andes boliviennes est une chaîne volcanique, tertiaire à quaternaire, au sein de laquelle se situent de nombreux petits bassins lacustres. Ces bassins offrent de bons exemples de sédimentation continentale en haute altitude (4 000-5 000 m), dans un contexte géologique volcanique. Les dépôts qui s'y sont accumulés au Quaternaire ne sont généralement pas accessibles à l'observation et seule leur partie supérieure, d'âge holocène a pu être étudiée (BALLIVIAN et RISACHER, 1981). Quelques dépressions toutefois ont été entaillées par l'érosion et les sédiments y sont affleurants. Tel est le cas du Bassin de Charaña que nous étudierons ici.

Ce bassin est situé sur les frontières du Chili, de la Bolivie et du Pérou vers 17° 50' de lat. S. et 69° 20' de long. W. (fig. 1). Il est tapissé par des dépôts lacustres ou fluviolacustres de 40 à 60 m

d'épaisseur (Formation Charaña) attribués au Plio-Quaternaire ancien (MONTES de OCCA *et al.*, 1963). Une étude sédimentologique récente (BLANCO, 1980) a montré que ces dépôts, principalement siliceux à la base (diatomites et cinérites) sont calcaires dans la partie moyenne et détritiques au sommet (sables et cailloutis). Des figures synsédimentaires de cryoturbation, observées dans les couches calcaires, indiquent que le contexte paléoclimatique de la sédimentation était au moins aussi froid qu'actuellement. Les températures minimales sont aujourd'hui de -5 °C en moyenne annuelle, les températures maximales étant de l'ordre de 17 °C.

Les diatomées de la Formation Charaña ont été étudiées dans le but de préciser l'évolution du milieu de sédimentation. Notre analyse a été faite sur deux coupes situées respectivement à 30 km et à 4 km à l'est du village de Charaña : la première (Marcanasa) intéresse les parties inférieure et moyenne de la Formation (Unité lithologique I

et II), la deuxième (Challahuillqui) intéresse les parties moyenne et supérieure (Unité lithologique II et III).

LA FORMATION CHARAÑA

Position stratigraphique locale

Une coupe géologique schématique (fig. 2) du bassin de Charaña permet de distinguer :

— *Un substratum volcanique (Formation Cerké)* ou vulcano-sédimentaire (Formation Mauri), daté du Miocène, par la méthode K/Ar (EVERDEN *et al.*, 1966) et par la paléontologie des Vertébrés (VILLARROEL, 1978).

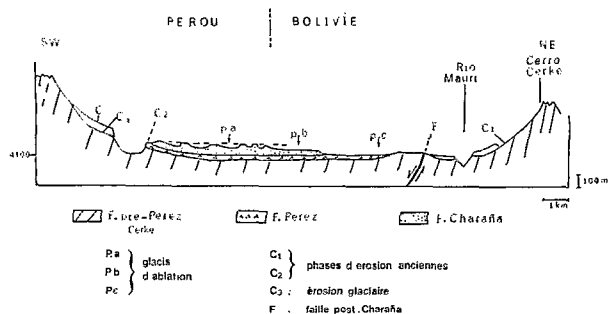


FIG. 2. — Coupe géologique schématique

— *Une ignimbrite (Formation Perez)*, discordante sur les terrains précédents (SIRVAS et TORRES, 1966), de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, datée par la méthode K/Ar de 2,2 MA sur feldspaths et de 3,0 MA sur biotite (EVERDEN *et al.*, 1966).

— *Une série vulcano-sédimentaire à diatomées (Formation Charaña)* de 40 à 60 m d'épaisseur. Cette série contient dans sa partie supérieure quelques ossements de Vertébrés parmi lesquels HOFFSTETER a déterminé *Macrauchenia cf. Ullomensis* et un Glyptodonte du genre *Plarhaplous* connu dans le Pléistocène d'Argentine (*in* BLANCO, 1980).

— *Deux ou trois surfaces planes d'érosion* recourent la surface précédente. Ces surfaces, connues dans l'ensemble de l'Altiplano, sont attribuées au Pléistocène ancien et moyen (SERVANT, 1977).

— *Une surface de creusement (Rio Mauri)* sur laquelle se situent des sédiments fluviaux du Quaternaire récent.

Âge de la Formation Charaña

L'âge limite inférieur de la Formation est défini par la datation K/Ar de la Formation Perez (2,2

et 3 MA). Les dates proposées sont légèrement postérieures à celles obtenues (2,9 et 3,2 MA) sur une cinérite intercalée dans la partie supérieure d'une série sédimentaire pliocène (Formation La Paz) de l'Altiplano oriental (BALLIVIAN *et al.*, 1978).

L'âge limite supérieure est Quaternaire ancien comme l'indique le glaciais qui recoupe la Formation Charaña, mais il n'est pas encore déterminé avec précision. Cependant, l'étude paléomagnétique préliminaire des sédiments (TAIEB et FABRE, communication orale), montre que cette Formation est antérieure à la période Bruhnes dont la base est datée de 0,8 MA dans l'échelle magnétostratigraphique.

Finalement, la Formation Charaña se révèle postérieure à 2,2 MA ou 3 MA et antérieure à 0,8 MA. L'analyse géologique n'indique pas de discontinuité majeure entre cette Formation et l'ignimbrite Perez sous-jacente. Les dépôts lacustres pourraient être de peu postérieurs à cette couche volcanique et seraient ainsi d'âge Pliocène terminal. De nouvelles datations sont actuellement en cours pour vérifier cette interprétation.

Description lithologique

Voir tableau ci-dessous.

BLANCO (1980) a proposé de corréliser le sommet de la coupe de Marcanasa avec la base de la coupe de Challahuillqui. Nous verrons que cette hypothèse est confirmée par l'étude des diatomées. Ce même auteur a individualisé trois Unités lithostratigraphiques majeures dans la Formation Charaña. L'Unité inférieure (I) est caractérisée par une alternance irrégulière de dépôts finement stratifiés lacustres et de sédiments fluviaux sableux ou sablo-limoneux (éch. 101 à 15). L'Unité moyenne (II) comprend de nombreuses dalles calcaires plus ou moins sableuses (éch. 123 à 128 de Marcanasa et 142 à 133 de Challahuillqui). Enfin l'Unité supérieure (III) est sablo-graveleuse, fluviale et comprend quelques couches intercalées sablo-limoneuses ou sablo-argileuses (éch. 132 à 130 de Challahuillqui).

ESSAI DE CARACTÉRISATION DE QUELQUES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES À PARTIR DE L'ÉTUDE DES ASSOCIATIONS DE DIATOMÉES

Les résultats présentés dans ce travail reposent sur l'analyse de 65 échantillons. Une première série (numérotée de 101 à 130) prélevée par M. BLANCO a pu être complétée ultérieurement grâce à une série numérotée de 1 à 15 prélevée par M. SERVANT en vue d'une étude paléomagnétique.

La quantité des frustules conservés dans les

Coupe de MARCANASA (de bas en haut)

	N° éch.	Ep. en cm.	Description lithologique sommaire.
	001		Ignimbrite (Formation Perez) 3 MA et 2,2 MA d'années.
	101	20	Sable.
	102	70	Diatomite laminée.
		150	Lacune d'observation.
		150	Diatomite avec intercalation de sable fin.
	(103)		
)104	50	Diatomite à nodules de silice (25 cm de diamètre)
	(2		
) 3	200	Sables et graviers.
	(105		
UNITE LITHOLOGIQUE I	4	100	Diatomite avec abondants nodules de silice.
	106 à 113	320	Sable fin alternant avec des couches volcaniques, des limons sableux ou diatomitiques.
	7	50	Sable fin.
	7b et 114	200	Sables et graviers.
	8	30	Sables à débris végétaux.
	115	300	Sables et graviers à stratification entrecroisée.
	009	300	Ignimbrite intra Charaña.
	9 et 116	200	Cendres volcaniques.
	(117, 10, 118,) 1, 119, 120 (121, 122	405	Sables et cendres volcaniques avec intercalations de minces bancs diatomitiques (118) et de bancs de sables plus ou moins indurés.
	(12, 20, 13) 14, 15	550	Cendres volcaniques avec abondants nodules de silice dans la partie inférieure et intercalations de niveaux diatomitiques ou sableux dans la partie supérieure.
UNITE LITHOL. II	123, 124, 125	150	Graviers et sables fins carbonatés, intercalation de diatomite blanche.
	(126, 127, 129)128	215	Graviers et sables fins calcaires. Croûte calcaire, carbonates bien cristallisés.

Coupe de CHALLAHUILLQUI

	N° éch.	Ep. en cm.	Description lithologique sommaire.
	(050	300	Matériel d'aspect limoneux, lentilles de sable.
)142		Alternance de limons fins, de sables, de graviers et de diatomite.
UNITE LITHOLOGIQUE II	052	40	Sable grossier à stratification entrecroisée.
	141	100	Sable grossier à concrétions limoneuses.
	140	30	Cendre volcanique.
	139	260	Sables et graviers calcaires avec lentilles de limons.
	138	150	Sables grossiers à ciment calcaire.
	137	340	Cendre volcanique.
	136	100	Croûte calcaire fracturée.
	135	80	Graviers, cendres volcaniques cimentées par des carbonates.
	134	150	Diatomites sableuses au sommet.
	133	100	Croûte calcaire, graviers cimentés par des carbonates, traces de cryoturbation.
UNITE LITHOL. III	132	150	Alternance de sables et de graviers.
		10	Croûte calcaire.
	063, 064	400	Sables et graviers à stratification entrecroisée
		30	Sables imprégnés d'oxydes de fer.
	065	30	Sables et graviers à stratification entrecroisée, traces de cryoturbation.
	131	20	Cendres volcaniques, sables calcaires.
	067	400	Sables contenant des fossiles de Vertébrés.
	130	30	Graviers, veines étroites de carbonates.

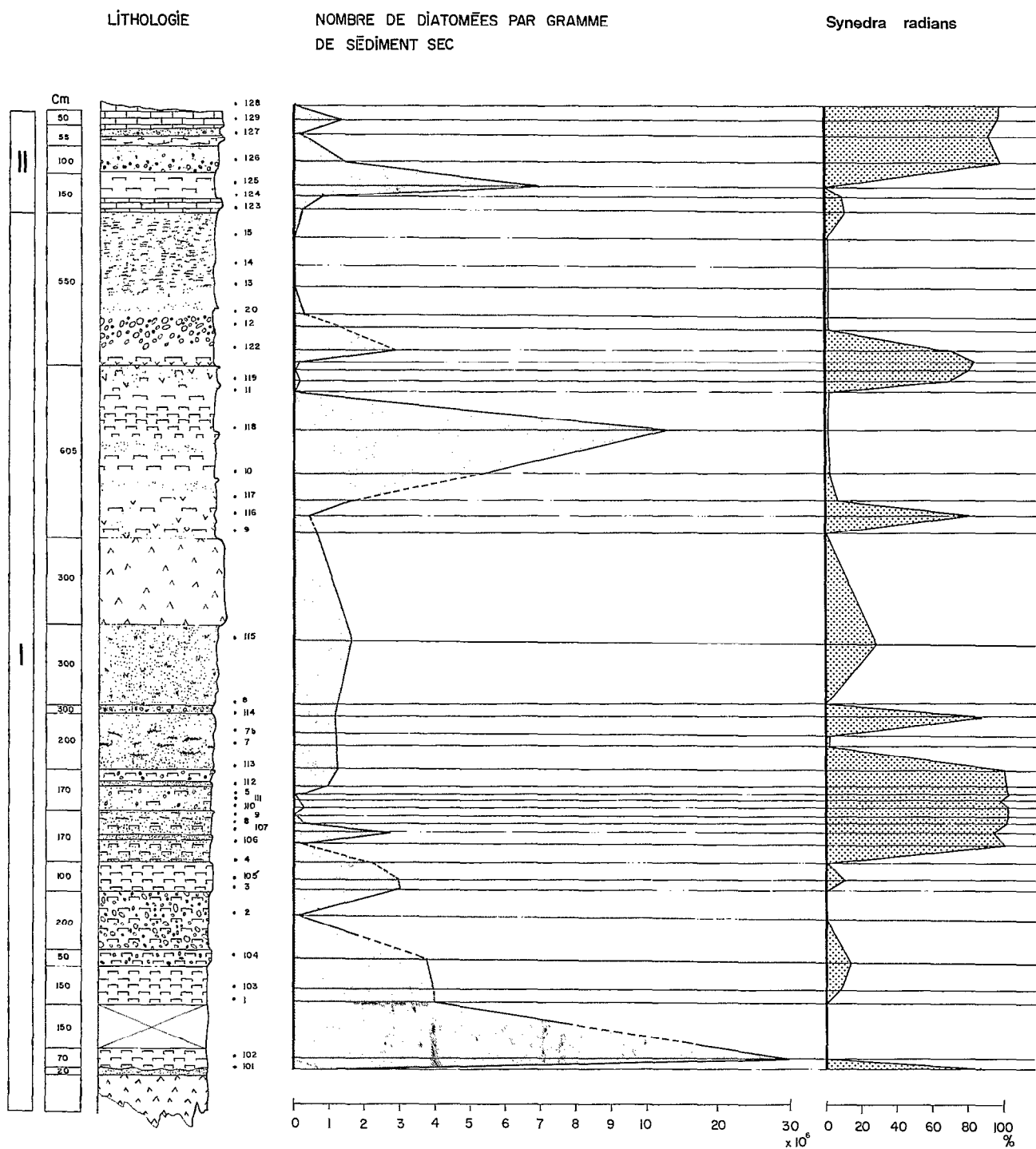


FIG. 3. -- Coupe de Marcanasa : lithologie, teneur en diatomées. Variations de la fréquence de *Synedra radians*

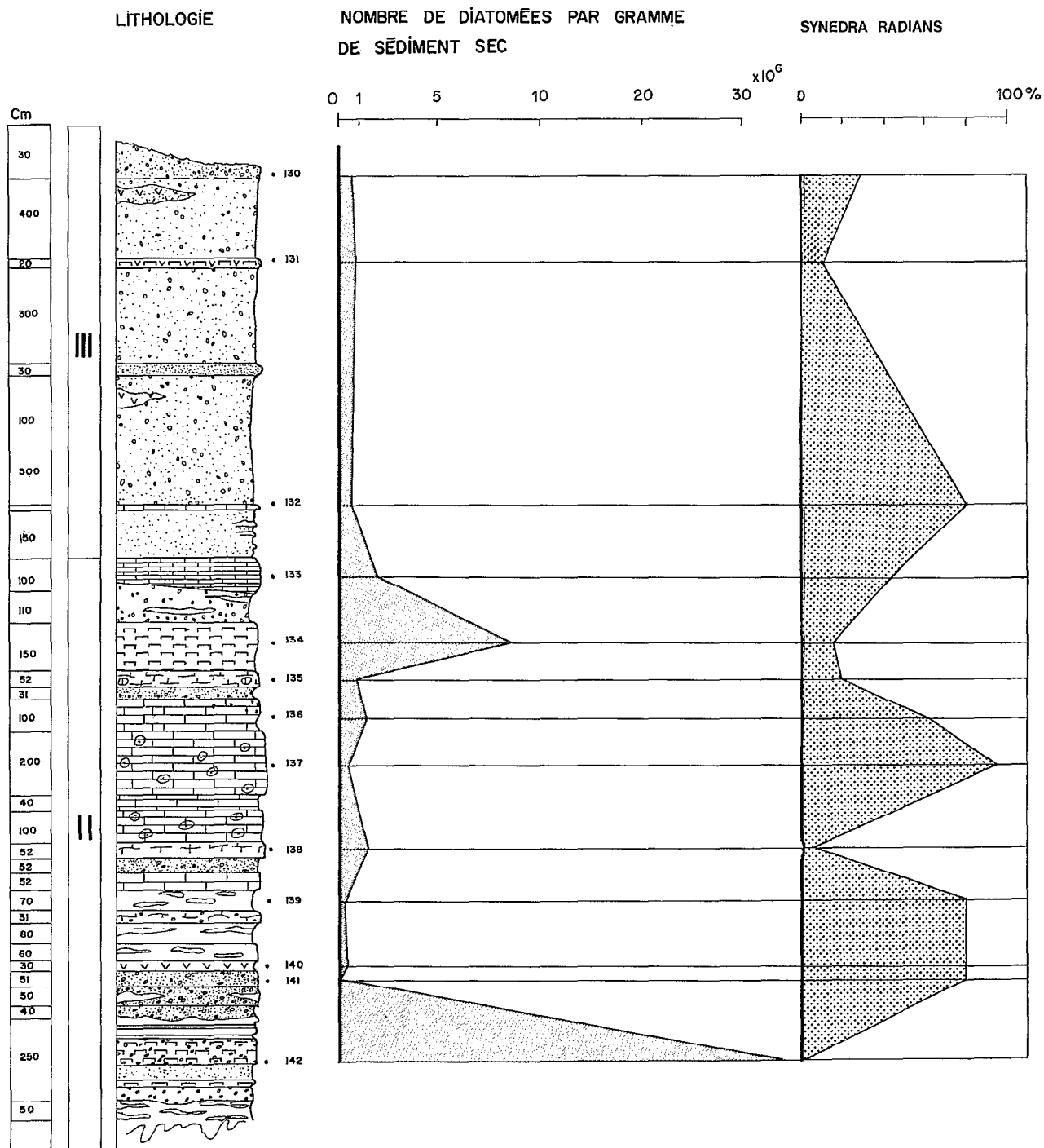


FIG. 4. — Coupe de Challalhuillqui : lithologie, teneur en diatomées. Variations de la fréquence de *Synedra radians*

sédiments a été évaluée par comptage au microscope inversé des frustules contenus dans 10 ml de solution à partir d'un poids égal de sédiment pour chaque niveau (3 g), ramené ensuite à 1 gramme (diagramme fig. 3). On observe de grandes variations de la teneur en diatomées. Ces variations ne correspondent pas à des modifications réelles de la productivité du lac ; elles matérialisent les variations du rapport entre le poids de sédiments détritiques et allochtones (sables-cendres volcaniques) et le poids des frustules de diatomées. Ces comptages montrent qu'une sédimentation fine, diatomique, ne s'est produite que cinq fois dans la série ($4-30 \times 10^6$ frustules/gramme) (fig. 3 et 4).

La flore est assez peu diversifiée (114 taxons ont été identifiés). Le pourcentage d'espèces indéterminées se situe entre 0 et 5 % sauf pour les niveaux qui contiennent en abondance *Nitzschia* sp., (éch. 8), *Navicula* sp. (éch. 134) et *Rhopalodia* sp. (éch. 102). Les espèces sont pour la plupart cosmopolites sauf quatre, endémiques en Amérique latine selon HUSTEDT (1927) et FRENGUELLI (1936) : *Achnanthes speciosa*, *Amphora platensis*, *Mastoglia atacamanae* et *Surirella sella*. Dans le tableau III ont été regroupées quelques données écologiques, recueillies dans la littérature et concernant différentes régions du monde.

Les déterminations au niveau spécifique et les comptages qui permettent de fournir les pourcentages d'une espèce par rapport à toutes les autres dans un niveau donné, ont été effectués à partir de lames observées sur un microscope Leitz au grossissement $\times 1150$ (tabl. I et II).

A partir de ces données qualitatives (détermination spécifique) et quantitatives (fréquences évaluées en pourcentage par rapport à la flore totale) j'ai regroupé pour chaque niveau, les taxons qui présentent les mêmes affinités écologiques pour ce qui concerne le lieu ou mode de vie (ce qui permet de définir les fluctuations du plan d'eau) le pH, la salinité et la température (tabl. IV et V).

Les taxons les plus abondants appartiennent aux genres *Fragilaria*, *Surirella*, *Nitzschia*, *Rhopalodia* et *Synedra*. Ils présentent un cachet moderne et presque tous vivent encore actuellement. Dans l'état actuel de nos recherches sur les milieux boliviens actuels et fossiles, il semblerait qu'une seule espèce pourrait être considérée comme fossile. Il s'agit d'*Amphora platensis* ; Frenguelli en fait une espèce éteinte et je ne l'ai moi-même trouvée que dans des sédiments d'âge quaternaire moyen. A la base de l'Unité lithologique I, se développe un *Fragilaria* (*F. leptastoron* var. *dubia*) morphologiquement proche de *F. bituminosa* du Pliocène de Hongrie par la grossièreté de son ornementation. Mais elle en diffère par une plus grande variation dans la forme générale du test. Cette espèce de Charaña

pourrait être une forme archaïque des actuelles *Fragilaria leptastoron*.

Nous venons de voir qu'à part quelques cas isolés, la flore de la Formation Charaña comprend des espèces morphologiquement identiques aux espèces actuelles. Il est par conséquent possible de les utiliser comme indicatrices de certains paramètres physico-chimiques et de déterminer les fluctuations de la profondeur, du pH, de la salinité et de la température au cours du temps (tabl. IV).

Les fluctuations de la profondeur nous seront données par les variations des pourcentages des espèces benthiques, épiphytes et aérophiles par rapport aux espèces littorales ou planctoniques qui, contrairement au premier groupe, vivent dans des lacs profonds et sur une surface d'eau libre assez large (colonne 6, tabl. IV et fig. 5).

Les diatomées sont très sensibles aux teneurs en sels dissous des eaux. On distingue les espèces sténohalines méso à hyperhalines, c'est-à-dire les espèces qui vivent préférentiellement dans des eaux dans lesquelles la concentration est supérieure à 2 g/l que l'on englobe sous le terme « euhalines » par opposition aux espèces d'eau douce qui comprennent les oligohalobes (0,2 à 2 g/l) et les halophobes (salinité $< 0,2$ g/l). Les euryhalines sont de mauvais indicateurs de la salinité car elles peuvent vivre à des salinités très variées, c'est le cas de *Cocconeis placentula* par exemple (fig. 6).

Les exigences des diatomées vis-à-vis du pH sont maintenant assez bien connues. A pH égal ou supérieur à 7, vivent les espèces dites indifférentes (ou neutrophiles), alcaliphiles et alcalibiontes, à pH inférieur à 7 vivent les acidophiles et les acidobiontes. Grâce aux travaux de divers auteurs, le dernier en date étant celui de RENBERG (1982), nous avons tenté d'évaluer le pH grâce à une formule proposée par cet auteur (fig. 6).

Enfin un dernier paramètre qui peut influencer la composition qualitative et quantitative des associations de diatomées est la température (fig. 7). Nous verrons que les interprétations devront être nuancées en tenant compte des fortes paléo-salinités qui caractérisent la base de la Formation Charaña.

a. Les fluctuations de la profondeur du plan d'eau

Une des caractéristiques essentielles de la flore de Charaña est la rareté des Centrophycidées (espèces à symétrie radiaire) par rapport aux Pennatophycidées (espèces à symétrie bilatérale). Les Centrophycidées les plus répandues dans les milieux lacustres sont, dans leur majorité, planctoniques. A Charaña, elles ne sont représentées que par deux espèces *Melosira octogona* (Syn. *M. moniliformis* var. *octogona*) et *M. varians* qui ne sont pas planctoniques mais tychoplanctoniques. Il n'existe donc à Charaña aucune diatomée planctonique vraie

(euplanctonique). Les coupes de Marcanasa et Challahuillqui se situant au centre du bassin, l'absence d'euplanctoniques permet de supposer que le lac de Charaña n'a à aucun moment de son histoire atteint de grandes profondeurs.

La majorité des espèces constituant la flore de Charaña sont des Pennatophycidées que nous avons séparées en deux grands groupes :

— Le premier comprend les aérophiles (milieux humides) et les périphtiques qui comprennent les benthiques et les épiphytes vivant fixées sur un substrat minéral ou organique, dans des milieux où la tranche d'eau est faible (entre 0 et environ 10 m selon la topographie du bassin). Parmi ce groupe, appartiennent *Achnanthes*, *Amphora*, *Pinnularia*, *Surirella*.

— Le deuxième groupe comprend les espèces littorales ou tychoplanctoniques. Elles vivent sur les bordures des grands lacs, à l'état libre dans les lacs peu profonds, ou près des plantes submergées. Dans ce groupe nous avons inclus *Fragilaria* (*F. virescens*, *F. construens*, *F. leptausoron*) et *Melosira*.

Les variations relatives du pourcentage de ces deux groupes sont représentées dans la figure 5. Le problème s'est posé de savoir dans quel groupe devait être classé *Synedra radians* var. *radians* : considérée comme planctonique par certains auteurs, cette diatomée serait épiphyte pour d'autres. A Charaña, elle est abondante et elle réapparaît épisodiquement au cours de la période de sédimentation de la Formation Charaña. Cette espèce est associée à des dépôts détritiques sableux à stratification entrecroisée. Nous considérons qu'elle est fluviatile (rhéophile) de milieu peu profond. Dans les calculs elle a été comptabilisée dans le groupe des épiphytes.

On observe sur la figure 5 une diminution du premier groupe en faveur du deuxième à partir de l'échantillon 115. D'un bas-fond humide et marécageux envahi par une végétation aquatique épisodiquement immergée, le bassin de Charaña se serait transformé en un lac de faible profondeur à plantes aquatiques immergées. Ces nappes d'eau ont été alimentées de manière périodique par des apports d'eaux fluviales, matérialisés par *Synedra radians*.

b. Les caractères chimiques des eaux; fluctuations de la paléosalinité

La reconstitution des paléosalinités s'est appuyée en partie sur une étude antérieure de nombreux petits lacs salés situés dans le Sud de l'Altiplano, à environ 400 km au Sud de Charaña. Ces petits lacs fournissent de bons exemples de modifications des associations de diatomées en fonction de la salinité qui varie ici de 0,3 à 270 g/l. A l'intérieur

d'un même lac, l'amplitude de variations de la concentration en sels est négligeable au cours de l'année, de même que les variations des faciès hydrochimiques dominants. D'après l'étude des diatomées de treize de ces lacs, il est apparu que dans un contexte climatique proche de celui qui existe actuellement à Charaña, la teneur globale en sels dissous et le faciès hydrochimique sont les deux facteurs qui interviennent de manière déterminante sur la composition qualitative et quantitative des associations floristiques : à une salinité de 1,4 g/l nous avons observé des modifications profondes de la flore. Les espèces oligohalobes (salinité < 2 g/l) sont relayées par des espèces euhalobes (salinité > 2 g/l). Les euhalobes comprennent les mesohalobes (2-16 g/l), les polyhalobes (16-35 g/l) et les hyperhalobes (> 35 g/l).

Chaque lac est caractérisé par un faciès hydrochimique particulier : carbonaté sodique, chlorosulfaté sodique, ou chloruré sodique et calcique. Ces différences dans la nature des sels se reflètent dans la flore de diatomées.

Chaque fois que cela a été possible, nous nous sommes appuyés sur cette étude des milieux actuels pour interpréter les associations fossiles de la Formation Charaña. Cette confrontation nous a parfois permis d'identifier le faciès hydrochimique dominant dans une gamme de salinité très étendue. Les pourcentages des espèces euhalobes sont indiqués dans le tableau IV et les variations de ces pourcentages schématisés dans la figure 6.

Les variations de la paléosalinité sont très accentuées dans la partie inférieure de la formation Charaña. Nous pouvons y distinguer plusieurs phases de concentrations en sels dissous. Chacune de ces phases est caractérisée à la base par des diatomées d'eaux douces (*Synedra radians*) qui marquent une arrivée dans le bassin d'eaux fluviales. Ces eaux évoluent ensuite vers des teneurs croissantes en sels dissous ; ce qui se traduit par une augmentation de la fréquence des espèces euhalobes et dans les stades ultimes par des dépôts d'évaporites (cristaux de gypse). Dans les parties moyenne et supérieure de la formation, les apports épisodiques d'eaux fluviales demeurent très apparents mais ils sont suivis par une augmentation moins accentuée des teneurs en sels dissous. Les maxima de la fréquence des espèces euhalobes ont en effet tendance à diminuer progressivement vers le sommet de la série sédimentaire.

Première phase de concentration saline (éch. 102 à 4)

Les 9 échantillons analysés (fig. 7) sont des argiles diatomitiques ou des diatomites. La flore est constituée en majorité d'espèces épiphytes et benthiques

TABLEAU I
Liste systématique des diatomées de Marcanasa

Taxons	Echantillons																							
	101.	102.	1.	103.	104.	2.	3.	105.	4.	106.	107.	108.	109.	110.	111.	5.	112.	113.	7.	7b.	114.	8.		
<u>Genre Actinanthus</u>																								
<i>A. filicostellus</i> (Eutz) Grun.									25						24									7
<i>Prorocentrum</i> sp.																								
<i>actinostata</i> Breb.																								4
<i>dehiscens</i> Kütz									6															8
<i>laevigata</i> (Breb) Grun.										0.7														
<i>microcephala</i> Kütz			1,2																					
<i>opulenta</i> Hust.																								
<u>Genre Amphora</u>																								
<i>A. coffaeiformis</i> Ag.																								
<i>ovata</i> Kütz									0.8															0.7
<i>pitensis</i> Freng.																								0.9
<i>subrotunda</i> Hust.																								
<u>Genre Amphiprora</u>																								
<i>A. sp.</i>																								0.8 1
<u>Genre Anomoneis</u>																								
<i>A. quadrangula</i> (Ehr.) P.									2,6															1,9
<i>quadrangula</i> Freng.																								2,8
+ <i>quadrangula</i> (O'Hull) Freng.										0.7														1
<u>Genre Caloneis</u>																								
<i>caloneis</i> (O. Smith) Hendey.										0.8														0.7 2
<u>Genre Campylodiscus</u>																								
<i>C. caligens</i> Ehr.																								10
<u>Genre Ceratoneis</u>																								
<i>C. curvata</i> Kütz																								1
<u>Genre Coconeis</u>																								
<i>C. elongata</i> Ehr.																								2
<i>elongata</i> Pant.										9,4														2
<u>Genre Cyclotella</u>																								
<i>C. ovalis</i> (Kütz) Grun.																								1
<i>C. striatella</i>										0.8														0.7
<u>Genre Cymbella</u>																								
<i>C. ampullacea</i> (Ehr) Cl.																								4
<i>C. ampullacea</i> (Kütz) V.H.																								
<i>C. ampullacea</i> Ehr.																								
<i>flavida</i> Cleve.																								
<i>C. ampullacea</i> Hust.																								2
<i>C. ampullacea</i> M. Smith.																								
<i>C. ampullacea</i> Grun.																								0.7 0.9
<i>C. ampullacea</i> Greg.																								
<u>Genre Denticula</u>																								
<i>D. elongata</i> Kütz																								2,4 1,5
<u>Genre Diploneis</u>																								
<i>D. sp.</i>																								
<i>D. elongata</i> Hust.																								4
<u>Genre Fragilaria</u>																								
<i>Fragilaria</i> sp. <i>inflata</i> (Pant) Hust.																								

DIATOMÉES PLIO-PLÉISTOCÈNES (BOLIVIE)

TABLEAU I (suite)

115. 9 . 116 117. 10. 118. 11. 119. 120. 121. 122. 12. 20. 13. 14. 15. 123. 124. 125. 126. 127. 128. 129.

0.7 3 1.5 21 0.6 0.5

7.1 0.9 25 3 0.6 0.8 1.6 0.8

4 3.9 2 6 0.8

0.7 39 13

1.5 1.7 1.6 0.8
0.9 0.6 3 2

0.6 3 2 3.5 0.8

3.3 4 1.6

1.6 1 15

115. 9. 116. 117. 10. 118. 11. 119 120. 121. 122. 12. 20. 13. 14. 15. 123. 124. 125. 126. 127. 128. 129

0.9 3.4

0.7 0.7 0.7

0.7 12 1.8 7 1.7 0.8
2.6 12 0.8

0.9 0.5

0.8

3 1.4 0.5 1.6
0.7 4 3.2
0.7

10 12 5 11
2 3 5

6

TABLEAU I (suite)

	101.	102.	1.	103.	104.	2.	3.	105.	4.	106.	107.	108.	109.	110.	111.	5.	112.	113.	7.	7b.	
<i>F. leucostroma</i> (Ehr.) Grun.	10.7	0.7	11				4	12			6	1								3.7	
<i>F. leptostroma</i> var. <i>dubii</i> (Grun.) Hust.	6.2	6	14	37			25	29													
<i>F. rhomboides</i>																					
<i>F. longicauda</i> Grun.																					
<i>F. globata</i> Ehr.																					
<i>F. globata</i> var. <i>lamostriata</i> (Schum.) Hust.																					
<i>F. globosa</i> Ralfs.				0.7	6		1														
<i>Gyrodium conchiforme</i> (Kütz.) Rab.				4.2																	
<u>Genre Hantzschia</u>																					
<i>H. argillacea</i> (Ehr.) Grun.																				13	
<u>Genre Mastoglia</u>																					
<i>M. lasiocoma</i> Freng.					0.9																
<u>Genre Melosira</u>																					
<i>M. globosa</i> (Ehr.) Kütz.																					
<i>M. elongata</i> (O. Mull.) C. Ag.																				25	
<u>Genre Navicula</u>																					
<i>N. globosa</i> (Ehr.) Kütz.	1.2	0.8																			
<i>N. angustata</i> Kütz.																					
<i>N. lamprolucida</i> Grunow.																				5	
<i>N. lamprolucida</i> Kütz.																					
<i>N. lamprolucida</i> Per.																					
<i>N. globosa</i> (Ehr.) Kütz.																					
<i>N. globosa</i> (O. Mull.) C. Ag.																					
<i>N. globosa</i> (Ehr.) Kütz.							0.7														
<i>N. globosa</i> var. <i>globosa</i> Hust.							0.7													43	
<i>N. globosa</i> V.H.																				10	
<i>N. globosa</i> (Ehr.) Grun.							0.7														
	101.	102.	1.	103.	104.	2.	3.	105.	4.	106.	107.	108.	109.	110.	111.	5.	112.	113.	7.	7b.	
<i>N. globosa</i> var. <i>globosa</i> Greg.																					
<i>N. globosa</i> Kütz.																					
<i>N. globosa</i> Kütz.							0.8														
<i>N. globosa</i> (Lag.) Cl.																					
<i>N. sp.</i>							2.1													2	
<u>Genre Neidium</u>																					
<i>N. globosa</i> var. <i>globosa</i> Brun.																					
<u>Genre Nitzschia</u>																					
<i>N. globosa</i> Hust.																				2	
<i>N. globosa</i> (B.) Grun.																					
<i>N. globosa</i> Grun.																				4.6	
<i>N. globosa</i> Grun.	1.2	3.5	1.4	2			1	8												0.7	
<i>N. globosa</i> (Breb) Grun.																				30	
<i>N. globosa</i> (Kütz) Grun.																				2.4	
<i>N. globosa</i> (Kütz) Grun.																				1.2	
<i>N. globosa</i> var. <i>globosa</i> Cl.	8.9	5.8	30	1.9			13	4												2	
<i>N. sp.</i>																				2.5	
<u>Genre Finularia</u>																					
<i>F. globosa</i> Breb.																				1	
<i>F. globosa</i> Ehr.	1.2																				
<i>F. globosa</i> Kütz.																				1	
<i>F. globosa</i> Grun.																					
<i>F. globosa</i> Lagergt.																				16	
<u>Genre Rhopalodia</u>																					
<i>R. globosa</i> (Ehr.) O. Mull.																				5	
<i>R. globosa</i> var. <i>globosa</i> O.M.																					
<i>R. globosa</i> Ag.				4.3	2		2	2												0.7	
<i>R. sp.</i>				18.2	10	1.9		13												2.8	
<i>R. sp.</i>				6.2																0.8	
<i>R. sp.</i>																				4	

TABLEAU I (suite)

	101.	102.	1.	103.	104.	2.	3.	105.	4.	106.	107.	108.	109.	110.	111.	5.	112.	113.	7.	7b.	
<u>Genre Scoliopleura</u>																					
<i>S. punctata</i> Grun.																					
<i>S. sellae</i> (Breb.) Raben.			0.7				4			0.7										1.2	
<u>Genre Surirella</u>																					
<i>S. sella</i> Freug.	57	8.7	9	13			7	8	98												
<i>S. longicauda</i> Ehr.																					
<i>S. radiata</i> Grun.																					
<i>S. sellae</i> Breb.																					
<i>S. apiculata</i> Hust.																					
<i>S. radiata</i> Grun.																					
<i>S. radiata</i> (Ehr.) V.H.																					
<i>S. radiata</i> Turpin						0.9															1.2
<i>S. radiata</i> parviflora																					
<u>Genre Synedra</u>																					
<i>S. radiata</i> parviflora Patrick 95				13	18			17	100	78	89	97	98						98	98	
<i>S. radiata</i> Hust.													3								
<i>S. radiata</i> (Nitzsch) Ehr.			0.7	0.7			1			0.7	5			1							1.3
<i>S. radiata</i>																					
<i>S. radiata</i> Kütz.																					
Indéterminées.							4	2		3	2										

(> 80 %), euhalobes (30 à 98 %), alcaliphiles (62-84 %) et parfois alcalibiontes (98 % dans l'échantillon 4).

Les variations des associations de diatomées permettent d'individualiser trois séquences différentes. La première séquence comprend deux termes, le premier correspond à un apport d'eau douce (éch. 101 avec 95 % de *Synedra radians*), le deuxième correspond à une augmentation de la salinité (éch. 102) avec *Surirella sella* 57 %, *Nitzschia punctata* var. *apiculata* (8 %), *Nitzschia hungarica* 3,5 % ; *Rhopalodia* sp. (6 %) pour les espèces euhalobes, et pour les espèces oligohalobes, *Fragilaria construens* 10 % et *Fragilaria leptastoron* var. *dubia*. 6 %. La deuxième séquence comprend trois termes. Le premier (éch. 1) est caractérisé par *Achnanthes biasoletiana* 25 %, *Surirella sella* 8 %, *Anomoeoneis sphaerophora* 3 % et *Rhopalodia operculata* 8 % (*Syn. R. musculus*). Le deuxième (éch. 103) par *Nitzschia punctata* var. *apiculata* 30 %, *Rhopalodia operculata* 10 %, *Fragilaria leptastoron* var. *dubia*. 25 %, et le troisième (éch. 104) par *F. leptastoron* var. *dubia*. 37 %, *Surirella sella* 13 %, *campylodiscus clypeus* 10 % et par un échantillon (2) azoïque mais très riche en cristaux de sulfate. La troisième séquence évolue de manière identique à la séquence 2 en ce qui concerne les termes 1 et 2, mais le terme 3 (éch. 4) qui contient 98 % de *Surirella sella* se rapproche du terme 2 de la séquence 1.

Surirella sella est actuellement très abondante

dans les lacs de l'Altiplano, elle semble liée tout particulièrement aux lacs chloro-sulfatés sodiques dont la salinité varie entre 30 et 80 g/l.

Nitzschia punctata et *N. hungarica* sont abondantes dans le lac Poopo, lac chloruré et sulfaté sodique où la salinité varie de 14 à 40 g/l du Nord au Sud (SERVANT-V., 1978).

Anomoeoneis sphaerophora et *Rhopalodia operculata* sont rares dans les milieux salés boliviens. Par contre elles sont répandues dans les milieux carbonatés sodiques fossiles et actuels de nombreux lacs africains notamment aux abords du lac Tchad (SERVANT-V., 1978).

Cette première phase de concentration saline comprend une succession complexe de faciès hydrochimiques mais l'analyse détaillée de cette succession nécessiterait un échantillonnage plus serré. On peut cependant reconnaître dans chacune des deux premières séquences l'évolution classique par évaporation de la composition chimique des eaux (BALLIVIAN et RISACHER, 1981, p. 55). L'échantillon 101, par exemple, correspond à un stade initial : des eaux douces arrivent dans le bassin. Ces eaux se concentrent ensuite par évaporation et déposent d'abord de la calcite (éch. 1 et 3) puis des sulfates de calcium. On aboutit ainsi à des milieux chlorosulfatés sodiques (éch. 103, 105, 104, 4) et en fin d'évolution à des eaux sulfatées sodiques (éch. 2) puis à des dépôts d'évaporites (gypse).

TABLEAU I (suite)

114. 8.	115. 9.	116. 10.	117. 10.	118. 11.	119. 11.	120. 11.	121. 11.	122. 12.	123. 12.	20. 13.	14. 13.	15. 13.	123. 124.	125. 125.	126. 125.	127. 127.	128. 128.	129. 129.
			0,9											1,6				
	1,9	0,4	2,4	1,3				2		0,8								
								25		1			0,8					
													3,2					
			3					3		11,5			4,8					
												3,4						
			5,5															
89 2	39	82 9	1	0,6	88	97	100	78			18	13	100	97	98	99		
		25 1,5	14	3,4								1,6						
3			2,4											0,8				
		3,7																
4		5																

Deuxième phase de concentration saline (éch. 7)

La fréquence des espèces benthiques et épiphytes (61 %) est plus élevée que celle des espèces littorales (33 %). Les espèces euhalobes représentent 86 % de la flore parmi lesquelles 61 % sont alcalibiontes, ce sont principalement *Nitzschia navicularis* 30 % et *Melosira octogona* 25 %.

Melosira octogona a été recueillie dans une pêche de phytoplancton dans le delta du rio de la Plata par FRENGUELLI, 1941, p. 328. Pour cet auteur elle est planctonique, alcalibionte, mésohalobe, préférentielle des eaux chlorurées sodiques. Jusqu'à présent, nous ne l'avons pas trouvée dans les milieux salés boliviens actuels.

Nitzschia navicularis est abondante dans un des lacs du Sud de l'Altiplano (Laguna Ramaditas) dans lequel la salinité est de 29 g/l, le pH de 8,1 et le faciès dominant de type chloruré sodique et calcique.

Cet échantillon matérialise une étape de cette deuxième phase : les eaux sont légèrement moins concentrées que durant la phase I et le faciès de type chloruré sodique et calcique. Des prélèvements plus serrés seraient nécessaires pour replacer cet épisode dans l'évolution du milieu.

Troisième phase de concentration saline (ed. 9-117 à 11)

Cette troisième phase de concentration débute

de manière inattendue dans un niveau de cendres volcaniques prélevé dans la partie superficielle de l'ignimbrite « Intra-Charaña » qui sépare l'Unité lithologique I en deux parties.

Les échantillons 9 (*Achnanthes speciosa* 39 %, *Synedra tabulata* 25 %) et 117 (*A. speciosa* 13 %, *S. tabulata* 14 %, *Achnanthes biasoletiana* 20 %) représentent le terme 1 de cette nouvelle séquence. Le terme 2 (éch. 10) contient *Melosira octogona* 17 %, *Nitzschia navicularis* 55 %, *Surirella striatula* 6 %, *Diploneis* sp. 10 %, et dans l'échantillon 118, *Melosira octogona* 27 %, *Achnanthes delicatula* 25 %, *Cocconeis diminuta* 12 %, *Nitzschia navicularis* 12 %. Le terme 3 (éch. 11) est représenté par une couche de sable fin à cristaux de sels.

Achnanthes speciosa est une espèce endémique. En Bolivie, nous l'avons trouvée dans quatre lacs où elle représente moins de 1 % de la flore, elle est un peu plus abondante dans la Laguna Ballivian (située au nord de la laguna Ramaditas) qui est un lac chloruré sodique et calcique avec une salinité de 79 g/l.

Entre la phase II et la phase III, le dépôt de l'ignimbrite Intra-Charaña n'aurait pas modifié la composition chimique des eaux. La présence de *Melosira octogona* (phase II) puis sa disparition à la base de la phase III représente une baisse du plan d'eau après le dépôt de l'ignimbrite (terme 1), sa réapparition au cours du terme 2 indique un rétablissement rapide des conditions lacustres.

TABLEAU II

Liste systématique des diatomées de Challahuilqui (% par rapport à la flore totale)

Taxons	Echantillons										
	142	141 & 139	138	137	136	135	134	133	132	131	130
<i>Adiantum exigua</i> var. <i>bicretovalvata</i> Frasske										0.7	
<i>A. lanceolata</i> Breb.	2.1		3.4			1	0.8			0.7	3.6
<i>A. speciosa</i> Hust.								1			
<i>Amphera ovatis</i> Kütz.	1.4										
<i>A. platensis</i> Freng.	0.2										
<i>Anomoeoneis sphaerophera</i> var. <i>navicularis</i> (O.Müll.) Freng.	3.1										
<i>Anomoeoneis</i> sp.							0.8				
<i>Caloneis Schumanniana</i> var. <i>lanceolata</i> Hust.	3.1										
<i>C. Nestü</i> (W. Smith) Heudey	0.2										
<i>Ceratoneis arcus</i> Kütz.					1.9		0.8				
<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.	0.9		0.5								
<i>Cymatopleura solea</i> (Breb.) W. Smith.	0.2										
<i>Cymbella affinis</i> Kütz.							0.8				
<i>C. cymbiformis</i> (Kütz) V.H.										0.7	
<i>C. norvegica</i> Grun.							0.8				
<i>Penticula</i> sp.					9.1						
<i>Fragilaria construens</i> (Ehr.) Grun.	7.8		3.4				0.8				
<i>F. lapponica</i> Grun.			1.9								21.8
<i>F. leptastoron</i> (Ehr.) Hust.	7.6					19.5				1.8	
<i>F. pinnata</i> Ehr.	20		76.9		5.7	43.2	21.3	1		58.6	7.2
<i>F. vaucheriae</i> A.V.H.	0.2							3		0.7	1.8
<i>F. virescens</i> Ralfs										0.7	21.8
<i>F. virescens</i> var. <i>mesolepta</i> Rabenh.										1.5	
<i>Frustulia Frenguelli</i> Mang.			1.1								
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun.	0.4						0.8			0.7	
<i>Navicula cineta</i> (Ehr.) Kütz.								7.4			1.8
<i>N. contenta</i> Grun.										0.7	
<i>N. cryptocephala</i> var. <i>lanceolata</i> Schum.	7.3						1.7			2.2	
<i>N. cuspidata</i> Kütz et var. <i>ambigua</i> (Ehr) Cl	4.6						0.8			0.7	
<i>N. dicephala</i> (Ehr.) W. Smith	0.2										
<i>N. hungarica</i> Grun.	0.2		2.2				0.8				
<i>N. mutica</i> Kütz.	0.2		0.5				2.6	3.3			
<i>N. mutica</i> var. <i>binodis</i> Just.	0.2					3	0.8	11.7			
<i>N. mutica</i> var. <i>navalis</i> (Ehr.) Hust.	0.4		1.4		0.9						
<i>N. muticopsis</i> V. Heurock.	1.4						0.8				
<i>N. peregrina</i> (Ehr.) Grun.							1.7				
<i>N. pygmaea</i> Kütz.	0.2									0.7	

TABLEAU II (suite)

N.sp											
<i>N. tripunctata</i> (O.F.Mull) Bory		0.8		12.5	4.1	12 14.7			3		
<i>Neidium iridis</i> var. <i>luminosum</i> Brun.	1.4										
<i>Nitzschia alpina</i> Hust.	2.6										
<i>N. amphibia</i> Grun.							4.2				
<i>N. circumsuta</i> (Bailey), Grun.						1.7					
<i>N. frustulum</i> Kütz	2.1	1	1.4	0.9	2	4.3	6.3	1.5			
<i>N. hungarica</i> Grun.	4.7				1	7.8	7.4	1.5	1.8		
<i>N. palea</i> var. <i>debilis</i> (Kütz) Grun.	5.1					8.6					
<i>N. palea</i> (Kütz) W. Smith.								2.2			
<i>N. sigma</i> (Kütz) W. Smith.				0.9				0.7			
<i>N. sigma</i> idea (Ehr.) M. Smith.	0.2					5.2		0.7	1.8		
<i>Pinnularia borealis</i> Ehr.	0.2	0.5									
<i>P. Brebissonii</i> Kütz	14.4		1.4	0.9	5.1	1.7	1	0.7			
<i>P. fasciata</i> Lagerst.			1.4			0.8					
<i>P. lata</i> (Breb.) Smith.	0.4										
<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehr.) O. Mull.	2			3.8			1	0.7	9		
<i>Surirella ovata</i> Kütz	0.7					1.6					
<i>S. ovata</i> var. <i>pinnata</i> W.S. Smith	0.2										
<i>S. peisonis</i> Pant.	0.2					0.8		0.7			
<i>S. robusta</i> var. <i>splendida</i> (Ehr.) V. Heurck	1.4							0.7			
<i>Synedra pulchella</i> Kütz								0.7			
<i>S. radians</i> var. <i>radians</i> Patrick	0.1	100	5.6	94.3	63.7	18.5	14.7	46.8	95	0.7	29
<i>S. ulna</i> (Nitzsch.) Ehr. Indéterminées.	1			2		3	12	2.1 4	5		

TABLEAU III
Écologie de quelques taxons (recherches bibliographiques non exhaustives)

Liste taxonomique	1	2	3	4	5	6	7	
<i>Amphora coffaeiformis</i> Ag. <i>ovalis</i> Kütz. <i>platensis</i> Freng. <i>subrobusta</i> Hust.	M	L.B.	g/l (03) (42-100) Po.Eu	Alb	e		Carpelan 1978 p.117 Baudrimont 1973 p.107 Kramer 1980 p.208	
	CM	L.B.	O	I		II.25	Franguelli 1945 p.190 Franguelli 1945 p.188 Hustedt 1927 p.239	
	M							
	M							
<i>Amphispora</i> sp.	M					IV.10		
<i>Achnanthes brevicaps Ag.</i> <i>constricta</i> Breb. <i>delicatula</i> Kütz. <i>exigua heterovalvata</i> Krasske <i>lanceolata</i> (Breb.) Grun <i>microcephala</i> Kütz. <i>speciosa</i> Hust.	M	E	(0-3) (42-100) Po	Alb			Carpelan 1978 p.117 Baudrimont 1973 p.94	
	M		BW	I(6)	Mo		Hustedt 1930 p.210 Cholnoky 1968 p.220	
	M	A	M. (0-3) y42-100				IV-1-2	Carpelan 1978 p.117 Krasske 1938 p.510
	MC	L	O	Alf	e.M		Schoemann 1973 p.30	
	CM	R	O	Alf-I			Schoemann 1973 p.31 Baudrimont 1973 p.95	
	M	E	O.e	Acf-I			Choemann 1973 p.34	
	MC	B	Eu	Alf-Alb			Patrick p.250 Servant V. 1982	
							I.19 IV.4	
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> cf. <i>navicularis</i> (O.Mull) Freng. <i>sphaerophora</i> , var. <i>angusta</i> Freng.	CM	B	BW (0-3) (29-40-)	Alf		II. 12-13	Cholnoky 1968 p.222	
	M.C.	B	M	Alb	e	II. 16-17	Carpelan 1978 p.117 Baudrimont 1973 p.101 Schoemann 1973 p.43	
<i>Caloneis Schumanniana</i> var. <i>lanzettula</i> Grun. <i>vestii</i> (W.Smith) Hendey.	C	L	O	Alb		I.15	Schoemann 1973 p.46	
	CM	L	BW (0-3) (29-40)			I. 7	Henday 1964 p.230 Carpelan 1978 p.117	
<i>Campylodiscus alpeus</i> Ehr.	M	B	M	Alf-Alb		II. 11	Hustedt 1930 p.448	
<i>Ceratoneis arvens</i> Kütz. <i>Cocconeis placentula</i> Ehr.	C.M.	L	O	Ind-Acf			Servant V. 1982	
		R	O		arc		Hustedt 1938 p.155	
<i>Cocconeis placentula</i> Ehr. <i>diminuta</i> Pant.	C.M.	E	e (0-3) (29-40)	Ind-Alb	e		Servant V. 1982	
	MC	L	O	Alb		IV.7	Carpelan 1978 p.117 Hustedt 1938 p.188 Cholnoky 1968 p.388	
<i>Cyclotella stelligera</i> Hust. <i>strat.</i> (Kütz) Grun.	M	L	O	Alb. I			Cholnoky 1968 p.389 Meriläinen 1967 p.54	
	M	L	BW (0-3) (29-40)				Carpelan 1978 p.117 Cholnoky 1968 p.225	
<i>Cymatopleura solca</i> (Breb.) W.Smith	C	P.L	O.M.	Alb-Alf.			Schoemann 1973 p.50 Cholnoky 1968 p.390	
<i>Cymbella affinis</i> Kütz. <i>ovoidata</i> Kütz. <i>aspera</i> (Ehr.) Cleve <i>ymbeliformis</i> (Kütz) V H <i>heteropleura</i> (Ehr.) <i>junior</i> Cleve <i>lucata</i> W. Smith <i>norvegica</i> Grun. <i>turgida</i> Greg.	C	E	O	Alf. I			Patrick - Reimer 1975 p.57	
	C	E	O	I			Cholnoky 1968 p.391	
	M	A.	O	Alf			Patrick-Reimer 1975 p.54	
	C	L.e	O	I- Alf.			Cholnoky 1968 p.55 Meriläinen 1967 p.54	
	M	E	O	I		I. 16	Servant V. 1982 Foged 1972 p.40	
						Arc	Manguin 1964 p.87	
	M	E	O	Acf			Germain 1981 p.292	
	M.C.	A.	O	I	H s NA		Patrick - Reimer 1975 p.25 Manguin 1964 p.88	
	M.	E	H.O	Acf			Germain 1981 p.292 Baudrimont 1973 p.110 Meriläinen 1967 p.54	

1 — Localisation : M : Marcanasa, C : challahuillqui.

2 — Mode de vie : P : planctonique, L : littorale (périphytique), E : épiphyte, B : benthique, A : aérophile.

3 — Salinité totale : H : hyperhalobe > 35 g/l, polyhalobe : Po 16-35 g/l, mesohalobe : Me 2-16 g/l, oligohalobe : O 0,2-2 g/l, halophobe : h < 0,2 g/l, euryhaline : 2, halophile : préférentielle des eaux salées.

4 — pH : Alb : alcalibionte pH > 7, Alf : alcaliphile pH autour de 7, optimum avec un pH supérieur à 7, I : indifférentes pH autour de 7, Acf : acidophile autour de 7 avec optimum avec un pH inférieur à 7, Acb : acidobionte pH inférieur à 7, optimum autour de 5.

5 — Température : E : eutherme > 30 °C, M : mesotherme 15-30 °C, O : oligotherme 0-15 °C, S : stenotherme ne supporte pas de variations de température supérieures à 5 °C, m : métatherme : supporte des variations de température de 5° à 15°, e : eurytherme : supporte des variations de température supérieures à 15°, Nordique : N, Arctique : A.

6 — Illustrations : n°s des planches suivis des n°s des figures.

7 — Références bibliographiques : elle est restrictive et ne concerne que les ouvrages qui ont été utilisés pour l'identification ou pour l'interprétation des paléomilieux.

TABLEAU III (suite)

Liste taxonomique	1	2	3	4	5	6	7
<i>Denticula elegans</i> Kütz.	M	A	O	Alb	BA		Manguin 1964 p.58 Cholnoky 1968 p.394 Baudrimont 1973 p.113
sp.	C		O.H	Alf	e		
<i>Diploncis</i> sp.	M	L.A.	M.e			(I. 8.11 (V. 1 à 3	Frenguelli 1941 p.239
<i>Fregilaria leptastoreni</i> var <i>dubia</i> (Grun.) Hust.	M	B	O	Alf	MO	(I. 1.2.3. (4. .8. III à	Gasse. 1980
<i>construens</i> (Ehr.) Grun.	C	L.E.	e	Alf			Schoeman 1973 p.84
<i>lapponica</i> Grun.	M.C.	B.	O	I	O		Foged 1964 p.59
<i>leptaustoreni</i> (Ehr.) Hust.	M.C.	E	O	Alf			Schoeman 1973 p.87
<i>pinnata</i> Ehr	M.C	L	e (0-3) (29-40)	I. Alf	e	III. 2	Schoeman 1973 p.88 Carpelan 1978 p. 117 Hustedt 1938 p. 154
<i>pinnata</i> var <i>lancoettula</i> (Schum.)Hust.	M	L	O	I			
<i>vaucheriana</i> (Kütz) Boye Petersen	C	L	O	I Alf	O		Schoeman 1973 p.90 Patrick-Reimer 1966 p.120 Meriläinen 1967 p.54
<i>viridescens</i> Ralfs.	M.C.	R	O.M.	Acf.I	Mo		Baudrimont 1973 p.89 Servant V. 1980
<i>viridescens</i> var. <i>mecolepta</i> Raben.	C	L	O	I			
<i>Frustulia Frenguelli</i> Mang.	C	B	h	Acf.	Mo		Manguin 1964 p.68
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun.	MC	A	O	Alf I			Schoemann 1973 p.101
<i>Hastoglia atacamae</i> Hust.	M					II. 24	Hustedt 1927 p. 243 Frenguelli 1939 p. 192
<i>Melosira distans</i> (Ehr.) Kütz.	M	L. B	O	Ind. Acf			Servant V.1980 Meriläinen 1967 p.54 Germain 1981 p.22
<i>nemuloides</i> Dillw.	M	E	e				Frenguelli 1936 p. 29
<i>octogona</i> Schmidt	M	P.L.	M				Hustedt 1927 p. 243
<i>Nauicula sinota</i> (Ehr.) Kütz.	CM	A	M (0-3) (42-100)	Alb Alf	e		Schoeman 1973 p. 117 Baudrimont 1973 p.102 Carpelan 1978 p. 117
<i>contenta</i> Grun.	C	A	O	I. Alf Acf			Schoeman 1973 p.119 Cholnoky 1968 p.96
<i>cryptocephala</i> var. <i>lancoettula</i> Schum.	C	B	M	Alf	e		Foged 1964 p.96
<i>cuspidata</i> Kütz.	CM	L	O	Alf-Alb			Schoeman 1973 p. 123
<i>cuspidata</i> var. <i>ambigua</i> (Ehr.) Cl.	CM	L		Alf			Foged 1964 p. 84
<i>diacephala</i> (Ehr.) W.Smith	C	L.B.	M	Alf		II. 19	Schoeman 1973 p. 123 Baudrimont 1973 p. 103
<i>graciloides</i> A. Mayer	M	L.B.	O.H.	I			Patrick-Reimer 1966 p. 516
<i>hungarica</i> Grun.	C.M	L.B.	ha. O (0-3) (29-40)	Alf-Alb			Schoeman 1973 p. 130 Carpelan 1978 p. 117
<i>mutica</i> Kütz.	C.M.	A	O O.H.	Alf-Aeb I			Schoeman 1973 p. 141 Foged 1964 p. 108 Frenguelli 1941 p. 247
<i>mutica</i> var. <i>binoëis</i> Hust.	C.M.	A	O	I		II. 20	Foged 1964 p. 108 Frenguelli 1958 p. 85
<i>mutica</i> var. <i>nitida</i> (Ehr.) Hust	C	A	O	I		II. 21	Foged 1964 p. 109
<i>muticopsis</i> V.H	C	A	O		antarct		Manguin 1964 p. 72
<i>peregrina</i> (Ehr.) Grun.	C	L	M (0-3) (42-100)	Alf			Foged 1964 p. 102 Carpelan 1978 p. 117
<i>pygmaea</i> Kütz.	C.M.	A	ha M. (0-3) (42-100)	Alb alb		II. 23	Foged 1964 p. 109 Baudrimont 1973 p. 105 Carpelan 1978 p. 117
<i>radiosa</i> Kütz.	M	R	O M O	Acf I I	e		Schoeman 1973 p. 150 Baudrimont 1973 p. 105 Frenguelli 1942 p. 122
<i>tenellaiformis</i> Hust.	C	L	O	I			Schoeman 1973 p. 163 Hustedt 1938 p. 269
<i>Wittrockii</i> (Lagerst.)	Cl.	M	O	I Acf	A		Manguin 1964 p. 74 Foged 1972 p. 42-47

TABLEAU III (suite)

	1	2	3	4	5	6	7
<i>Nettion iridis</i> var. <i>luminosum</i> Grun.	CM					Arc	I. 12 Cleve Euler p.121
<i>Nitzschia alina</i> Hust.	C			I			Foged 1964 p. 145 Lange-Bertalot 1980 p. 42
<i>amphibia</i> Grun.	C	B	0-6	Alf			Carpelan 1978 p. 117
<i>circumdata</i> (Bailey) Grun.	MC	P	0	Alb			Germain 1981 p. 332
<i>frustulum</i> Kütz.	M.C	L	(0-3) (42-100)	Alf			Carpelan 1978 p.117
<i>hongarica</i> Grun.	M.C.	L	(0-3) (42-100)	Alf-Alb		VII.4.5.	Schoeman 1973 p.186 Carpelan 1978 p. 117
<i>navicularis</i> (Breb.) Grun.	M	B	10 à 28 e M	Alb alb	4° à 32°	I.5 VII.1.2.	Malisen 1979 p.17 Germain 1981 p.336 Servant V. 1982
<i>palea</i> Kütz. W. Smith	C	L	(0-3) (29-40)	Alf Ind			Schoeman 1973 p.195 Carpelan 1978 p. 117 Meriläinen 1967 p.56
<i>palea debilis</i> (Kütz.) Grun.	C	A	e	I	e		Lange-Bertalot 1980 p.51 Hustedt 1938 p.466
<i>punctata apiculata</i> Cl.	M		M	I	e	VII.7.	Hustedt 1938 p. 466
<i>sigma</i> (Ehr.) W. Smith	C	B	0	alf		I.13-14	Germain 1981 p.366 Meriläinen 1967 p.56
<i>Pinnularia borealis</i> Ehr.	C.M.	A	0	Acf Acf-Alf			Cholnoky 1968 p.331 Hustedt 1938 p. 394 Hustedt 1930 p. 326
<i>Brabliaconii</i> Kütz	C.M	A	0	I	M.O	II.18	Foged 1972 p.58 Hustedt 1930 p. 322
<i>divergens</i> W.Smith	M	A	h	Acf Ind	M.O		Meriläinen 1937 p.56 Foged 1964 p. 113 Hustedt 1930 p. 323
<i>divergentissima</i> Grun.	M	A	h	I.Acf	N.A		Meriläinen 1967 p.56 Cholnoky 1968 p. 332
<i>fastata</i> Lagerst	C.M	A	h		N.A		Hustedt 1930 p.316
<i>lata</i> (Breb.) Smith	C	L	h	Acf			Foged 1964 p. 113 Hustedt 1930 p. 326
<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehr.) O Mull.	M.C	L.e	0 O.M	Alf.Alb Alf	e	II. 14	Cholnoky 1968 p. 418 Baudrimont 1973 p.114
<i>operculata</i> C.A. Agardh	M					VI.I-10	Muller 1899 p.289
<i>Rhodolpheum petasidis</i> Grun.	M	B	H	Alf Alb	0		Servant V. 1982
<i>Sarinelia bella</i> Freng.	M	B	P	Alb		II. 7 VIII 337	Frenguelli 1936 p.27 Servant V. 1982
<i>oregonica</i> E.	M	P	0			I. 17	Schmidt Atlas 22 (9)
<i>ovata</i> Kütz.	C	A	e	Alf		VII.1-2 II.1	Cleve E. p. 108 Germain 1981 p. 391
<i>ovata punctata</i> W.Smith	C	A	e	Alf		II. 2-3	Schoeman 1973 p.236
<i>ovata wahlenbergii</i> Grun.	M	A	E	Alf-Alb		II. 6 VIII.8.9.	Wornardt 1964 p.22 Servant V. 1982
<i>paucispina</i> Pant.	M.C.		SW			II. 5-10	Hustedt 1930 p. 441
<i>robusta splendida</i> (Ehr.) V E	C	P	h	Acf-Alf	e	II. 8	Hustedt 1938 p.501 Schoeman 1973 p. 237 Germain 1981 p.384
<i>Synedra pulchella</i> Kütz	C	L	H	Alf			Foged 1964 p.60
<i>radiata radiata</i> Patrick	CM	P E	0	I I Alf.	0	I. 18	Hubert -Pestalozzi 1942 p. 459 Patrick-Reimer 1966 p.137 Schoeman 1973 p. 237
<i>ulna</i> (Nitzsch.) Ehr.	C	L	e (0-3) (29-40)	I Alf			Hustedt 1938 p.156 Meriläinen 1967 p.56 Carpelan 1979 p.117
<i>ulna xyphocoma</i> Kütz.	M	L	e	I			Hustedt 1930 p.152
<i>tabulata</i> Hust.	M	L	e (0-3) (29-40)	Alf			Hustedt 1938 p. 161 Carpelan 1978 p. 117

légende du tableau IV

pH : alb : alcalibionte, alc : alcaliphile, I : indifférente, Ac : acidophile, Acb : acidobionte. Inc : inconnu.

pH calculé : selon la formule de Renberg, 1982.

Salinité : pourcentage des espèces.

Profondeur : pourcentage des B : benthiques.

E : epiphytes, L : littorales, P : planctoniques.

Température : pourcentage des oligothermes. *Synedra radians* comprise.

TABLEAU IV
Classification des taxons en fonction de leurs affinités écologiques

Unité Lithol	Ech.	pH						pH calculé	SALINITE % espèces eutralobes > 2 g/l	PROFONDEUR				TEMPERATURE % espèces oligothermee	Phases de concentration saline
		% espèces liées à différentes classes de pH.								% espèces ayant un mode de vie :					
		Alb	Alf	I	Acf.	Acb.	Inc.		B.	E	L	P			
I	101	-	93	2	-	-	6	8	0,2	93	1	-	99		
	102	2	84	9	-	-	5	7,6	7,1	85	15	-	0,8		
	1	-	62	30	-	-	8	7,1	75	83	3	-	-		
	103	0,7	63	37	-	-	-	7,1	60	83	7	-	4		
	104	2	70	8	-	-	20	7,8	61	92	8	-	7	I	
	2	stérile													
	3	12	71	13	-	-	4	8,4	64	87	9	-	1		
	105	-	74	24	-	-	2	7,4	32	82	16	-	4		
	4	98	2	-	-	-	-	10,4	98	100	-	-	?		
	106	-	100	-	-	-	-	8	-	100	-	-	100		
	107	-	78	8	-	-	14	7,9	9,5	90	1	-	78		
	108	-	90	8	-	-	2	8	0,9	91	7	-	89		
	109	stérile													
110	-	97	3	-	-	-	8,6	2	97	3	-	97			
111	-	98	2	-	-	-	9	-	98	2	-	98			
112	-	98	1	-	-	-	8	-	98	1	-	98			
113	-	100	-	-	-	-	8	-	100	-	-	100			
	7	60	25	11	-	-	4	9,1	86	61	33	-	?	II	
	7b	5	14	65	16	-	-	7	4	97	1	-	29		
	114	-	88	5	1	-	6	7,8	-	95	1	-	91		
	8	3	27	29	5	-	36	7,6	7	50	14	-	24		
	115	-	63	25	2	-	10	7,2	2	43	54	-	58		
	9	10	75	15	-	-	-	8,3	83	41	40	-	?	III	
	116	-	80	10	-	-	10	7,7	4	85	10	-	85		
	117	13	36	40	1,5	-	18	7,9	52	42	48	-	3	III	
	10	77	10	7	-	-	5	9,4	83	74	26	-	2,4		
	118	56	33	8	-	-	3	9,2	76	43	56	-	1,2		
	11	stérile													
	119	6	88	6	-	-	-	8,4	6	100	-	-	94		
	120	3	97	-	-	-	-	8	3	97	3	-	97		
	121	-	100	-	-	-	-	8	-	100	-	-	100		
II	122	-	84	14	-	-	2	7,7	20	79	20	-	79	IV	
	12	5	73	10	-	-	12	8,3	34	40	48	-	4		
	20	5	58	12	-	-	25	8,3	42	54	26	-	4		
	13	stériles													
	14	stériles													
	15	5	58	29	3,4	-	4	7,6	27	45	47	-	23		
	123	-	9	90	-	-	1	6,5	7	30	70	-	18		
	124	5	28	50	4	-	13	7,3	11	56	39	-	27		
	125	5	51	27	4	-	12	7,6	37	32	55	-	32		
	126	-	100	-	-	-	-	8	-	100	-	-	100		
127	3	97	-	-	-	-	8	3	97	3	-	97			
129	-	100	-	-	-	-	8	-	100	-	-	100			
128	-	100	-	-	-	-	8	-	100	-	-	100			
142	0,9	45	37	-	0,4	16	7,1	22	58	41	-	17	IV		
141	-	100	-	-	-	-	8	-	100	-	-	100			
140	-	100	-	-	-	-	8	-	100	-	-	100			
139	-	100	-	-	-	-	8	-	100	-	-	100			
138	-	5	89	-	-	5	6,4	1	22	77	-	8,5			
137	-	94	4	-	-	2	8,3	1,4	97	1	-	94			
136	-	73	22	-	-	5	7,5	6	80	20	-	76	V		
135	-	22	74	-	-	4	6,7	3	28	69	-	27			
134	2	22	64	-	-	12	7	21	37	53	-	21			
133	-	72	22	2	-	4	7,3	13	74	22	-	59			
III	132	-	95	-	-	-	5	8	-	94	1	-	99		
	131	2	26	62	0,7	-	10	7,2	4	18	72	-	2		
	130	-	16	82	-	-	2	6,8	1,8	88	12	-	75		

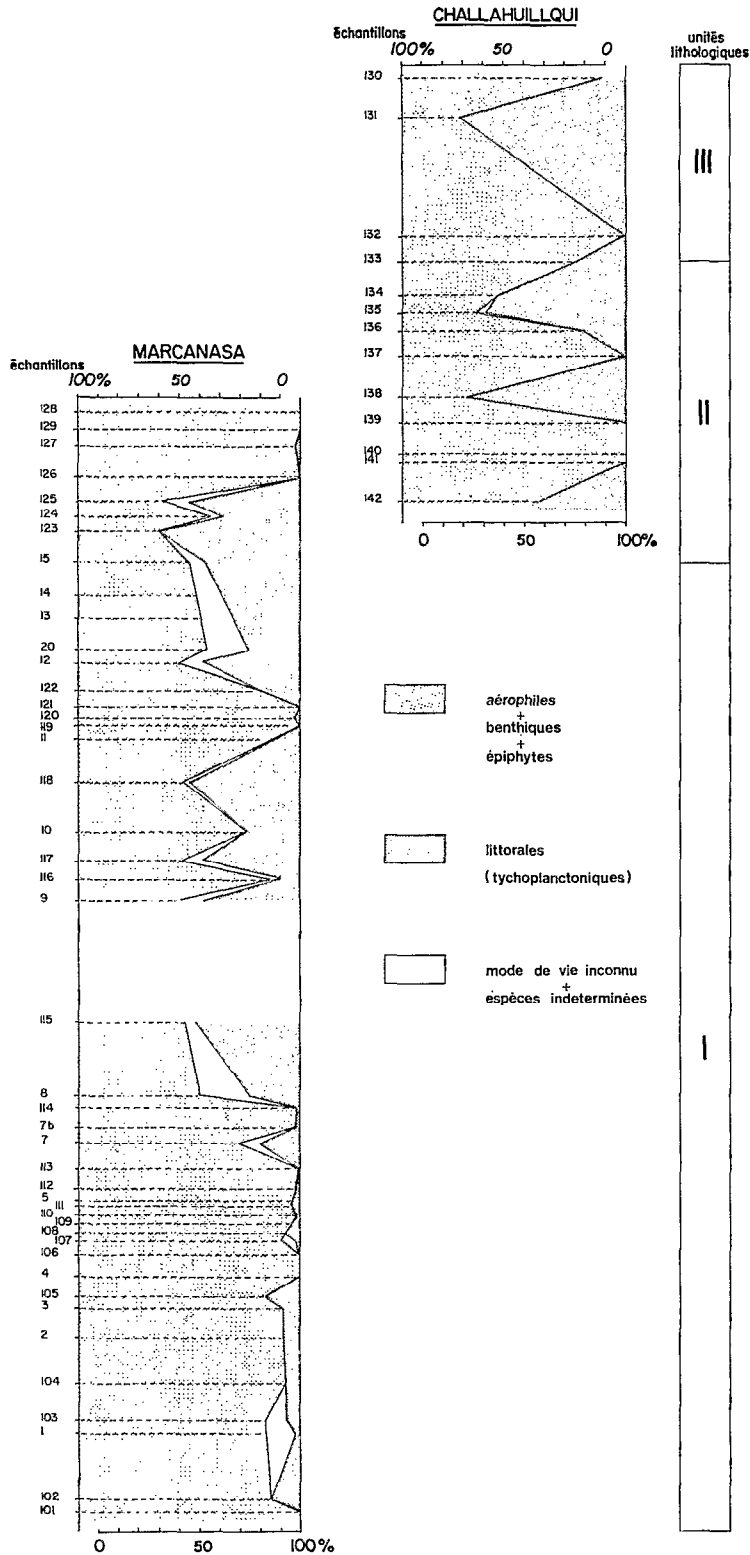


FIG. 5. -- Les fluctuations du plan d'eau. (Variations du pourcentage des espèces aérophiles+périphytiques par rapport au pourcentage des espèces tychoplanctoniques)

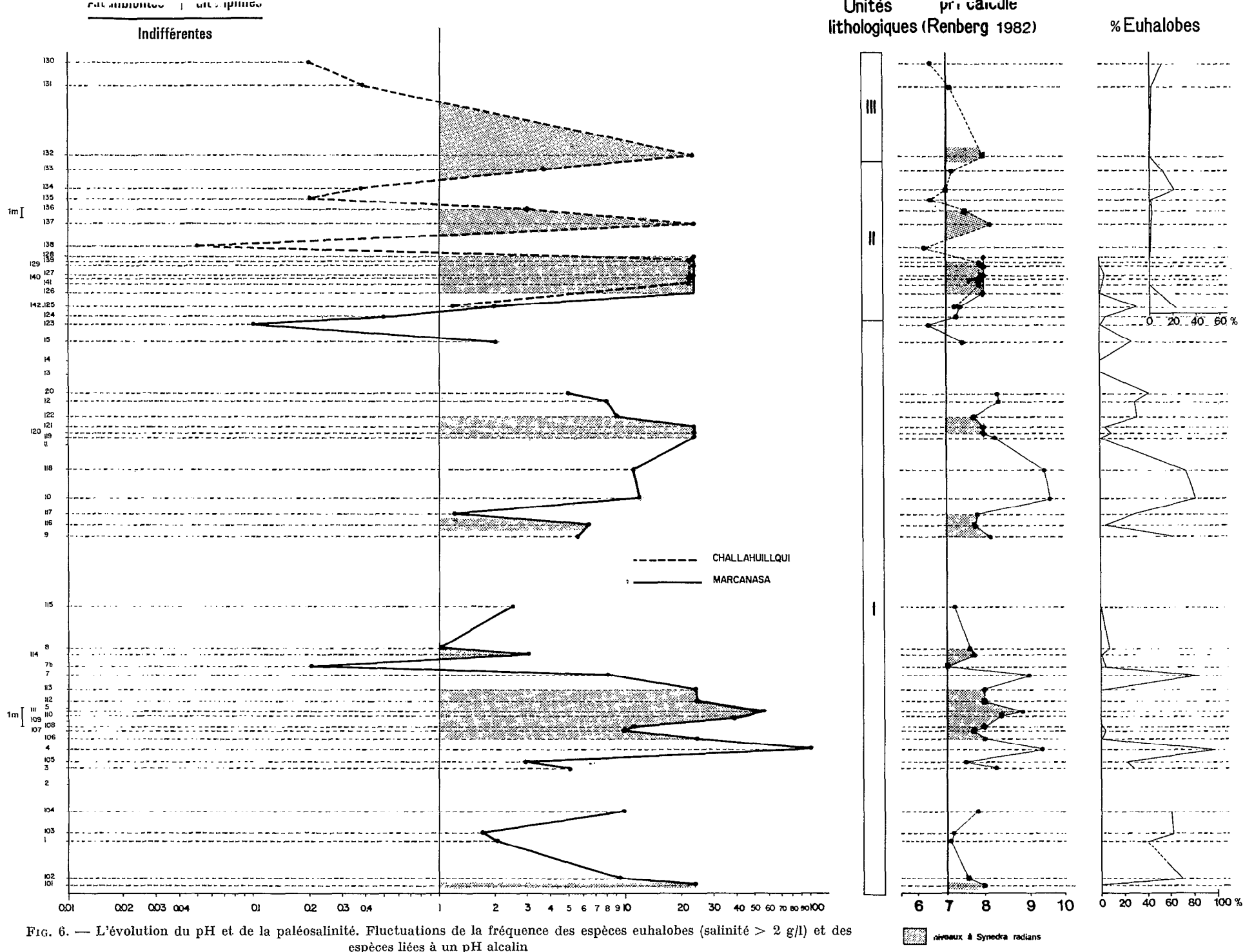


FIG. 6. — L'évolution du pH et de la paléosalinité. Fluctuations de la fréquence des espèces euhalobes (salinité > 2 g/l) et des espèces liées à un pH alcalin

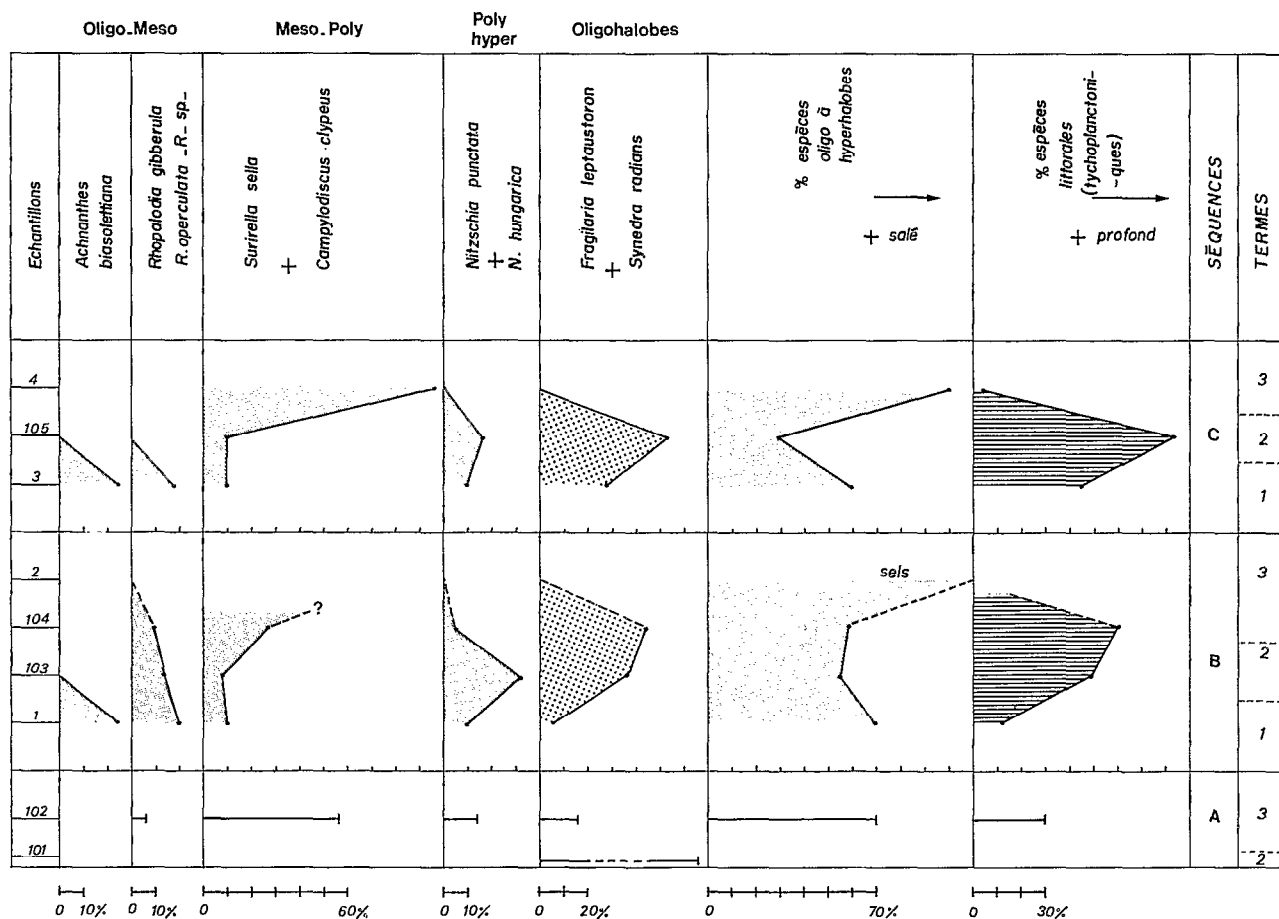


FIG. 7. — Exemple d'une phase de concentration saline

Quatrième phase de concentration (éch. 122 au 125)

Elle débute avec le niveau 122 qui contient un mélange d'espèces oligohalines (*Synedra radians* 78 %) et d'espèces oligo-mesohalines dont la plus abondante est *Rhopalodia gibberula* var. *baltica* 14 %, le pourcentage s'élève à 27 % dans l'échantillon sus-jacent (n° 12) où il est associé à *Anomoeoneis sphaerophora* 3 %, *Surirella peisonis*, 3 %, *Fragilaria construens* 19 %, *Fragilaria pinnata* 10 %.

Dans tous les autres échantillons on observe un mélange entre les espèces oligohalobes et les espèces euhalobes. Les premières sont abondantes dans les échantillons 123-124, les secondes sont abondantes dans les échantillons 12-20-125.

Le mélange d'espèces ayant des affinités écologiques différentes en ce qui concerne la salinité pourrait indiquer soit une grande instabilité du milieu lacustre soit une salinité plus faible que celle atteinte dans les trois phases précédentes. Cette phase se différencie aussi par une diminution des

espèces benthiques et épiphytes au profit des espèces littorales indiquant une faible élévation du plan d'eau et une diminution du pH.

Cette quatrième phase est donc caractérisée par le passage d'une association de milieux carbonatés sodiques à la base à une association de milieux chlorurés calciques et sodiques. Les faciès chlorurés, sulfatés sodiques n'apparaissent pas en fin d'évolution et nous n'avons pas rencontré de minéraux évaporitiques. Globalement, les maximums de salinité semblent beaucoup moins marqués ici que dans les phases précédentes. Il faut souligner que c'est à ce niveau de la série Charaña que le carbonate de calcium apparaît en forte proportion (dalles calcaires).

Cinquième phase de concentration saline

Les caractéristiques mises en évidence pendant la phase précédente s'accroissent : la fréquence des espèces euhalobes continue à diminuer, les espèces neutrophiles deviennent prédominantes indiquant

que le pH est proche de la neutralité. L'échantillon 134 ne contient que 21 % d'espèces euhalobes (*Nitzschia frustulum* : 4,3 % ; *Nitzschia hungarica* : 7,8 % ; *Nitzschia palea* var. *debilis* : 8,6 %).

Les sédiments sont alors constitués de graviers cimentés par des carbonates ou des croûtes calcaires (éch. 133). BLANCO (1980), signale dans ces dépôts des figures synsédimentaires de cryoturbation, ce qui indique un refroidissement du climat.

c. Le pH des eaux

Les pourcentages des espèces qui présentent les mêmes affinités écologiques vis-à-vis du pH sont indiqués dans le tableau IV, colonne 3. La classification adoptée est celle de HUSTEDT, 1957.

Les diatomées se répartissent de préférence dans la classe des alcaliphiles (pH optimum > 7) et des Indifférentes (neutrophiles) (pH ≈ 7). Les alcalibiontes (limitées à un pH > 7) peuvent être abondantes dans l'Unité lithologique I (éch. 3-4-7-8-10-118). Les acidophiles sont rares (pH optimum < 7) sauf dans le niveau 7 b. Il n'y a pas d'acidobiontes (limitées à un pH < 7).

Le diagramme de la figure 6 représente les variations du rapport $\frac{\% \text{ alcaliphiles} + \% \text{ alcalibiontes}}{\% \text{ Indifférentes}}$,

— si le rapport est > 1, le pH est > 7.

Dans les Unités lithologiques II et III, les fortes fréquences de l'espèce alcaliphile *S. radians* se traduit par un rapport supérieur à 1. Dans l'Unité lithologique I, trois cas peuvent se présenter. Le premier correspond comme précédemment aux niveaux riches en *S. radians*. Le deuxième cas est celui où les alcaliphiles, autres que *S. radians* sont bien représentées ; par exemple dans les échantillons 9-103-105-115 (*Fragilaria leptaustoron* var. *dubia*, *Nitzschia punctata*, *Synedra tabulata*). Enfin le dernier cas correspond aux niveaux où les alcalibiontes dominant, par exemple avec *Surirella sella* (4, 102, 104), *Achnanthes biasoletiana* (1.3), *Nitzschia navicularis* (7, 1/8, 20, 10) ;

— si le rapport est < 1, le pH est proche de 7.

Dans l'Unité I, une seule association (échantillon 7 b) présente un rapport < 1. Cela s'explique par l'abondance des espèces indifférentes : *Hantzschia amphioxys*, *Navicula mutica* et la variété *binodis*.

Dans les Unités II et III, de nombreux niveaux sont caractérisés par un rapport < 1 : cela s'explique par une forte fréquence des *Fragilaria*.

Le rapport $\frac{\% \text{ Alcaliphiles} + \% \text{ alcalibiontes}}{\% \text{ Indifférentes}}$ présente d'amples variations entre la base et le sommet de la série de Charaña (fig. 6). Le problème est de déter-

miner s'il existe une relation étroite entre ces variations et les modifications du pH de l'ancien milieu de sédimentation. NYGAARD (1956) et MERILAINEN (1967) ont proposé des méthodes pour calculer le pH à partir de la composition quantitative et qualitative de la flore des diatomées. Ces méthodes ont pu être contrôlées sur les milieux actuels par des mesures directes de pH et se révèlent satisfaisantes. Elles reposent sur la définition d'un index α qui est un rapport entre le pourcentage des espèces acides et des espèces alcalines. Cet index ne peut pas être utilisé dans l'étude de la Formation Charaña : les espèces acides sont ici rares ou souvent absentes.

RENNBERG (1982) a proposé un autre index (β) qui prend en compte les espèces indifférentes, selon la formule : $\text{pH} = 6.40 - 0.85 \log \text{Index } \beta$ ou :

$$\text{Index } \beta = \frac{\% \text{ Ind} + 5 \times \% \text{ Acf} + 40 \% \text{ Acb}}{\% \text{ Ind} + 3.5 \times \% \text{ Alf} + 108 \times \% \text{ Alb}}$$

C'est cet index que nous avons utilisé : les valeurs calculées du pH (fig. 6) confirment en les précisant les interprétations empiriques que nous avons présentées ci-dessus :

— niveau à *Synedra radians* dominant.

Les valeurs calculées du pH se situent entre 7 et 8 (zones teintées sur le diagramme) mais sont plus proches de 8 que de 7 ;

— niveaux à *Synedra radians* absentes ou faiblement représentées :

- si les alcalibiontes sont supérieures à 50 %, le pH est supérieur à 9 (éch. 4-7-10-118) ;
- si les alcalibiontes sont comprises entre 5 et 50 %, le pH est compris entre 7,6 et 8,4 (éch. 3-9-117-12-20-15 et 125) ;
- si les alcalibiontes sont inférieures à 5 % le pH est compris entre 7,1 et 7,8 (éch. 102-103-104-105-142-136-133) ;

— niveaux à espèces indifférentes dominantes :

- en l'absence d'alcalibiontes, le pH est de l'ordre de 6,5 (éch. 123-138-135-130). Ce sont les niveaux à *Fragilaria* situés au sommet de la Formation ; en présence d'un faible pourcentage d'alcalibiontes, le pH est soit égal à 7, soit légèrement supérieur à 7 (éch. 7 b, 124, 125, 134).

Ces résultats sont résumés par la courbe des valeurs calculées du pH de la figure 6. Les niveaux à *Synedra radians* révèlent un pH voisin de 8 quelle que soit leur position dans la série. Dans les autres niveaux, le pH s'élève jusqu'à 9 et 10, dans les parties inférieures et moyennes de la Formation. Dans la partie supérieure, le pH n'atteint pas d'aussi fortes valeurs et présente des minimums inférieurs à 7. En d'autres termes, il y a en moyenne diminu-

tion du pH entre la base et le sommet de la série. Cette diminution devient particulièrement apparente quand il y a apparition des carbonates dans les dépôts et diminution de la paléosalinité.

d. *Les associations à espèces oligohalobes dominants ou abondants*

Nous examinerons les deux cas suivants : la flore est dominée par *Synedra radians*, ou elle est dominée par *Fragilaria*.

Les associations à S. radians dominant (80 à 100 %)

Ce qui précède montre que ces associations se rencontrent préférentiellement dans des sédiments sableux fluviaux ; elles caractérisent d'après nos interprétations des milieux peu profonds, à faible salinité (inférieure à 2 g/l) et à pH proche de 8. Elles apparaissent de manière cyclique dans la série de Charaña ; à la base (Unité I) les niveaux définis par ces associations s'intercalent dans des faciès salés ; dans les Unités II et III, ils s'interstratifient dans des faciès faiblement concentrés ou d'eau douce.

Pour permettre une meilleure interprétation, nous avons recherché d'éventuels équivalents actuels dans la région de Charaña. Des prélèvements ont été réalisés dans les bas-fonds marécageux du rio Cano. Ces bas-fonds sont colonisés par une végétation dense et drainés par des chenaux méandriques à fort débit. *S. radians* est absente dans tous les échantillons étudiés, par contre nous avons rencontré une association à *Hantzschia amphioxys*, *Pinnularia* et *Navicula mutica* que nous connaissions dans quelques niveaux de la Formation Charaña (7 b et 8). Ces mêmes diatomées sont également connues dans le niveau 115, mais ici en association avec *S. radians*. Cela suggère que cette dernière espèce, sans équivalent actuel dans la région, pourrait avoir vécu dans des milieux fluvio-marécageux proches de ceux du rio Cano. Finalement, les niveaux à *S. radians* de la Formation Charaña correspondraient à un développement épisodique et peut-être cyclique d'une végétation marécageuse dans un milieu d'eau courante au fond du bassin de Charaña.

Les associations à Fragilaria dominant ou abondant

Dans la partie inférieure de la Formation Charaña (éch. 102-103-3-105), nous rencontrons, en association avec des espèces euhalobes, *Fragilaria construens* qui est euryhaline, s'y ajoute une espèce archaïque proche de l'actuelle *F. leptastoron* var. *dubia* qui est benthique, alcaliphile, oligohaline, oligo à mésotherme ; nous avons admis en première approximation que l'espèce archaïque avait les mêmes exigences écologiques que l'espèce actuelle. Dans la partie

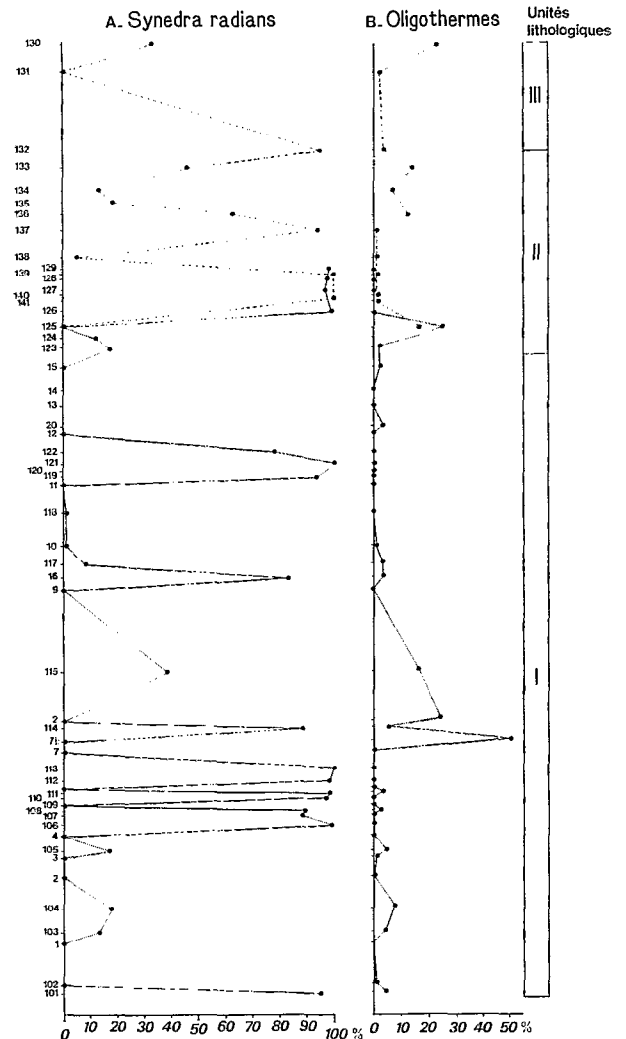


FIG. 8. — Les paléotempératures. Variations du pourcentage des espèces oligothermes

moyenne (Unité II), le développement de *Fragilaria pinnata* et sa variété *lancettula* marque l'installation complète des conditions lacustres d'eau douce dans le bassin. Elle est considérée comme littorale, eurytherme, oligohaline, alcaliphile à indifférente. Cette espèce est remplacée dans la partie supérieure de la série (Unité III) par *F. virescens* et *F. lapponica* écologiquement proches de *F. pinnata* sauf en ce qui concerne la température, elles sont oligothermes.

Si on trace une courbe (fig. 8) qui représente les variations de fréquence de *S. radians* d'une part, considérée comme oligotherme par certains auteurs, et d'autre part une courbe qui représente les variations des espèces oligothermes sans *Synedra radians*, on s'aperçoit :

— que les faciès salés situés à la base de l'Unité I en sont pratiquement dépourvus. L'absence de diatomées oligothermes dans les milieux sursalés ne peut pas être considérée comme un argument pour dire que la température était élevée. En effet, nous sommes encore dans l'impossibilité d'isoler le facteur température dans les milieux sursalés (éch. 101 à 4) ;

— dans la partie moyenne de l'Unité I, les milieux salés sont temporairement remplacés par des milieux d'eau douce, nous avons vu qu'ils pouvaient être comparés à ceux qui se développent actuellement dans le bassin de Charaña près du rio Cano. La fréquence des espèces oligothermes est élevée (éch. 7 à 115), et l'on peut penser que la température était comparable à la température actuelle qui est de l'ordre de 5 °C.

Dans la partie supérieure de l'Unité I (éch. 9 à 15) les diatomées oligothermes sont absentes bien que la salinité tende à baisser.

Celles-ci réapparaissent dans les Unités II et III dans les milieux d'eau douce, et augmentent au sommet de la série avec *F. virescens*, espèce oligotherme qui vit actuellement en Bolivie dans un lac de montagne situé à 4 690 m d'altitude.

L'augmentation du nombre des espèces oligothermes est soulignée par l'apparition de carbonates dans les sédiments, de dalles calcaires cryoturbées qui indiquent que le climat était au moins aussi froid sinon plus froid qu'actuellement.

INTERPRÉTATION PALÉOÉCOLOGIQUE

Évolution globale du milieu de sédimentation

La formation Charaña est subdivisée en trois unités lithostratigraphiques : une unité inférieure (I) où alternent de manière irrégulière des dépôts lacustres finement stratifiés et des sédiments fluviaux sableux à sablo-limoneux ; une unité moyenne (II) caractérisée par la présence de dalles calcaires, enfin une unité supérieure (III) fluviale, sablo-graveleuse où s'intercalent quelques couches sablo-limoneuses plus ou moins argileuses. Ces grandes coupures lithostratigraphiques correspondent à des variations majeures du milieu de sédimentation soulignées par l'évolution des associations de diatomées :

1. Dans l'unité inférieure de la formation Charaña, les diatomées typiquement planctoniques sont absentes et les dépôts lacustres sont caractérisés par la présence de diatomées d'eau saumâtre. Le milieu de sédimentation est donc resté peu profond (1 à 2 m au maximum) et les fortes paléosalinités indiquent qu'il était mal drainé. Les bas-fonds

lacustres dépourvus d'exutoires correspondent à l'affleurement dans le bassin d'une nappe souterraine. Des épandages fluviaux sableux ont épisodiquement envahi la dépression. Une seule espèce caractéristique des eaux douces est présente (*Synedra radians* var. *radians*) à l'exception du niveau 115 où cette diatomée est accompagnée par des espèces actuellement connues dans un bas-fond tourbeux du bassin de Charaña (vallée du rio Cano). Les apports détritiques impliquent une arrivée sporadique d'eaux fluviales dans le bassin mais cela ne s'est pas traduit par le maintien ou l'individualisation d'une nappe d'eau permanente. Ces caractéristiques peuvent s'expliquer par un régime hydrologique de climat aride : les précipitations étaient réduites en valeurs moyennes annuelles mais épisodiquement assez fortes pour provoquer de fortes crues des rivières affluentes, un apport massif de détritiques et l'individualisation d'une nappe d'eau temporaire qui disparaissait rapidement par infiltration. Il y avait de ce fait alimentation des eaux souterraines et remontées de la nappe phréatique. Celle-ci pouvait devenir de nouveau affleurante d'où la réinstallation dans le bassin d'une nappe d'eau stagnante salée.

Finalement, l'évolution lithologique des sédiments et les variations des associations de diatomées démontrent que la sédimentation de l'unité inférieure de la formation Charaña s'est faite dans un contexte climatique aride, caractérisé par des précipitations épisodiques orageuses favorables à des écoulements de crues à forte capacité de transport dans le bassin de drainage.

2. L'unité moyenne (II) est généralement pauvre en diatomées ; celles-ci indiquent l'instauration progressive d'un milieu de sédimentation très peu profond en permanence d'eau douce. Les faibles paléosalinités pourraient déceler une diminution de l'évaporation mais elles indiquent surtout que le drainage est devenu assez actif pour que les eaux en se renouvelant plus rapidement ne puissent pas être longuement soumises à l'évaporation. Ces caractères démontrent que le bassin de Charaña a alors trouvé un exutoire superficiel ou souterrain vers l'aval. Cela s'expliquerait aisément par une érosion régressive du rio Mauri à partir des bassins de l'Altiplano qui se sont individualisés en aval de Charaña au Quaternaire ancien (SERVANT, 1977).

A cette évolution, contrôlée par des facteurs topographiques locaux, se superpose un refroidissement climatique décelé par la présence de figures synsédimentaires de cryoturbation (BLANCO, 1980). Le phénomène est souligné dans les associations de diatomées, par la présence d'espèces stenothermes d'eau froide et oligothermes.

L'unité moyenne ne renferme pas les grands épandages fluviaux observés dans la partie infé-

rieure de la formation Charaña. On peut y voir la preuve que les écoulements superficiels du bassin de drainage n'étaient plus affectés de crues aussi violentes que dans l'Unité I pour avoir une forte capacité de transport. Une modification du régime hydrologique a donc accompagné le refroidissement du climat.

3. L'unité supérieure (III) comprend essentiellement des sables à stratification entrecroisée très pauvres en diatomées, il y a reprise des conditions fluviales. Pendant de courtes périodes, il y a eu formation d'étendues lacustres à *Fragilaria*. On note l'augmentation des stenothermes d'eau froide. Le milieu de sédimentation d'eau douce dont on a vu l'évolution progressive pendant l'Unité II est définitivement installé, il s'accompagne d'une diminution du pH.

Comparaison avec les milieux actuels

Variabilité des faciès hydrochimiques

Les faciès d'eaux salées qui se développent épisodiquement dans la partie inférieure de la formation Charaña sont caractérisés par des diatomées actuellement connues dans les lacs salés de la Cordillère Occidentale au sud de Charaña (BALLIVIAN et RISACHER, 1981 ; SERVANT-VILDARY, 1982). Ces lacs, situés dans des dépressions endoréiques d'un paysage volcanique identique à celui de Charaña sont soumis à un climat froid et aride, caractérisé par une nébulosité pratiquement nulle pendant la plus grande partie de l'année. L'insolation favorise une forte évaporation.

Les diatomées d'eau saumâtre de la formation Charaña indiquent une nette variabilité dans le temps des faciès hydrochimiques. Ceux-ci évoluent entre les eaux chlorurées sodiques et les eaux carbonatées sodiques. Ces deux faciès sont connus dans les différents lacs actuels de la Cordillère Occidentale. BALLIVIAN et RISACHER, 1981, ont montré qu'ils s'individualisent à partir d'eaux douces dont la composition chimique est initialement identique. L'évaporation conduit à des saumures différentes, chlorurées-sulfatées sodiques ou carbonatées sodiques, en fonction des caractéristiques locales de la sédimentation (présence ou absence de soufre dans le bassin de drainage, interactions avec la matière organique, etc.). Cette interprétation est confirmée par l'étude des diatomées de la formation Charaña : nous démontrons que les saumures, alimentées par le même bassin de drainage peuvent évoluer suivant les époques vers l'un ou l'autre des faciès hydrochimiques.

Les faciès calcaires de la partie moyenne de la formation Charaña sont actuellement connus dans le bassin de Pastos Grandes au Sud-Ouest de la

Bolivie. Ce bassin est alimenté de manière régulière principalement par des sources thermales d'eaux douces. L'évaporation sous une mince tranche d'eau conduit à la précipitation chimique du carbonate de calcium (RISACHER et EUGSTER, 1979). Cette précipitation est active à Pastos Grandes depuis plusieurs siècles au moins. Dans ce bassin les dalles calcaires les plus anciennes ont été disloquées par le gel au cours d'une phase de refroidissement climatique datée de moins de 400 ans B.P. Nous voyons donc que le bassin de Pastos Grandes reproduit les conditions qui ont contrôlé la sédimentation de l'unité moyenne de la formation Charaña.

Il faut également noter que les sédiments des lacs actuels sont parfois caractérisés par une disparition rapide des diatomées. Une carotte prélevée dans le salar de Uyuni s'est révélée complètement stérile alors que les diatomées sont bien conservées dans une carotte provenant du salar de Cañapa. Les mécanismes de dissolution et de transformation des frustules dans ces milieux boliviens ont été étudiés par (BADAUT *et al.*, 1979) ; il est possible de montrer que dans le cas de la Formation Charaña la bonne conservation des diatomées ne peut être liée au pH, dont nous avons vu qu'il a pourtant pu atteindre parfois des valeurs élevées.

Évolution cyclique du milieu de sédimentation

Cette évolution est mise en évidence par les variations de la fréquence de *Synedra radians*. La courbe représentative de ces variations est caractérisée par des pics très marqués qui se répètent à plusieurs reprises tout au long de la série, indépendamment des modifications majeures du milieu. *Synedra radians* n'a pas été observée jusqu'à présent en Bolivie et la littérature ne donne pas d'informations précises sur son écologie. Il est donc difficile de déterminer la signification de son évolution cyclique dans la formation Charaña. Nous savons que cette espèce est liée à des apports d'eau douce probablement dus à des modifications périodiques de la pluviosité. En effet, ces apports se poursuivent même dans la partie supérieure de la Formation où nous avons mis en évidence un refroidissement du climat par rapport au climat actuel ; ils ne peuvent donc pas être liés à un abaissement de la température.

DESCRIPTION DE QUELQUES TAXONS

Cette partie sera consacrée à l'examen de quelques espèces choisies en fonction de l'intérêt particulier qu'elles présentent du point de vue morphologique, biostratigraphique ou taxonomique. Les références bibliographiques indiquées au début de chaque description correspondent aux ouvrages dans lesquels

les descriptions et les représentations graphiques se rapprochent le plus de l'espèce considérée.

Achnanthes biasolettiana (Kütz) GRUNOW

Pl. IV, fig. 5

FRENGUELLI, 1936, p. 19 lamina 1, n^{os} 37-38
HELMCKE et KRIEGER Tafel 270-271.

L = 10 μ , l = 4 μ , hypovalve : 22-24 stries en 10 μ , épivalve : 18-22 stries en 10 μ

Très abondante dans le niveau 1 de la Marcanasa, ses caractéristiques morphologiques sont constantes d'un individu à l'autre. Par son aspect ventru, la présence d'une strie plus courte au centre et malgré l'élargissement bien visible du pseudoraphé, l'épivalve ressemble aux petites formes de *A. exigua* var. *heterovalvata* (GERMAIN, 1981 ; pl. 42, n^{os} 24 et 26). Le nombre de stries de l'épi et de l'hypovalve correspond à celui des *A. exigua*. Mais l'hypovalve ne possédant pas de pseudostauros, nous avons attribué ces *Achnanthes* à l'espèce *biasolettiana*, les stries sont droites, les bords latéraux sont parallèles et les extrémités légèrement rostrées.

Le nombre de stries en 10 μ des deux valves est intermédiaire entre celui de la variété *fossilis* de FRENGUELLI (hypov. : 20 en 10 μ , épiv. : 16-17 en 10 μ et celui de l'espèce *biasolettiana* de HELMCKE et KRIEGER (hypov. et épiv. : 28-38 stries en 10 μ).

La structure fine des stries n'a pas pu être clairement observée en vue externe, elles apparaissent comme de fines échancrures, la structure interne est inconnue. Pour ces diverses raisons, un doute persiste sur la détermination spécifique proposée.

Achnanthes delicatula (Kütz) GRUNOW

HELMCKE et KRIEGER, plates 851-852

Pl. IV, n^{os} 1-2

L = 7 μ , l = 3 μ , stries : hypovalve 16-18 en 10 μ , épivalve 12-14 en 10 μ

Valve elliptique à extrémités arrondies. En vue externe, l'hypovalve présente un raphé rectiligne, les fissures terminales en forme de crochets sont dirigées du même côté. L'aire hyaline s'élargit très légèrement dans la zone centrale. Les stries sont larges, quadrangulaires, formées par 3 rangées de loculi (6 en 10 μ), les stries centrales prennent une forme triangulaire. La figure 2 pourrait être une vue interne de l'épivalve malgré l'élargissement de l'area centrale due à la disparition d'une strie, caractère qui n'est d'ailleurs pas constant. Les chambres s'ouvrent largement vers l'intérieur, elles sont séparées par des côtes épaisses.

Achnanthes speciosa HUSTEDT

Pl. I, fig. 19, pl. IV, fig. 4

HUSTEDT, 1927, p. 238, t. VII, fig. 5-6

L = 25-35 μ , l = 10 μ , 15-18 stries en 10 μ

Valve lancéolée-acuminée. L'hypo et l'épivalve contiennent des stries grossières, très courtes laissant un large espace hyalin de forme lancéolée.

En vue interne, l'épivalve montre des chambres largement ouvertes et séparées par des côtes étroites et renflées, ces chambres s'ouvrent vers l'extérieur par l'intermédiaire de 2 à 3 rangées de loculi.

Amphora platensis FRENGUELLI

Pl. II, fig. 25

FRENGUELLI, 1945, p. 190, lamina n^o 9

L = 60-70 μ , l = 20 μ , 12 stries en 10 μ

Valve héli-ellipsoïdale à bord dorsal fortement convexe et bord ventral légèrement concave. Les extrémités sont nettement rostrées, un peu recourbées vers le bord ventral. Les stries sont radiaires, nettement ponctuées, inégalement espacées dans la zone centrale. Les méplats dorsal et ventral du raphé sont étroits et délimités par des crêtes ininterrompues au niveau des fissures centrales du raphé, ces fissures sont dirigées vers le bord ventral. Une aire hyaline centrale de forme semi-circulaire peut parfois s'organiser.

D'après FRENGUELLI, 1945, *A. platensis* est proche de *A. Wiesneri* Pantocsek, mais elle en diffère par la dilatation de l'aire hyaline autour du nodule central. Elle serait proche également de *A. hevesensis* Pantocsek, mais en diffère par un moins grand nombre de stries, 12 au lieu de 15-16.

Les spécimens de Charaña peuvent ou non présenter une dilatation de l'aire hyaline centrale, ce qui ne semble pas un caractère suffisant pour le différencier d'*A. Wiesneri* Pant.

D'après FRENGUELLI cette espèce n'existerait qu'à l'état fossile en Argentine. J'ai pu observer que, contrairement à toutes les autres, elle n'a pas encore été retrouvée vivante en Bolivie. Par contre, dans une coupe située dans le Sud de la Bolivie, elle persiste jusqu'au quaternaire moyen, puis elle disparaît. Jusqu'à plus ample information on peut considérer qu'*A. platensis* est la seule espèce éteinte présente à la base de la Formation Charaña.

Anomoeoneis sphaerophora var. *angusta* FRENGUELLI

Pl. II, fig. 16-17 ; pl. IV, fig. 11-12

FRENGUELLI, 1934, p. 355, lamina II, n^o 10

L = 40-50 μ , l = 15 μ , 14-17 stries en 10 μ

Valve linéaire-lancéolée à extrémités faiblement

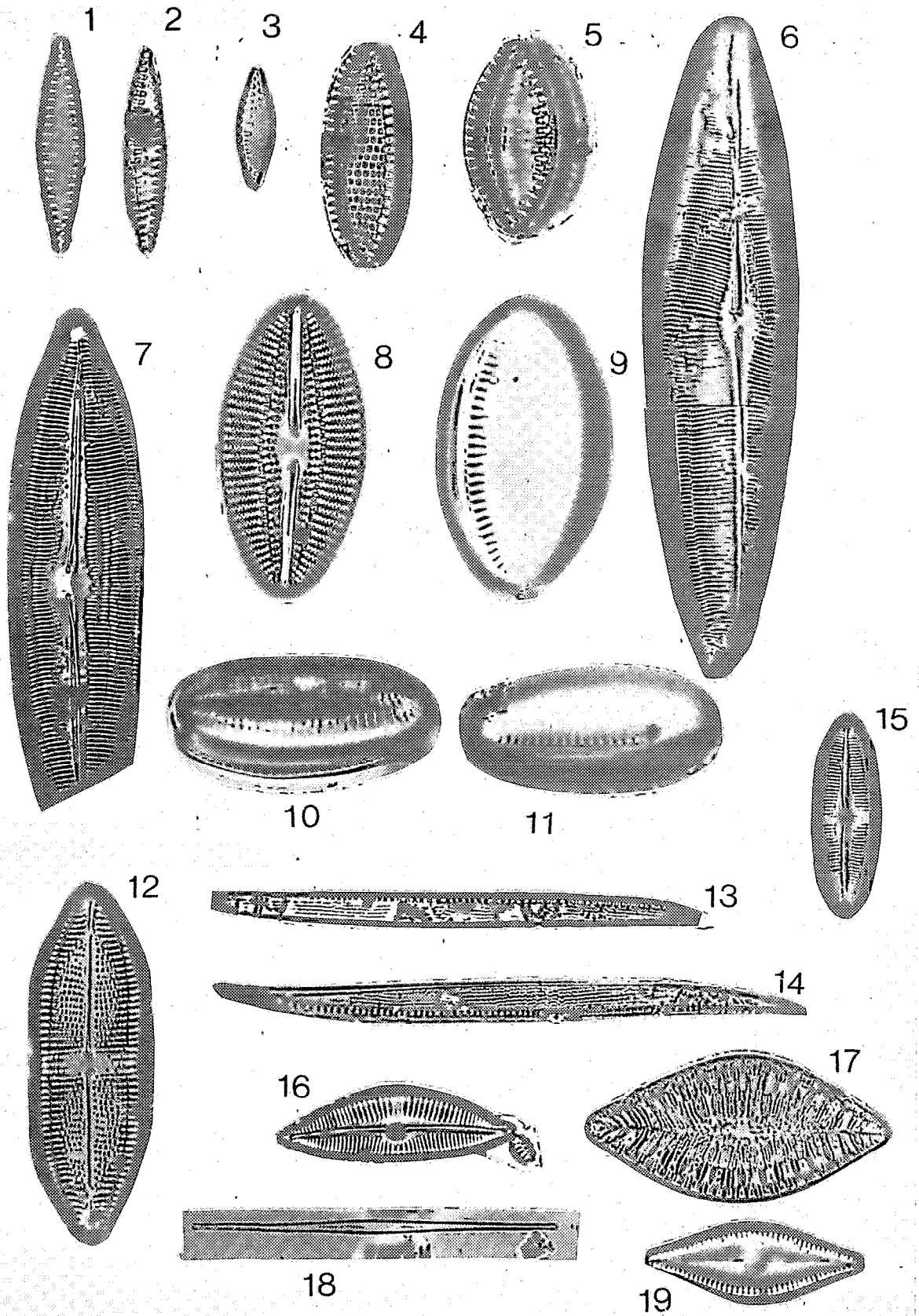


PLANCHE I. — 1-2-3 : *Fragilaria leptaustoron* var. *dubia* (Grun.) Hust. 4 : *Nitzschia granulata* Grun. 5 : *Nitzschia navicularis* (Breb.) Grun. 6 : *Scoliopleura tumida* (Breb.) Rabenh. 7 : *Caloneis Westü* (W. Smith) Hendey. 8-11 : *Diploneis* sp. externe valve supérieure. 9 : Valve inférieure vue externe. 10-11 : Vue latérale pour essayer de montrer que cette structure particulièrement simplifiée (9) appartient bien au *Diploneis* (8). 12 : *Neidium iridis* var. *luminosum* Brun. 13-14 : *Nitzschia sigma* (Kütz) W. Smith. 15 : *Caloneis Schummaniana* var. *lanceitula* ? Hust. 16 : *Cymbella heteropleura* fo. *minor* Cleve. 17 : *Surirella oregonica* Ehr. 18 : *Synedra radians* var. *radians* Patrick. 19 : *Achnanthes speciosa* Hust.

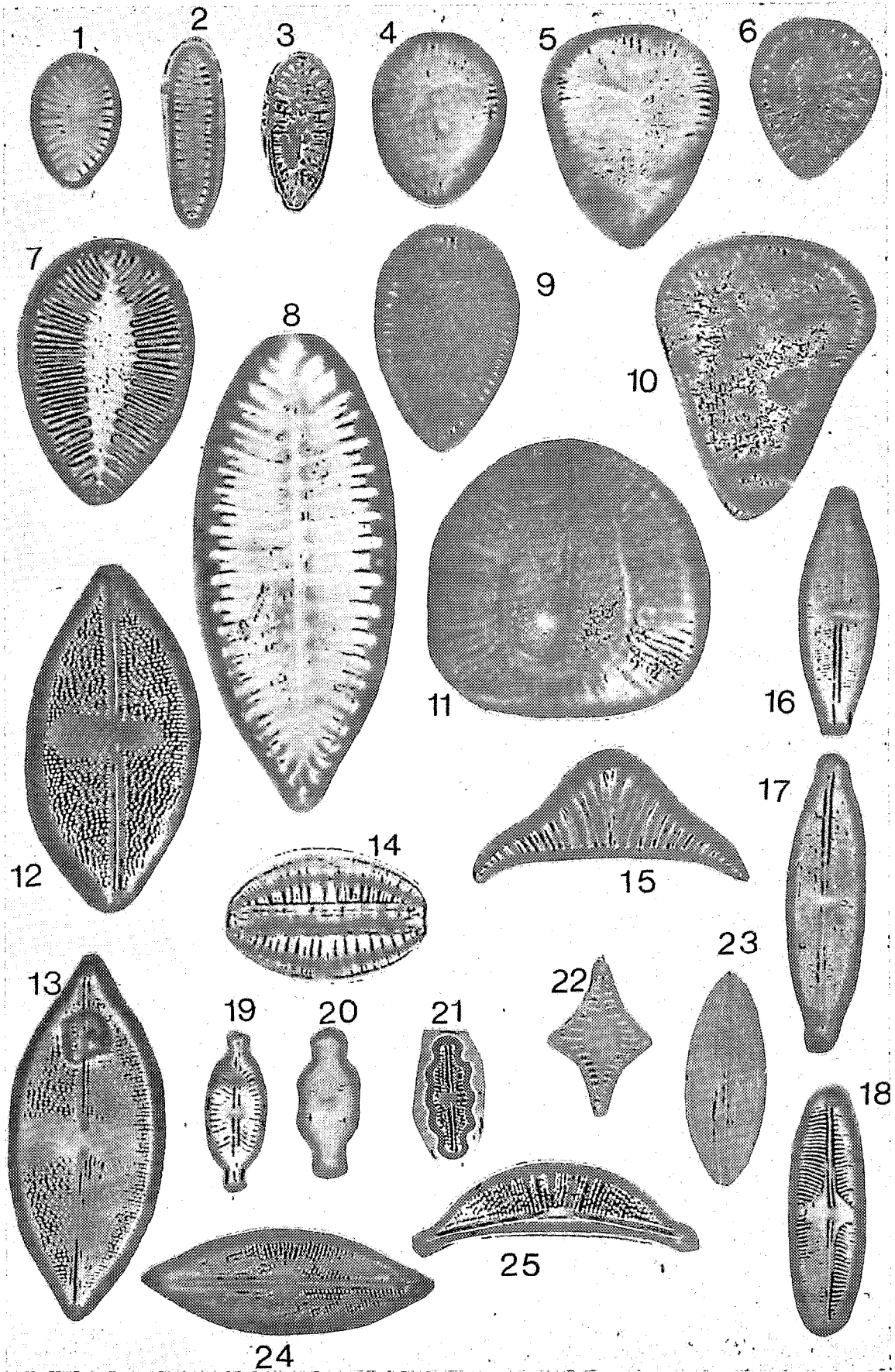


PLANCHE II

capitées. En vue externe, les stries sont formées de tirets également espacés. Il n'y a pas individualisation d'une ligne de pores différenciés le long du raphé comme c'est le cas pour les *Anomoeoneis*.

L'aire hyaline centrale forme un pseudo-stauros, de forme triangulaire d'un côté du raphé, de forme circulaire de l'autre côté.

Les spécimens de Marcanasa attribués à la variété *angusta* diffère de celle-ci par des extrémités moins nettement rostrées et un nombre de stries légèrement supérieur (14 au lieu de 13).

Anomoeoneis sphaerophora var. *navicularis* (O. Mull.)
FRENGUELLI

Pl. II, fig. 12-13

L = 65 μ , l = 27 μ , 15 stries en 10 μ

FRENGUELLI, 1934, p. 355, lamina n° 11

Valve lancéolée acuminée. Les stries nettement ponctuées sont régulières près des bords et irrégulièrement réparties vers la zone centrale, il y a individualisation d'une rangée de pores rectilignes le long du raphé. L'aire hyaline est arrondie (fig. 12) ou quadrangulaire (fig. 13).

D'après FRENGUELLI, ces deux variétés d'*Anomoeoneis* vivent en eau calme, douce ou saumâtre.

Diploneis sp.

Pl. I, fig. 8 à 11 ; pl. V, fig. 1 à 3

GERMAIN, 1981, p. 146, pl. 56, nos 1-3

L — 53 μ , l = 25 μ , 7 stries en 10 μ

Valve elliptique, stries radiantées à double rangée de pores, caractéristique de *D. smithii* (pl. I, fig. 8).

Associées à ces *Diploneis*, se trouvent en grand nombre, des structures (pl. I, n° 9) qui par l'étrangeté de leur morphologie, m'ont posé un certain nombre de problèmes.

Ces structures ont la même forme et les mêmes dimensions que les *Diploneis*. Elles sont constituées d'un anneau fortement silicifié, sur lequel s'insèrent des dents régulièrement réparties, de même longueur.

En montant ce matériel entre lames et lamelles dans de la glycérine, on peut aisément faire tourner les frustules, ce qui m'a permis de voir que ces

anneaux appartiennent aux *Diploneis* (c'est ce que j'ai voulu montrer avec les photos nos 10 et 11 de la planche IV qui sont malheureusement un peu floues).

L'observation au MEB montre que les dents sont situées entre les deux valves, elles s'insèrent sur un anneau, perpendiculairement à celui-ci. Cet anneau se trouve dans la même position que le manteau mais est indépendant, ce qui explique l'abondance de ces structures car elles se détachent facilement des valves.

Ces structures peuvent être assimilées soit à un anneau partectal, structure surajoutée comparable aux craticula des *Navicula cuspidata*, soit aux valvocopula fréquentes dans les genres *Epithemia* ou *Denticula*, l'anneau serait les valvocopula, les dents étant les extensions des valvocopula.

La présence de cette structure chez les *Diploneis* n'a pas encore, à ma connaissance, été signalée. Cela vient de la difficulté de les observer au microscope optique. Sur la photo n° 3 de la planche V, on remarque que les dents se superposent exactement aux côtes épaisses internes des valves que nous voyons bien sur la photo n° 1 de la même planche.

Fragilaria leptastoron var. *dubia*. (Grun.) HUSTEDT

Pl. I, fig. 1 à 3 ; pl. III, fig. 4 à 8

REHAKOVA, 1965, pl. XI, fig. 19

Elle présente une grande variabilité morphologique ; elliptique, lancéolée-capitée ou lancéolée-rostrée. Par contre, la structure et le nombre de stries (8 ou 10 μ) sont constants. Ces stries sont courtes, espacées, elles laissent un pseudoraphé dont la largeur correspond à la moitié de la largeur du frustule. Elles comprennent un pore situé sur la valve et un pore sur le manteau, une dent s'insère entre ces deux pores (pl. I, fig. 2).

Par la structure des stries, les spécimens de Charaña pourraient être attribués à *F. bituminosa* Pantocsek que nous avons pu observer dans la lame n° 205 de la collection Tempère et Peragallo, provenant du gisement pliocène de Kojiecz en Hongrie. Mais ils en diffèrent par la forme générale du test. *F. bituminosa* peut présenter de grandes variations de taille mais elle reste toujours elliptique. C'est pour cette raison que nous avons préféré

PLANCHE II. — 1 : *Surirella ovata* Kütz. 2-3 : *Surirella ovata* var. *pinnata* W. Smith. 4-9 : *Surirella ovalis* Breb. 5-10 : *Surirella poisonis* Hust. 6 : *Surirella ovata* var. *utahensis* Grun. 7 : *Surirella sella* Freng. 8 : *Surirella robusta* var. *splendida* (Ehr.) Van Heurek ? 11 : *Campylodiscus clypeus* Ehr. 12-13 : *Anomoeoneis sphaerophora* var. *navicularis* (O. Mull.) Freng. ? 14 : *Rhopalodia gibberula* (Ehr.). O. Mull. 15 : *Rhopalodia* sp. 16-17 : *Anomoeoneis sphaerophora* var. *angusta* Freng. ? 18. *Pinnularia Brebissonii* (Kütz.) Raber. 19 : *Navicula dicephala* (Egr.) W. Smith. 20 : *Navicula mutica* var. *binodis* Hust. 21 : *Navicula mutica* var. *nivalis* (Ehr.) Hust. 22 : *Fragilaria leptastoron* (Ehr.) Hust. ? 23 : *Navicula pygmaea* Kütz. 24 : *Mastoglia atacamae* Freng. 25 : *Amphora platensis* Freng.

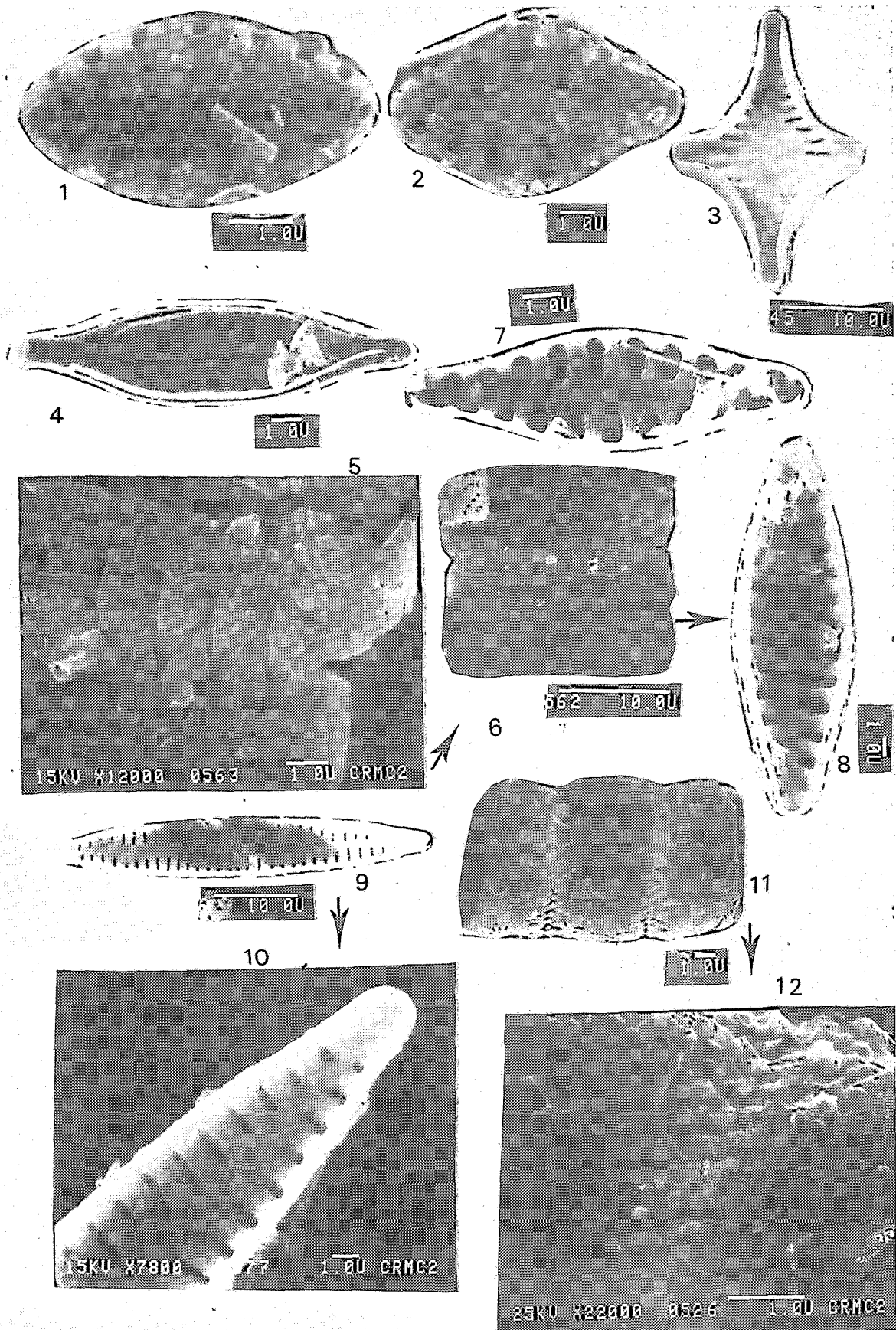


PLANCHE III. — 1 : *Fragilaria brevistriata* Grun. vue ext. 2 : *Fragilaria pinnata* ? Ehr. vue ext. 3 : *Fragilaria leptaustoron* (Ehr.) Hust. ? 5-6 : *Fragilaria leptaustoron* var. *dubia* vue connective. 4-7-8 : Vue int. 9-10 : *Synedra* sp. vue int. 11-12 : *Fragilaria* sp.

attribuer ces *Fragilaria* à l'espèce *F. leptastoron* var. *dubia* plutôt qu'à *bituminosa* comme l'a fait aussi REHAKOVA, 1965, p. 38 (certainement pour les mêmes raisons) pour des *Fragilaria* provenant de sédiments pliocènes de Tchécoslovaquie.

Il serait particulièrement intéressant de savoir quelle parenté réelle pourrait exister entre *F. bituminosa* et ces *Fragilaria leptastoron* var. *dubia* du Pliocène, car on aurait alors plus d'arguments pour présenter ces *Fragilaria* comme des formes archaïques des actuelles *F. leptastoron*.

Il faut en effet signaler que *F. leptastoron* var. *dubia* n'est abondante qu'à l'extrême base de la Formation Charaña dans les échantillons 102-105, situés au-dessus de l'ignimbrite Perez datée de 3,2 MA.

Puis ces *Fragilaria* prennent une allure plus moderne au sommet de la moitié inférieure de l'Unité lithologique I (éch. 115), nous les avons alors appelés *F. leptastoron* var. *rhomboides* pour les différencier des premières.

Ces deux variétés disparaissent dans la moitié supérieure de l'Unité lithologique I (après le dépôt de l'ignimbrite Intra-Charaña).

Il faut attendre la base de l'Unité lithologique II (base de la coupe de Challahuillqui) pour voir réapparaître des *Fragilaria* à stries courtes et espacées, il s'agit d'une forme moderne de *F. leptastoron* (éch. 142-135).

Enfin dans l'Unité lithologique III (Sommet de Challahuillqui éch. 130) une autre espèce à stries courtes apparaît, que nous attribuons à *F. lapponica*.

Il est intéressant de signaler qu'une évolution morphologique des *Fragilaria* est visible dans la Formation Charaña mais la lignée évolutive telle qu'elle est présentée ici (et dont les étapes sont nommées par des noms de variétés ou d'espèces différentes pour des raisons de commodité) est seulement pressentie et nullement démontrée.

Melosira octogona SCHMIDT

Schmidt, Tafel 182

Pl. IX, X, XI

Je remercie R. M. CRAWFORD de l'aide qu'il a bien voulu m'apporter pour la détermination spécifique de ce *Melosira*.

Pl. IX : En vue valvaire externe, elle présente trois zones distinctes :

— une zone circulaire interne, déprimée, délimitée par une couronne d'épines anastomosées (fig. 2 flèche). La petite taille des pores et des rimoportules (fig. 4) est due à une réduction de l'épaisseur du test (CRAWFORD, 1977, p. 281) donc à une réduction des pseudoloculi ;

— une zone intermédiaire, plus large, dont le contour arrondi donne cette forme hexagonale au test en vue latérale, qui la différencie de *M. moniliformis*. Les pores sont de grande taille (28 en 10 μ), sub. arrondis (pl. X, fig. 1 et 2). Deux types de structure en forme d'étoile y apparaissent. Le premier type est simple (pl. IX, fig. 3), il correspond à des épines, elles sont peu nombreuses, de taille réduite (différentes des épines de *M. moniliformis*). C'est ce type qui forme une couronne d'épines (qui sépare la zone interne de la zone intermédiaire) par anastomose des prolongations des branches. Le deuxième type présente au centre de l'étoile, un épaississement de forme arrondie où s'ouvre un pore (pl. X, fig. 3), c'est le rimoportule ;

— une zone externe, seulement visible en vue latérale, est perpendiculaire à la précédente, elle correspond au manteau (pl. XI, n° 3). On distingue trois bandes dont deux pourraient correspondre à l'hypocingulum. Les pores sont disposés parallèlement à l'axe peralvaire, en rangées distinctes (CRAWFORD, 1977, p. 279).

En vue interne (pl. XI), les pseudoloculi s'ouvrent par des aréoles à rotæ, identiques à celles décrites par CRAWFORD pour *M. moniliformis*, 1977, p. 18. Disposés sans ordre au centre, ils s'organisent en lignes radiales au niveau du manteau (pl. XI, fig. 4). Les rimoportules (pl. XI, fig. 2 flèches) se répartissent sans ordre, aucune zone de concentration préférentielle n'est visible (CRAWFORD, 1966, fig. 5), par contre la présence d'un anneau de rimoportules au bord du manteau est très nette (pl. XI, fig. 2).

En 1927, HUSTEDT signale la présence en abondance dans la Formation Loa au Chili, d'une petite *Melosira* (12-14 μ) qu'il appelle *M. spinigera* Hust. Malgré la petitesse de la représentation graphique de cette espèce (mais si l'on tient compte aussi de la ressemblance de l'association floristique qui l'accompagne, avec celle de Marcanasa), il semblerait que *M. spinigera* serait très proche de *M. octogona*. FRENGUELLI, 1936, indique que ce *Melosira* peut présenter de grandes variations de taille à Calama (16-50 μ). Pour ces auteurs *M. spinigera* serait une espèce éteinte, abondante à l'époque miopliocène.

Or, si comme nous le pensons, *M. spinigera* n'est autre que *M. octogona*, cette espèce, vivant actuellement, ne pourrait être utilisée comme marqueur biostratigraphique.

Navicula cincta var. *heufleri* GRUNOW

Pl. IV, fig. 8

GERMAIN, 1981, p. 186, pl. 71, fig. 13

L = 26-28 μ , l = 5,5-6 μ , 16 stries en 10 μ

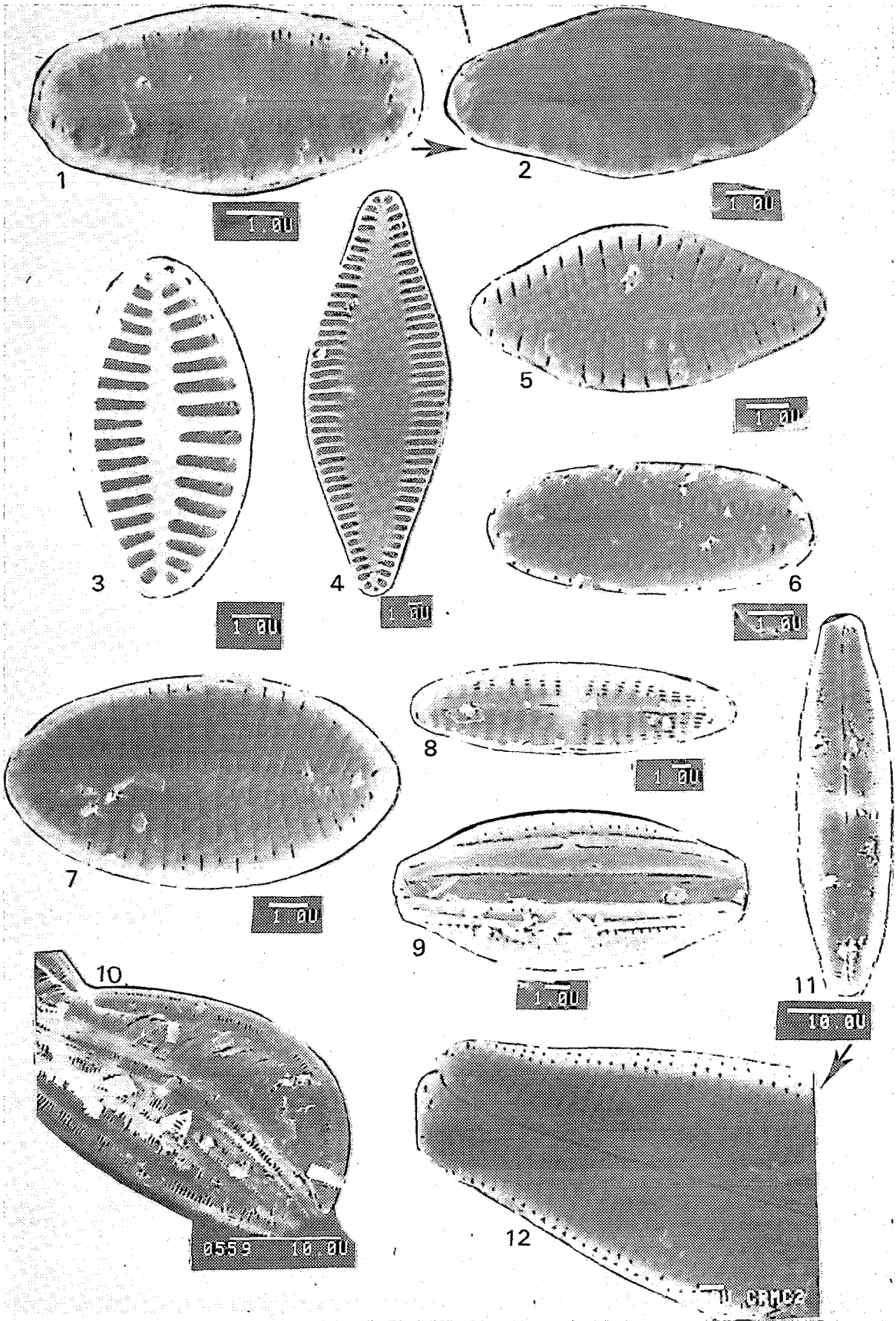


PLANCHE IV. — 1-2 : *Achnanthes delicatula* (Kütz.) Grun. hypovalve ext., épivalve int. 3 : *Achnanthes clevei* Grun. ? 4 : *Achnanthes speciosa* épivalve int. 5 : *Achnanthes biasoletiana* Kütz. épivalve ext. 6 : *Navicula Gallica* var. *montana* Bahls ? 7 : *Cocconeis diminuta* Pant. épivalve ext. 8 : *Navicula cincta* var. *heufleri*. Grunow. 9 : *Amphora coffaeiformis* Ag. 10 : *Amphiprora* sp. 11-12 : *Anomoeoneis sphaerophora* var. *angusta* Freng. ext.

Valve lancéolée à extrémités sub. capitées ou arrondies. L'aire hyaline très étroite s'élargit au centre grâce à l'interruption presque complète de deux stries centrales. L'interruption des stries est un caractère constant de ces Navicules dans l'échantillon n° 9. Le changement de direction de l'inclinaison des stries se produit au niveau d'une strie différenciée, située au quart de la longueur.

Cette espèce vit actuellement dans la Laguna Colorada où la salinité est de 26 g/l.

Navicula mutica var. *nivalis* (Ehr.) HUSTEDT

Pl. II, fig. 21

HUSTEDT, 1930, p. 275, fig. 453

L = 20 μ , l = 7,8 μ , 16 stries en 10 μ

Valves à bords triundulés, extrémités capitées, tronquées. Le raphé droit est recourbé au centre et aux extrémités du côté opposé au stigma. Les stries sont nettement ponctuées. Une rangée marginale de pores grossiers séparés des autres délimite latéralement l'aire centrale élargie, de forme rectangulaire.

Cette espèce a été rencontrée dans les eaux de fonte d'un glacier à 4 900 m d'altitude.

Navicula mutica var. *binodis* HUSTEDT

Pl. II, fig. 20

L = 24 μ , l = 9 μ , 20 stries en 10 μ

Valves à bords légèrement biundulés. Comme dans l'espèce précédente, mais de façon encore plus nette, une rangée de pores plus gros et plus longs est séparée des autres par une crête hyaline qui semble repousser cette rangée de pores sur le manteau. L'aire centrale, élargie en pseudo-stauros atteint le bord marginal de la face valvaire.

Navicula mulicopsis VAN HEURCK

FRENGUELLI, 1958, p. 85, lam. II, n°s 34-38

L = 14 μ , l = 6 μ , 14 stries en 10 μ

Valve de petite taille, bords arrondis, extrémités capitées. Les stries sont grossièrement ponctuées. Le pseudo-stauros est délimité par des stries plus courtes que les autres composées de 1 à 3 pores.

D'après FRENGUELLI, 1958, « findada por VAN HEURCK, 1909, en hielo fijo, luego hallada en aguas dulces de muchas localidades antárticas », elle constitue l'espèce dominante de la Péninsule Antarctique, sur la Côte de Puerto Paraíso.

Neidium iridis. var. *luminosum* BRUN.

Pl. I, fig. 12

CLEVE-EULER, 1968, p. 227, fig. 1175 m

Valves à bords rectilignes, parfois légèrement étranglées au centre. Extrémités brusquement diminuées mais non allongées comme *N. iridis amphigomphus*. Les stries 12 en 10 μ , perpendiculaires au raphé ou à peine obliques, font ressembler alors à *N. Kozlovii* (CLEVE-EULER, fig. 1175 d). Ces punctuations sont très apparentes (14 en 10 μ). Les dimensions varient peu, il y a cependant des individus qui présentent une allure plus ramassée que d'autres (L = 49-45 μ , l = 20 μ). L'aire hyaline est étroite, le raphé droit se termine par deux crochets de direction opposée l'un à l'autre dans une aire centrale subrectangulaire ou seulement élargie par le raccourcissement de trois stries.

Nitzschia palea var. *debilis* (Kütz) GRUNOW

LANGE-BERTALOT, 1980, p. 51, Tafel 1, fig. 9-13

L = 36-40 μ , l = 4-5 μ . Nombre de stries supérieur à 30 en 10 μ , 12 fibules en 10 μ .

C'est l'espèce la plus abondante du niveau 142 avec *N. hungarica*. De morphologie relativement constante, (le nombre des fibules ne varie pas), elle peut présenter des variations dans l'intensité de la constriction médiane. Dans les comptages nous avons inclus la forme *tenuirostris* qui est rare.

Nitzschia alpina HUSTEDT

LANGE-BERTALOT, 1980, p. 42, plate n° 2, n°s 54-62

Elle présente dans le niveau 142 plus de variabilité que l'espèce précédente, le seul caractère constant est l'équidistance des fibulae centraux.

L = 25-35 μ , l = 5 μ , 25 à 30 stries, 9-11 fibulae en 10 μ

Rhopalodia operculata (C. A. AGARDH) NOV. comb.

HÅKANSSON (H.), 1979, p. 166, fig. 1-5

Pl. VI, fig. 1-10

L = 25-30 μ , l = 9-10 μ , 5-6 côtes en 10 μ , 20 stries en 10 μ , 3-7 stries entre les côtes : 15 pores en 10 μ

Valve hémicirculaire à bord dorsal convexe déprimé au centre (pl. III, fig. 1). Le bord ventral est rectiligne, les extrémités dirigées vers le bord ventral (fig. 9). Les lignes de pores sont radiaires, le raphé situé près du bord dorsal est rectiligne, les fissures centrales ont une forme en crochets dirigés vers le bord ventral (fig. 7).

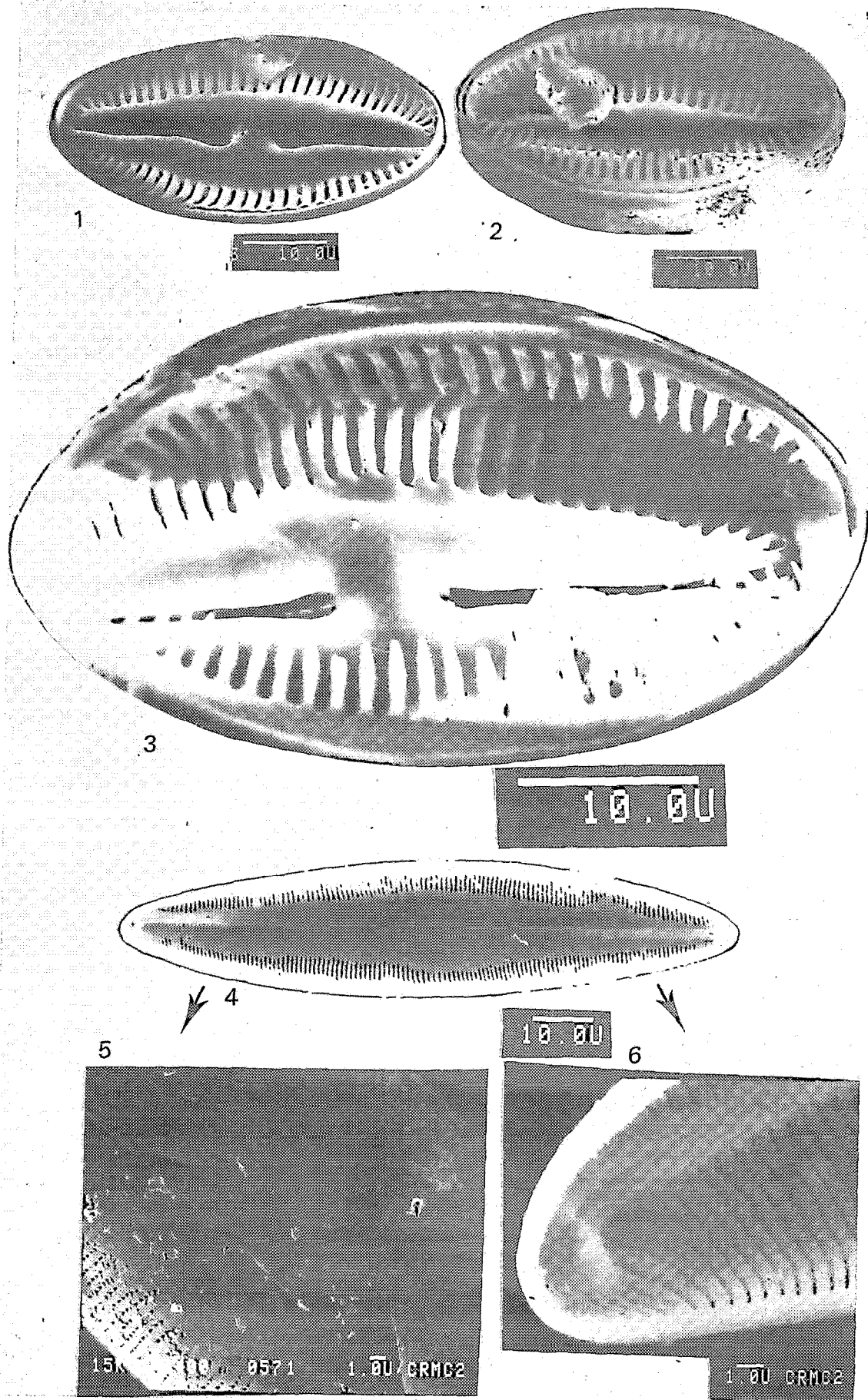


PLANCHE V. — *Diploneis* sp. int. 2-3 : *Diploneis* sp. anneau partectal ? 4 : *Scolioleura tumida* (Breb.) Raben. ext. 5 : Aire centrale ext. 6 : Extrémité int.

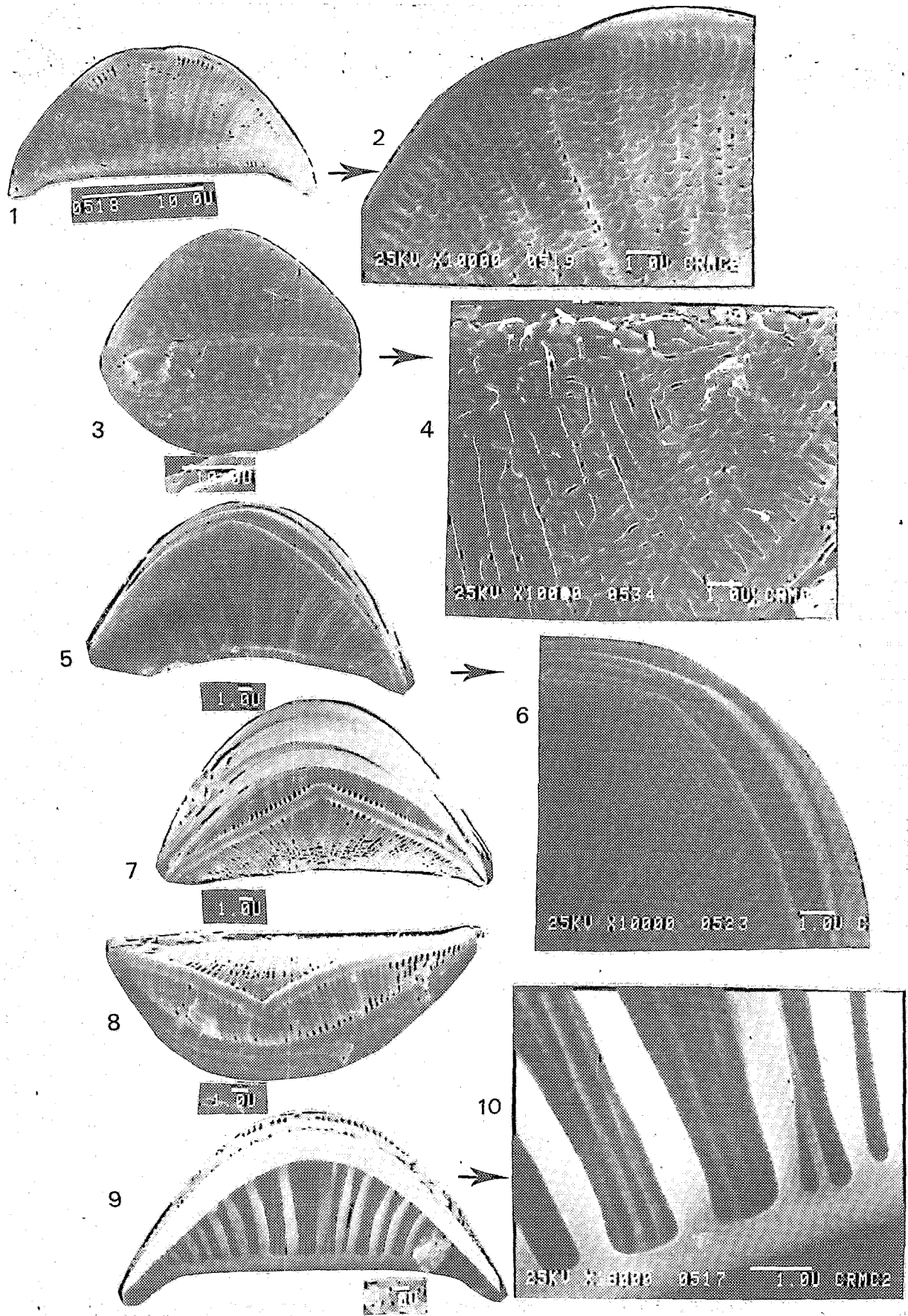


PLANCHE VI. — *Rhopalodia operculata* (C. A. Agardh) Håkansson. 1 : Vue ext. 2 : Bord dorsal semi-circulaire montrant la dépression centrale. 3 : Vue ext. de deux valves. 4 : Vue ext. montrant un début de dissolution. 5-6-7-8 : Bord dorsal avec les bandes intercalaires montrant la position du raphé, et les fissures centrales du raphé dirigées vers le bord ventral. 9-10 : Vue interne

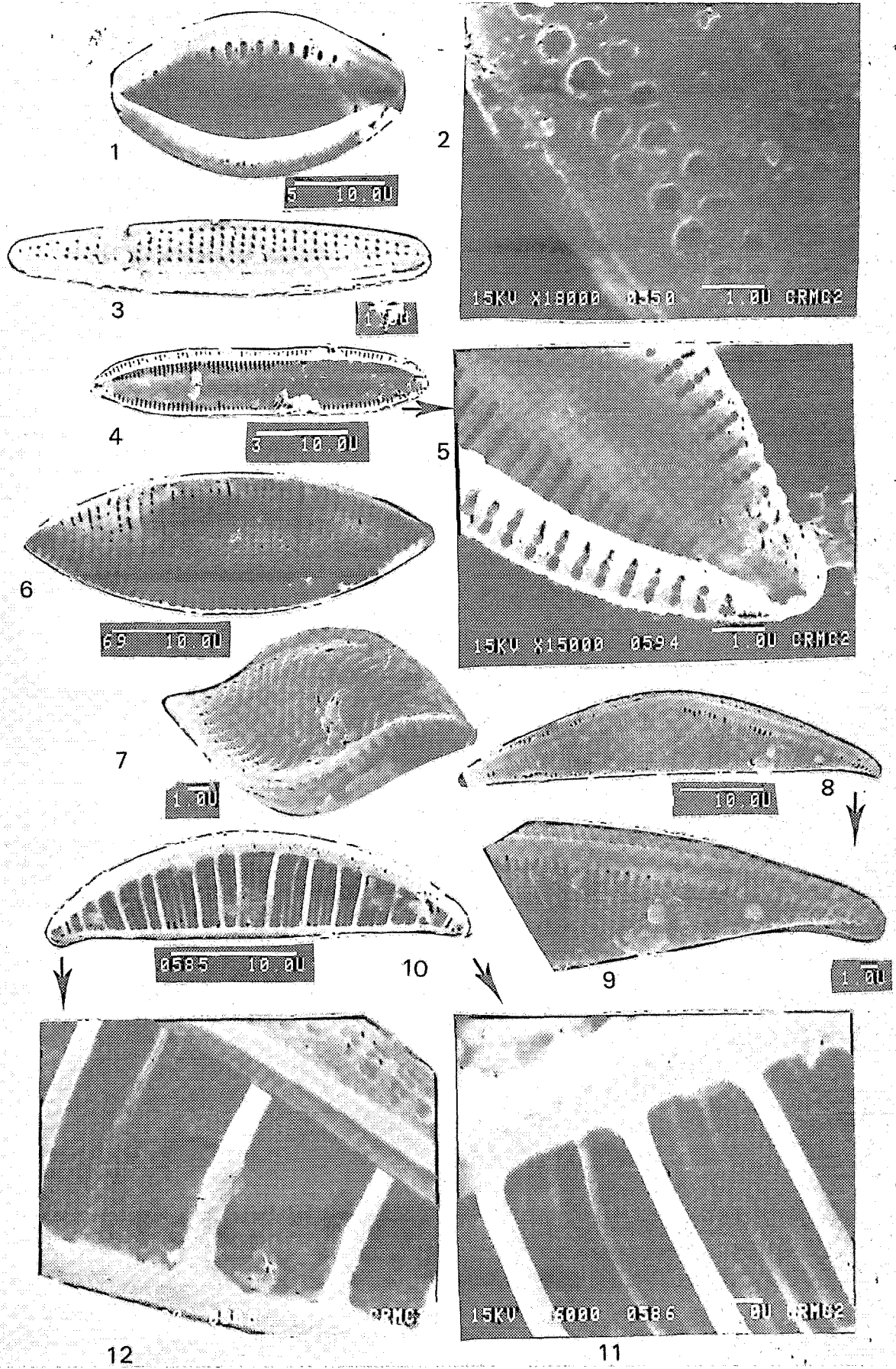


PLANCHE VII. — *Nitzschia navicularis* (Breb.) Grun. int. 2 : Vue externe. 3 : *Nitzschia* sp. 4-5 : *Nitzschia hungarica* Grun. int. érodée. 6-7 : *Nitzschia punctata* (W. SM) Grun. 8-9 : *Rhopalodia gibberula* var. *baltica* Freng. ext. 10-11-12 : Vue interne

Rhopalodia gibberula var. *baltica* O. MULLER

O. MULLER, 1899, p. 287, Tafel XI, fig. 3, 4

Pl. VII, fig. 8-12

L = 34 μ , l = 9 μ , 4-6 côtes en 10 μ , 17 stries en 10 μ , 20 pores en 10 μ , lignes entre les côtes 3-5

Elle diffère de l'espèce précédente par sa forme plus allongée. Le bord dorsal est nettement moins arqué. Les côtes sont moins serrées et moins radiaires, les petites côtes séparant les stries composées d'une double rangée de pores sont mieux développées (pl. VII, fig. 11) au centre que vers les extrémités (fig. 12). Les fissures centrales du raphé sont recourbées vers le bord ventral.

Rhopalodia sp.

Pl. II, fig. 15

L = 60 μ , l = 24 μ , 5 côtes en 10 μ , L/l = 2,5

C'est une forme grossière, à côtes fortement radiaires. Les côtes intermédiaires sont épaisses comparées aux deux espèces précédentes. Les pores sont peu visibles. Le bord dorsal est fortement arqué, les extrémités sont étirées vers le bord ventral.

Surirella oregonica EHR.

Pl. I, fig. 17; pl. VIII, fig. 1-2

Schmidt, Tafel 22, n° 9

L = 50 à 80 μ , l = 26-31 μ , 6 côtes en 10 μ

Valve elliptique lancéolée isopolaire. Les côtes épaisses, radiaires laissent au centre une aire hyaline plus ou moins large de forme lancéolée, déprimée par rapport au reste de la valve. Les ailes du canal sont courtes. Cette espèce serait synonyme de *S. ladogensis* Weisse d'après CLEVE. E. 1968, p. 108, fig. 1533, elle serait planctonique d'eau douce.

Surirella peisonis (Pant.) HUSTEDT

Pl. II, fig. 5 et 10

HUSTEDT, 1930, p. 441, fig. 862

L = 60-120 μ , l = 40-70 μ

Valve en forme de poire, hétéropolaire. Les stries sont fines, elles s'interrompent vers le centre en laissant un pseudoraphé linéaire rectiligne qui se partage en deux branches vers l'extrémité renflée. Les ailes du canal sont très courtes (30-40 en 10 μ).

Surirella ovalis BREB.

Pl. II, fig. 4 et 9

WORNARDT (W. W.), 1964, p. 21, plate 1, n° 5

L = 49 μ , l = 31 μ , 60 stries en 100 μ , ailes 25-30 en 10 μ

Valve hétéropolaire à stries fines. Les ailes du canal sont courtes.

Surirella ovata var. *utahensis* GRUNOW

Pl. II, fig. 6; pl. VIII, fig. 8-9

SCHMIDT, 1885, Tafel 24, fig. 11-13

WORNARDT, 1964, p. 22, pl. I, n° 4

L = 33 μ , l = 27 μ , 20 côtes en 10 μ , 40 stries en 100 μ

Valve hétéropolaire sub-arrondie. Les stries sont fortes, les ailes du canal sont courtes. Une légère torsion du frustule par rapport à l'axe transapical provoque une ondulation de la surface du frustule qui se manifeste par un renflement d'un côté et un creusement de l'autre côté du pseudo-raphé.

Comme *S. ovalis* et *S. peisonis*, *S. ovata* var. *utahensis* est une espèce polyhalobe, elle vit actuellement dans le lac Chulluncani en Bolivie où la salinité est de 126 g/l.

Surirella robusta var. *splendida* (Ehr.) VAN HEURCK

Pl. II, fig. 8

GERMAIN, 1981, p. 234, pl. 149, fig. 2

L = 150 μ , l = 56 μ , 26 côtes en 10 μ

La majorité des individus observés dans le niveau 142 correspond à *S. robusta* var. *splendida*, telle qu'elle est représentée par GERMAIN; les côtes ont au centre une délimitation confuse, l'aire hyaline présente une arête centrale développée.

Sur la pl. II, fig. 8, nous avons voulu montrer un exemplaire d'une forme qui ne correspond pas tout à fait à *S. robusta splendida*. Plusieurs caractères l'en éloignent, elle est plus courte (130 μ), les côtes ne sont pas incurvées au centre, elles sont plus droites et surtout relativement bien délimitées comme dans l'espèce *S. robusta*, seulement le nombre des côtes beaucoup plus abondant que dans l'espèce *robusta* (25 au lieu de 15) et l'absence d'une arête centrale nette, ne permettent pas de l'attribuer à *S. robusta*.

Surirella sella FRENGUELLI

Pl. II, fig. 7; pl. VIII, fig. 3 à 7

FRENGUELLI, 1936, p. 33

L = 118 μ à 220 μ , l = 54 μ à 129 μ

Valve de grande taille fortement hétéropolaire. L'axe transapical est rectiligne au centre, aux extrémités il est dévié et prend des directions opposées. De nombreux spécimens présentent un début de torsion. Cette espèce est proche de *Surirella lorquata* Pant. et de *S. spiraloïdes* de Schmidt (A. S. Tafel 358). Elle est abondante dans la Formation Calama au Chili. Elle vit actuellement dans les lacs peu profonds du Lipez, dans des eaux sulfatées sodiques.

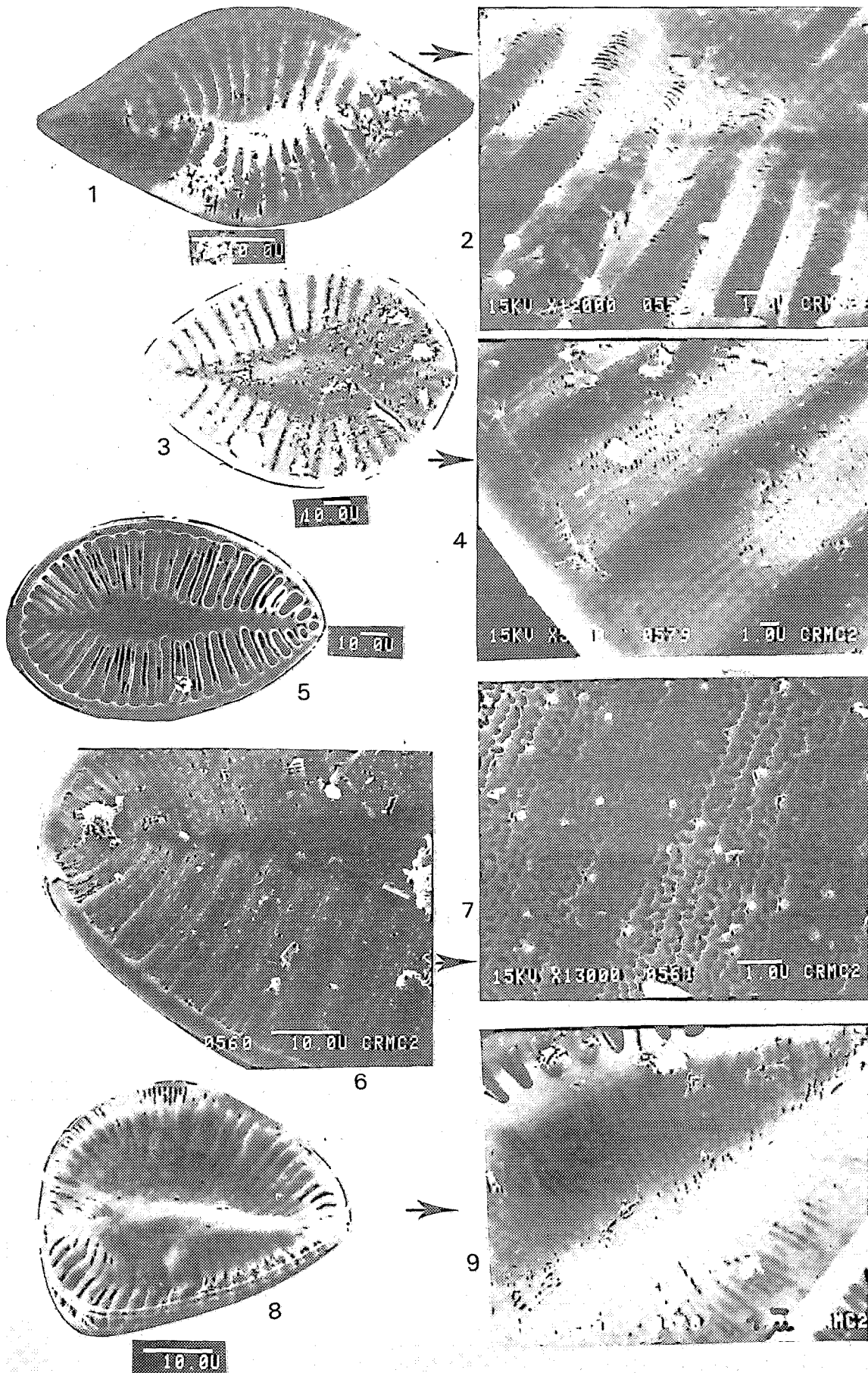


PLANCHE VIII. — 1-2 : *Surirella oregonica* Ehr. 3-4-6-7 : *Surirella sella* Freng. ext. 5 : Vue int. extrémités décentrées par rapport à l'axe transapical. 8-9 : *Surirella ovata* var. *utahensis* Grun. ext.

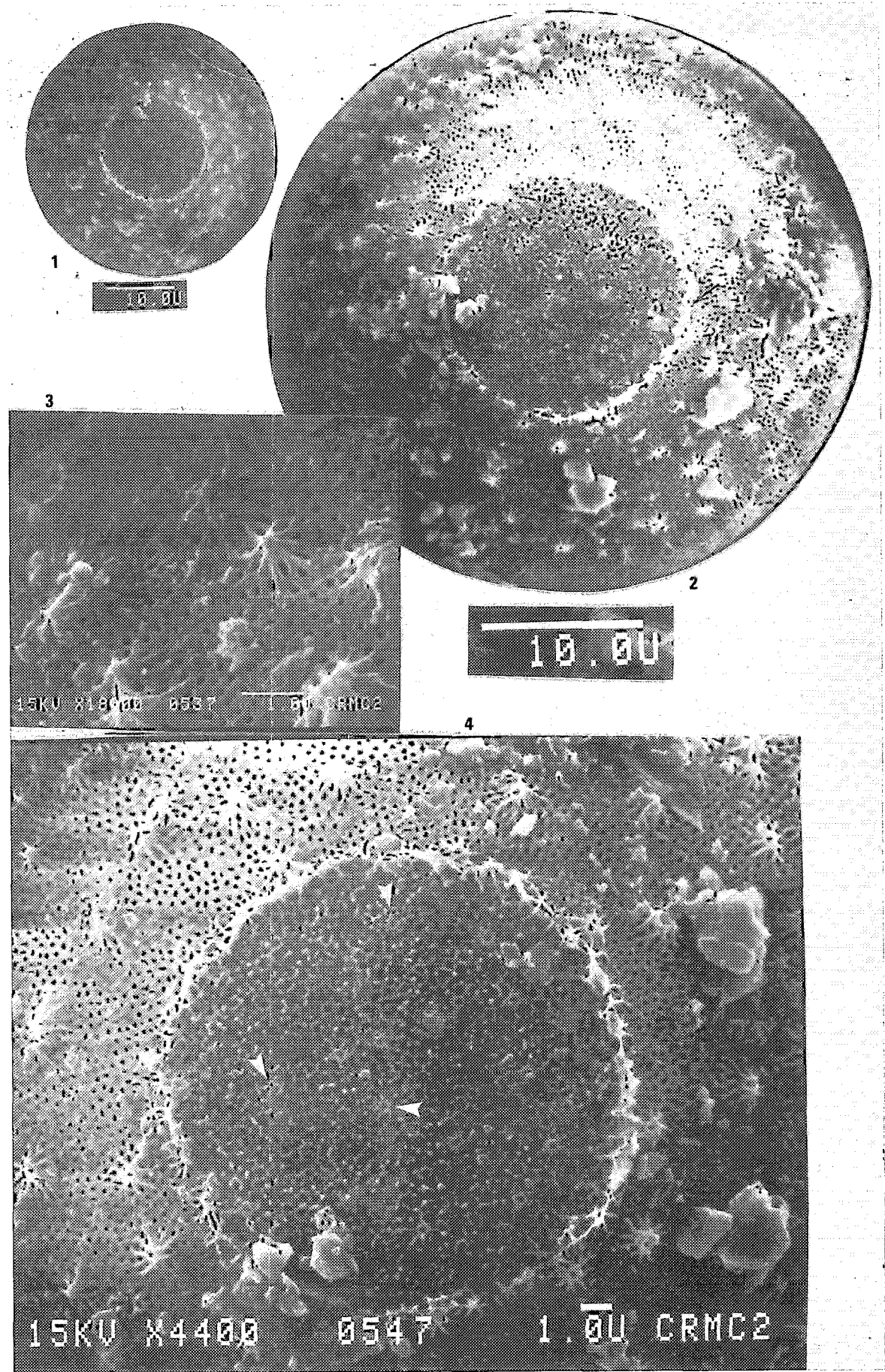
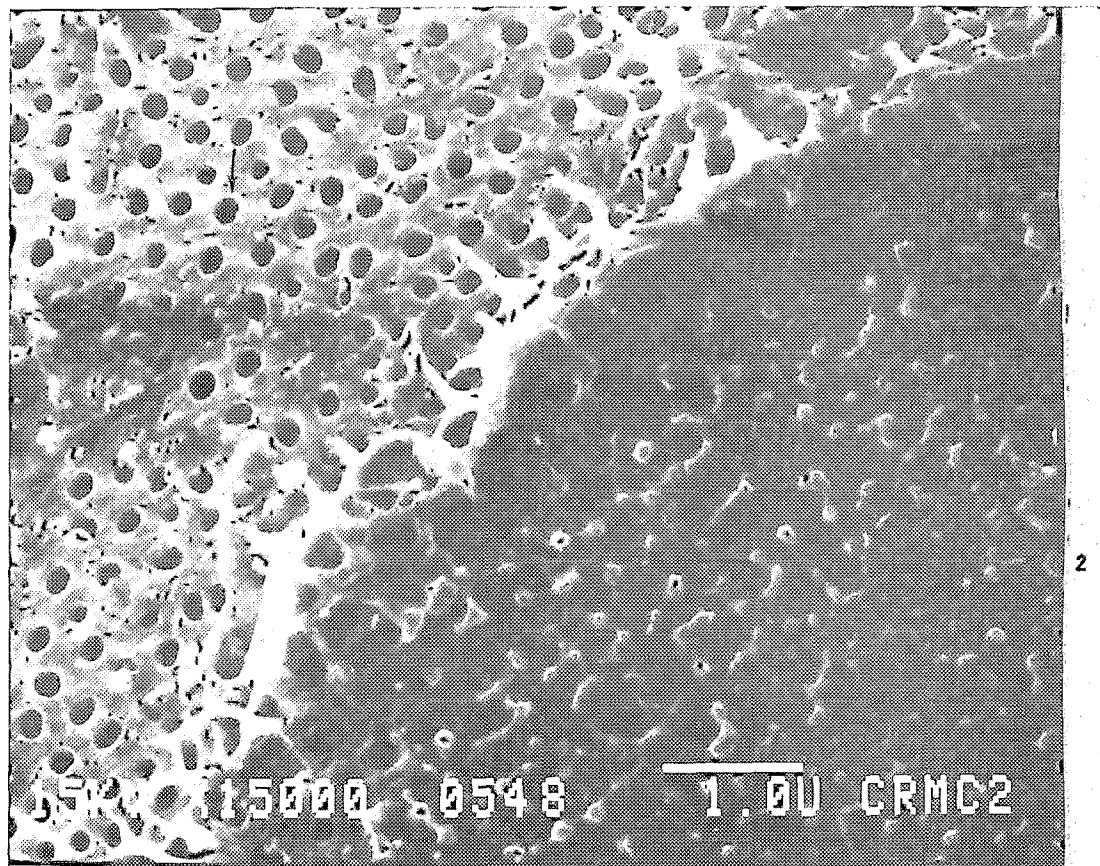
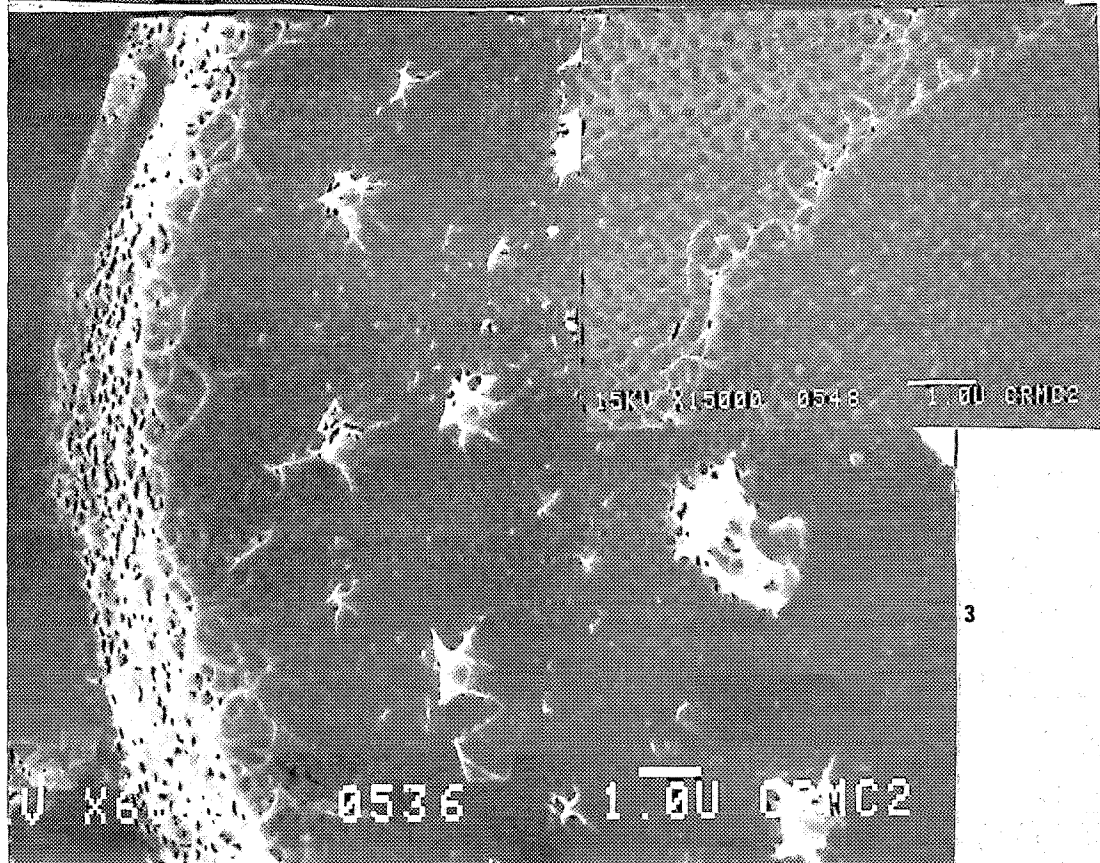


PLANCHE IX. — *Melosira octogona* Schmidt. 1-2-3-4 : Vue valvaire externé. 1-2 : Zone centrale circulaire délimitée par une couronne d'épines anastomosées, pores et rimoportules de petite taille (photo n° 4). Zone intermédiaire présentant des pores plus gros, des épines en forme d'étoile peu nombreuses (photo n° 3), des rimoportules s'ouvrant au sommet de la structure en étoile (photo n° 4)

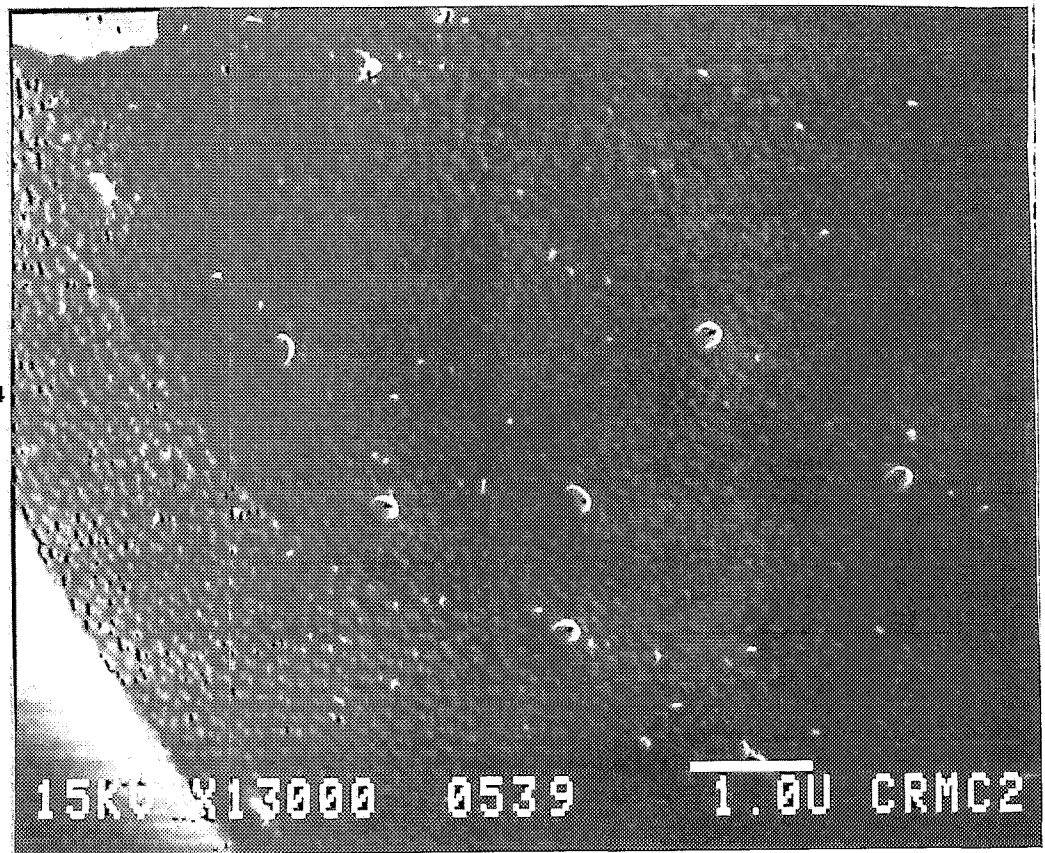
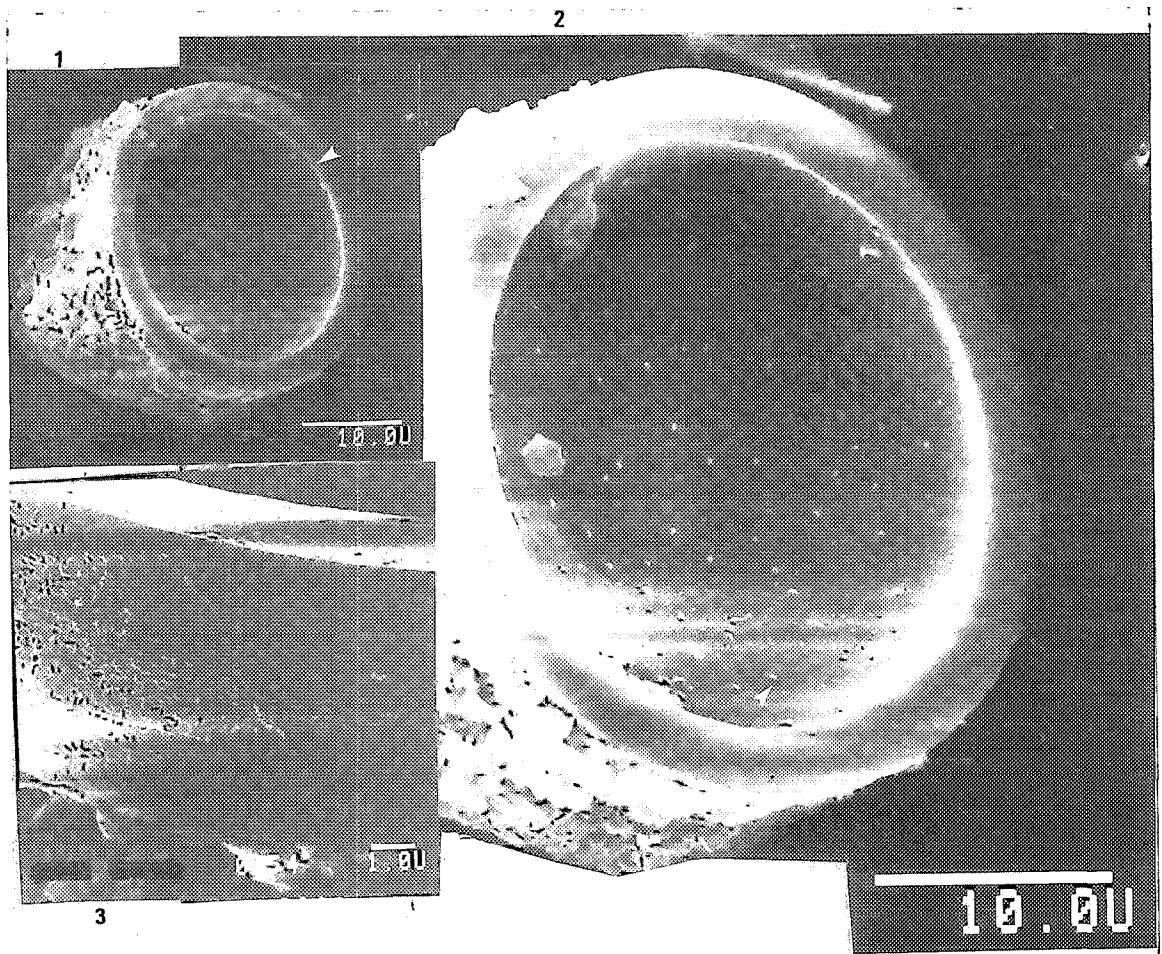


2



3

PLANCHE X. — 1-2 : Dans la partie gauche les pores de la zone intermédiaire sont de forme arrondie, en haut un rimoportule dans la partie centrale, la couronne d'épines anatomosées. En bas à droite, la zone centrale déprimée, les pores sont de petite taille, les rimoportules également, ils sont de forme arrondie (taches plus claires sur la photo). 3 : Détail de la zone intermédiaire, les rimoportules sont proéminents sur le fond plus sombre où l'on distingue les pores — dans la partie gauche, la zone externe correspondant au bord du frustule de direction perpendiculaire à la zone intermédiaire



Synedra radians var. *radians*

PATRICK et REIMER, pl. 1, fig. 18

PATRICK et REIMER, 1966, p. 137, pl. 5, fig. 14

L = 62 μ , l = 2,5 μ , 22 stries en 10 μ

Elle est présente de la base au sommet de la Formation Charaña dans des couches essentiellement sableuses. Ses caractères morphologiques sont remarquablement stables, malgré sa finesse elle est très bien conservée.

Valve linéaire lancéolée, légèrement renflée au centre, à extrémités rostrées. Les stries sont courtes et nombreuses comparées au spécimen décrit par P. et R. (22 stries au lieu de 15 à 18 μ). L'aire hyaline centrale peut parfois s'élargir à la suite de la suppression de quelques stries.

En vue connective elle est de forme quadrangulaire. Ses affinités écologiques sont mal connues ; planctonique dans des eaux alcalines à conductivité élevée pour certains auteurs, elle est épiphyte, oligohalobe et sténotherme d'eau froide pour d'autres. A Charaña, elle caractérise un milieu de sédimentation fluviale, elle est associée à des espèces d'eau douce, courante. Nous ne l'avons malheureusement pas rencontrée dans les différents biotopes actuels qui ont été étudiés en Bolivie.

Synedra sp.

Pl. III, fig. 9-10

HUSTEDT, 1930, p. 151, fig. 158-159

HELMCKE et KRIEGER, Tafel 935

L = 50 μ , l = 4 μ , 8 stries en 10 μ

Valve linéaire lancéolée. Les stries sont constituées par 4 pores disposés en une seule rangée, ces stries laissent un pseudoraphé légèrement élargi. Nous n'observons sur le spécimen de la planche III, ni le processus labié, ni les épines apicales, ni l'ocelle à porelli, cela est dû au mauvais état de conservation de cette espèce.

CONCLUSION

Les variations des associations de diatomées dans la Formation Charaña montrent que le milieu de sédimentation a été contrôlé, dans un contexte en permanence aride et de ce point de vue proche du contexte actuel par trois facteurs principaux : une amélioration progressive du drainage marquée dans la flore de diatomées par une diminution du nombre des espèces d'eau salée par rapport aux espèces d'eau douce, des variations cycliques de la pluviosité, et un refroidissement du climat.

La flore comprend presque exclusivement des espèces de morphologie moderne. Sur le plan stratigraphique, la Formation Charaña présente des analogies avec la Formation Loa, étudiée par FRENGUELLI, 1939 dans la Cuenca de Calama au Chili.

Cet auteur décrit une succession stratigraphique qui présente des similitudes avec celle de Charaña : à la base « une argile lacustre à diatomées euhalobes » (*Surirella sella*, *Melosira spinigera* [Syn. *M. octogona*]?) dans la partie moyenne, « une argile carbonatée à flore d'eau douce ».

Ces dépôts lacustres fins pourraient correspondre aux Unités lithologiques I et II de Charaña. Au sommet une « formation détritique à stratification entrecroisée indiquant un régime de pluie torrentielle » qui pourrait être l'équivalent latéral de l'Unité III de Charaña.

FRENGUELLI, 1936, p. 8, signale que ces dépôts d'abord attribués au Miocène seraient en réalité beaucoup plus récents « una edad, cuaternaria (probablemente del Pleistoceno inferior) parecería deducirse del contenido diatomico, con muy elevado porcentaje de formas actuales », ce qui est également le cas pour la flore de la Formation Charaña.

Manuscrit reçu au Service des Éditions de l'O.R.S.T.O.M.,
le 23 février 1984

PLANCHE XI. — Vue interne. Les pseudoloculi s'ouvrent par des aréoles a rotæ (photos 2 et 4), disposés sans ordre au centre mais s'organisant en lignes radiales au niveau du manteau. Les rimoportules sont également disposés sans ordre, ils s'organisent en anneau (visible sur la photo n° 2 en haut à droite) au bord du manteau. 3 : Manteau ; on distingue trois bandes, les pores sont disposés par rangées distinctes perpendiculaires à l'axe perivalvaire

LISTE PAR ORDRE ALPHABÉTIQUE DES ESPÈCES DÉCRITES

	<i>Planches</i>	<i>Pages</i>
<i>Achnanthes biasoletiana</i> (Kütz) Grunow.....	Pl. IV, 5	89
<i>Achnanthes delicatula</i> (Kütz) Grunow.....	Pl. IV, 1-2	89
<i>Achnanthes speciosa</i> Hustedt.....	{ Pl. I, 19 Pl. V, 4	84 91
<i>Amphora platensis</i> Frenguelli.....	Pl. II, 25	86
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> var. <i>angusta</i> Freng.	{ Pl. II, 16-17 Pl. IV, 11-12	86 89
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> var. <i>navicularis</i> (O. Mull.) Frenguelli.....	Pl. II, 12-13	86
<i>Diploneis</i> sp.	{ Pl. I, 8 à 11 Pl. V, 1 à 3	84 91
<i>Fragilaria leptaustoron</i> var. <i>dubia</i> (Grun.) Hust.	{ Pl. I, 1 à 3 Pl. III, 4 à 8	84 87
<i>Fragilaria pinnata</i> Ehr.	Pl. III, 2	87
<i>Fragilaria leptaustoron</i> (Ehr.) Hust.	{ Pl. II, 22 Pl. III, 3	86 87
<i>Melosira octogona</i> Schmidt.....	{ Pl. IX, X, XI	96, 97 99
<i>Navicula cincta</i> var. <i>heufleri</i> Grun.	Pl. IV, 8	89
<i>Navicula mutica</i> var. <i>nivalis</i> (Ehr.) Hust.	Pl. II, 21	86
<i>Navicula mutica</i> var. <i>binodis</i> Hust.	Pl. II, 20	86
<i>Navicula multicopsis</i> Van Heurek.		
<i>Neidium iridis</i> var. <i>luminosum</i> Brun.	Pl. I, 12	84
<i>Nitzschia alpina</i> Hustedt.....		
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>debilis</i> (Kütz) Grun.		
<i>Rhopalodia operculata</i> (Agardh.) Håkansson.....	Pl. VI, 1 à 10	92
<i>Rhopalodia gibberula</i> var. <i>baltica</i> O. Mull.	Pl. VII, 8-12	93
<i>Rhopalodia</i> sp.	Pl. II, 15	86
<i>Surirella oregonica</i> Ehr.	{ Pl. I, 17 Pl. VIII, 1-2	84 95
<i>Surirella peisonis</i> (Pant.) Hust.	Pl. II, 5-10	86
<i>Surirella ovalis</i> Breb.	Pl. II, 4-9	86
<i>Surirella ovata</i> var. <i>utahensis</i> Grun.	{ Pl. II, 6 Pl. VIII, 8-9	86 95
<i>Surirella robusta</i> var. <i>splendida</i> (Ehr.) Van Heurek.	Pl. II, 8	86
<i>Surirella sella</i> Frenguelli.....	{ Pl. II, 7 Pl. VIII, 3 à 7	86 95
<i>Synedra radians</i> var. <i>radians</i> P. et R.	Pl. I, 18	84
<i>Synedra</i> sp.	Pl. III, 9-10	87

BIBLIOGRAPHIE

- BADAUT (D.), RISACHER (F.), PAQUET (H.), EBERHARDT (J. P.) et WEBER (F.), 1979. — Néoformation des minéraux argileux à partir de frustules de diatomées : le cas des lacs de l'Altiplano bolivien. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 289 D : 1191-1193.
- BALLIVIÁN (O.), BLES (J.), SERVANT (M.), 1978. — El plio-cuaternario de la región de La Paz Andes Orientales Bolivia. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol.*, X (1) : 101-113.
- BALLIVIÁN (O.), RISACHER (F.), 1981. — Los Salares del Altiplano Boliviano. Métodos de estudio y estimación económica. Universidad Mayor de San Andres La Paz Bolivia, O.R.S.T.O.M., Paris.
- BAUDRIMONT (R.), 1978. — Recherches sur les diatomées des eaux continentales de l'Algérie : écologie et paléoécologie *Thèse d'État. Univ. Bordeaux*, n° 415, 274 p. polyc.
- BLANCO CAZAS (M.), 1980. — Evolución plio-cuaternaria de la cuenca de Charaña (Cordillera Occidental, Bolivia), *Tesis de Grado. UMSA*, Departamento de Geociencias La Paz.
- CARPELAN LARS, 1978. — Revision of Kolbe's system der Halobien bases on diatoms of California Lagoons. *Oikos*, 31 : 112-122.
- CLEVE-EULER, 1968. — Die Diatomeen von Schweden und Finnland *J. Cramer 3301 Lehre Band*, 5, t. I à IV, 961 p.
- COX (E.J.), 1979. — Taxonomic studies on the diatom Genus *Navicula* Bory *Bacillaria*, 2 : 137-152.
- CRAWFORD (R. M.), 1977. — The taxonomy and classification of the diatom genus *Melosira* C. Ag. II. *M. moniliformis* (Müll) C. Ag. *Phycologia*, vol. 16 (3) : 277-285.
- EVERDEN (I.), KRIZ (S. Y.), CHERRONI (C.), 1966. — Correlaciones de las Formaciones terciarias de la cuenca altiplánica, a base de edades absolutas determinadas por el método K-Ar, *Serv. Geol. Bol.*, Hoja Inf., n° 1.
- ERICKSEN (G. E.), VINE (J.D.), BALLON (R.), 1978. — Chemical composition and distribution of lithium-rock brines in Salar de Uyuni and nearby salars in Southwestern Bolivia. *Energy*, 3 : 355-363.
- FERNANDEZ (G.), 1980. — Evolución de los lagos cuaternarios del Sud-Lípez (région de Mina Corina) Tesis de Grado. UMSA La Paz Bolivia.
- FOGED (N.), 1964. — Freshwater diatoms from Spitsbergen. Tromsø Museums *Skrifter*, XI : 159.
- FOGED (N.), 1972. — The diatoms in four postglacial deposits in Greenland. *Meddelser orn Gronland*, 194 (4) : 66.
- FOGED (N.), 1974. — Freshwater diatoms in Iceland. *Bibliotheca Phycologica. J. Cramer F.L. 9490 Vaduz*, 118 p.
- FRENGUELLI (Y.), 1934. — Diatomeas del Plioceno superior de las Guayquerías de San Carlos. *Rev. Mus. La Plata*, XXXIV : 349-371.
- FRENGUELLI (Y.), 1936. — Diatomeas de la caliza de la cuenca de Calama en el desierto de Atacama (Chile). *Rev. Mus. de la Plata* 1 (1) : 34.
- FRENGUELLI (Y.), 1939. — Diatomeas del lago Titicaca. *Notas del Museo de la Plata*, IV (24) : 175-196.
- FRENGUELLI (Y.), 1941. — Diatomeas del rio de La Plata. *Rev. Mus. de la Plata*, III, Bot. : 213-334.
- FRENGUELLI (Y.), 1942. — Diatomeas del Neuquen Patagonica. *Rev. Mus. de la Plata*, V, Bot. 73-219.
- FRENGUELLI (Y.), 1945. — Las diatomeas del Platense. *Rev. Mus. La Plata*, III : 77-221.
- FRENGUELLI (Y.), 1958. — Diatomeas y silicoflagelados del Sector Antartico Sudamericano. *Inst. Antartico Argentino*, n° 5 : 155.
- GASSE (F.), 1980. — Les diatomées lacustres plio-pléistocènes du Gadeb (Éthiopie) *Rev. Alg.*, 3, 249 p.
- GERMAIN (H.), 1981. — Flore des Diatomées Diatomophycées. Soc. Nouv. Éditions Bouée. Collection « Faunes et Flores actuelles », Paris, 444 p.
- HÅKANSSON (H.), 1979. — Examination of diatom type material of G. A. Agardh. *Nova Hedwigia*, 64 : 163-168.
- HEIMDAL (B. R.), 1973. — The fine structure of the frustules of *Melosira nummuloides* and *M. arctica* (Bacillariophyceae). *Norw. J. Bot.*, 20 : 139-149.
- HENDEY (N. I.), 1964. — An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part. V : Bacillariophyceae (Diatoms) *London Her Majesty's Stationery office*, 317 p.
- HUSTEDT (F.), 1957. — Die diatomeenflora des Flussystems der Weser in Gebiet der Hamsstadt Bremen. *Abhandl. Herausg. von Natur wiss. Ver. Bremen*, 34 : 181-440.
- HARDIE (L.A.), EUGSTER (H.P.), 1970. — The evolution of closed-basin brines. *Min. Soc. Amer. Spec. Pap.*, 3 : 273-290.
- HOFFSTETTER (R.), MARTINEZ (C.), MUÑOZ-REYES (J.), TOMASI (P.), 1971. — Le gisement d'Ayo-Ayo Bolivie, une succession stratigraphique pliocène-pléistocène datée par des mammifères. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 273 : 2472-2475.
- HUBER-PESTALOZZI (G.), 1942. — Das Phytoplankton des Süßwassers Diatomeen unter Mitwirkung von Dr. F. Hustedt. *Die Binnengewässer*, 16 (2), Teil 2 : 367-549.

- HUSTEDT (F.), 1927. — Fossile Bacillariaceen aus dem Loab-Becken in der Atacama Wüste. Chile, *Archiv. f. Hydrobiologie*, XVIII : 224-251.
- HUSTEDT (F.), 1930. — Die Susswasser-Flora Mitteleuropas Bacillariophyta (Diatomeae), Heft 10. *Reprint 1976 Otto Koeltz Science Publishers*, 466 p.
- JURILJ (A.), 1956. — La phylogénèse spécifique d'un groupe de diatomées. Campylodiscoïdæ et sa cause. *Hydrobiologia*, VIII (1-2) : 15 p.
- KRAMMER (K.), 1980. — Morphologic and taxonomic Investigations of some freshwater species of the diatom genus *Amphora* Ehr. *Bacillaria*, 3 : 197-222.
- KRASSKE (G.), 1938. — Beiträge zur Kenntnis der Diatomeen. Vegetation von Island und Spitzbergen. *Arch. f. Hydrobiol.*, 33 : 503-533.
- LANGE-BERTALOT, 1980. — New species, Combinations and synonyms in the genus *Nitzschia*. *Bacillaria*, 3 : 41-64.
- MALISSEN (M. O.), 1979. — Contribution à l'étude des diatomées benthiques d'écosystèmes lagunaires (Bassin d'Arcachon, France). Systématique, dynamique, adaptation. *Thèse de 3^e cycle*; Bordeaux III, 108 p. polyc.
- MANGUIN (E.), 1964. — Contribution à la connaissance des diatomées des Andes du Pérou. *Mem. Mus. Nat. His. Nat. No. S.*, XII (2) B : 98.
- MERILAINEN (I.), 1967. — The diatom. flora and the hydrogen ion concentration of the water. *Ann. bot. Fenn.*, 4 : 51-58.
- MIRANDA (J.), 1978. — Evolucion de aguas dulces a salmueras en presencia de Boro y Litio para la boratera de Rio Grande. *Rev. boliviana de Quimica*, 2 (1), La Paz.
- MONTES DE OCCA *et al.*, 1963. — Mapa geológico. Hoja Charaña nº 5741. Esc. 1 : 100.000 Geobol., La Paz.
- MULLER (O.), 1899. — Bacillariaceen aus der Natronthälern von El Kab. (Ober-Aegyten) *Hedwigia*, 38 : 274-321.
- PANTOCSEK (J.), 1903-6. — Beiträge zur kenntnis der Fossilen Bacillarien Ungarns, t. I-II-III : I-77, I-123, I-118.
- PATRICK (R.), REIMER (C. W.), 1966. — The diatoms of the United States. *Ac. Nat. Sci. of Philadelphia*, 13 : 688; vol. I.
- PATRICK (R.), REIMER (C. W.), 1975. — The diatoms of the United States. *Ac. Nat. Sci. of Philadelphia*, 13 : 213, vol. II, part. 1.
- RÉHAKOVA (Z.), 1965. — Fossile Diatomeen der Südböhmischen Beckenablagerungen *Rospravy*, 32 : 96.
- RENBERG (I), HELLBERG (T.), 1982. — The pH history of lakes in Southwestern Sweden, as calculated from the subfossil Diatom flora of the sediments. *Ambio II*, 1 : 30-33.
- RISACHER (F.), 1978. — Le cadre géochimique des bassins à évaporites des Andes boliviennes, *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol.*, X (1) : 37-48.
- RISACHER (F.), EUGSTER (H. P.), 1979. — Holocene pisoliths and encrustations associated with spring-fed surface pools, Pastos Grandes, Bolivia. *Sedimentology*, 26 : 253-270.
- RISACHER (F.), MIRANDA (J.), CARLO (L.), 1976. — Litio y potasio en las borateras de Rio Grande. *Informe UMSA-O.R.S.T.O.M.*, La Paz, Bolivia.
- SCHOEMAN (F.R.), 1973. — A systematical and ecological study of the diatom flora of Lesotho with special reference to water quality. *V and R Printers Pretoria*, 1973 : 355.
- SERVANT (M.), 1977. — Le cadre stratigraphique du Plio-Quaternaire de l'Altiplano des Andes tropicales en Bolivie. *Recherches françaises sur le Quaternaire INQUA*, 1977. Suppl. Bull. AFEQ, nº 50.
- SERVANT (M.) et VILLARROEL (R.), 1979. — Ce problème paléoclimatique des Andes boliviennes et de leurs piedmonts amazoniens au quaternaire *C.R. Ac. Sci. Paris*, 228 : 665-668.
- SERVANT-VILDARY (S.), 1978. — Les diatomées des sédiments superficiels d'un lac salé chloruré, sulfaté sodique de l'Altiplano bolivien : le lac Poopo. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol.*, X (1) : 79-90.
- SERVANT-VILDARY (S.), 1978. — Étude des diatomées et paléolimnologie du Bassin tchadien au Cénozoïque supérieur. *Trav. et Doc. O.R.S.T.O.M.*, nº 84, 2 tomes, Paris.
- SERVANT-VILDARY (S.), 1982. — Diatoms from the surface sediments of saline lakes in Bolivia (Ultrastructural morphology, ecological significance) 7th International Symposium on Living and Fossil Diatoms. Philadelphia, 1982.
- SIRVAS (F.), TORRES (E.), 1966. — Consideraciones geológicas de la parte Nor Oeste de la Provincia Pacajes del Departamento de La Paz. *Bol. Inst. Bol. Petrol.*, 6 (1) : 54-64, La Paz.
- SAINT-CLAIR (L. L.), RUSHFORTH (S. R.), ALLEN (J. V.), 1981. — *Diatoms of oregon caves national monument*, Oregon. *Great Basin Naturalist*, 41 (3) : 317-332.
- VILLARROEL (C.), 1978. — Revalidacion y redescrpcion de *Posnanskytherium desaguaderoi* Liendo 1943; Toxodontidae (Notoungulata) del Plioceno superior boliviano. *Revista Serv. Geol. Bol.*, nº 16.
- WORNARDT (W. W.), 1964. — Pleistocene diatoms from Mono and Panamint Lake Basins California. *Oc. Papers California. Ac. of Science*, 46 : 27.