

16

**Les Diatomées actuelles des Andes de Bolivie  
(Taxonomie, écologie)**

CAHIERS DE MICROPALÉONTOLOGIE  
N.S. 1986 - Volume 1 - N°3 et 4  
Éditions du CNRS

Simone SERVANT-VILDARY<sup>(1)</sup>

Manuscrit reçu le 10-1-1986; révisé et accepté le 15-4-1986

Mots-clés : Diatomées, taxonomie, eau douce, Bolivie.

Key words : Diatoms, taxonomy, freshwater, Bolivia.

**Résumé**

Les diatomées qui se développent actuellement dans les milieux d'eau douce de haute altitude ont été inventoriées dans 31 récoltes d'eau ou de plantes aquatiques, effectuées sur la bordure des lacs ou dans des tourbières situées sur le versant ouest de la Cordillère orientale des Andes. Quatre prélèvements proviennent du versant amazonien. L'accent a été mis sur la taxonomie, la répartition et l'abondance des différentes espèces en fonction de la position en altitude des stations.

**Abstract**

Living diatoms from Bolivian Andes (Taxonomy, ecology).

Diatoms in freshwater high altitude environments have been studied. 31 samples taken in shallow lacustrine water and on aquatic plants come from the western slope of the Eastern Cordillera, 4 samples have been taken in the amazonian slope. Taxonomy has been emphasized as well as the distribution and the abundance of the species according to the position in altitude of the stations.

Fonds Documentaire IRD



010021849

(1) ORSTOM-MNHN, 43, rue Buffon, 75005 Paris.

Fonds Documentaire IRD

Cote : B-XZ1849 Ex: *uniqua*

## I – INTRODUCTION

La vallée d'Ichu Kkota est située dans la Cordillère orientale des Andes vers 16°15' de latitude S et 69°30' de longitude W. C'est une vallée encaissée, d'origine glacière, d'environ 20 km de long, située entre 5000 et 4200 m d'altitude. Sa partie élevée est occupée par le glacier Wila Llojeta dont les eaux de fonte alimentent une série de lacs. Le plus élevé, très petit, est situé juste au pied du glacier, vers 4870 m, les autres, plus étendus et plus profonds, sont les lacs de barrage morainiques, d'amont en aval : Jankho Kkota (4680 m), Khotia (4450 m), Khara Kkota (4310 m). Entre ces lacs, sur les pentes, s'observent des tourbières à *Distichia* et *Isoetes*; en aval du lac à 4310 m, la vallée s'élargit, la pente devient moins forte, une immense tourbière s'est installée qui a donné son nom à la vallée.

Les diatomées actuelles des lacs et des tourbières de cette vallée, ainsi que les diatomées fossiles d'un sondage effectué sur les bords du lac Khara Kkota ont déjà fait

l'objet d'une étude (Servant-Vildary 1982), les données obtenues ont ensuite été traitées, les deux méthodes utilisées (analyse factorielle des correspondances, classification hiérarchique), ont permis de comparer les associations actuelles et les associations fossiles (Roux et Servant-Vildary 1984). Les déplacements en altitude, au cours du temps, des associations de diatomées ont ainsi pu être mis en évidence. Ils nous ont permis de déterminer les variations de température dans cette partie des Andes, pendant l'Holocène. Pour préciser les résultats, il est apparu nécessaire d'entreprendre un inventaire plus complet de la flore actuelle : l'échantillonnage, mieux réparti le long de la vallée entre 4900 et 4200 m d'altitude (Fig. 1, Tabl. 1), fournit une image plus complète de la répartition en fonction de l'altitude des associations actuelles et, par conséquent, donne plus de chance de retrouver des associations actuelles comparables aux associations fossiles.

## II – GÉNÉRALITÉS : CARACTÉRISTIQUES DES STATIONS, RÉCOLTES DES ÉCHANTILLONS

Le but de cette étude est de mettre en évidence les effets de la température sur les associations de diatomées. Nous allons analyser les paramètres qui peuvent jouer un rôle sur la distribution des diatomées et montrer comment nous avons opéré au moment de la récolte, pour les rendre négligeables ou constants.

## 1 – La profondeur

La profondeur est un paramètre déterminant. De lui dépend la proportion d'espèces planctoniques par rapport aux espèces littorales, épiphytes ou benthiques. Nous avons éliminé ce paramètre en prélevant tous les échantillons sous moins de 50 cm d'eau, en bordure des lacs, dans des chenaux, des trous d'eau ou sur les plantes enracinées.

La tranche d'eau étant toujours très faible, il était alors normal de trouver essentiellement des diatomées épiphytes ou benthiques, appartenant aux Pennales. Les planctoniques sont rares, mais peuvent être rencontrées, notamment dans les stations situées au débouché ou sur la bordure des grands lacs où elles ont été entraînées par les courants. Sauf ces cas particuliers, les associations sont composées presque exclusivement de Pennales, en majorité des formes de très petite taille, peu siliciifiées. Des formes géantes appartenant aux genres *Pinnularia*, *Cymbella* et *Neidium* ont parfois été rencontrées, sans que leur présence ait pu être expliquée.

## 2 – La végétation aquatique

A faible profondeur, la végétation aquatique ou sub-aquatique est d'une extrême diversité : on trouve des plantes enracinées, mais aussi des algues et des mousses. Il n'était pas possible de faire des prélèvements sur chaque espèce de plante pour déterminer avec exactitude le rôle qu'elle pouvait avoir sur la flore de diatomées. Nous avons donc choisi trois plantes enracinées qui sont les plus fréquentes et les plus faciles à reconnaître sur le terrain, il s'agit des genres *Isoetes*, *Oxychloe* et *Distichia*. Malheureusement, ces trois genres n'ont pas la même répartition géographique, il n'a donc pas été toujours possible d'obtenir, à une même altitude, des échantillons sur ces trois plantes.

Dans la figure 2, nous avons indiqué la répartition de ces trois genres et les prélèvements correspondants. Au-dessous de 4500 m, les échantillons 330 à 347, 365 et 366 ont été effectués seulement sur *Isoetes*; au-dessus de 4800 m, les échantillons 354 à 356 et 364 ont été effectués seulement sur *Distichia*.

En juillet 1985, une troisième série de prélèvements, non étudiée en détail, m'a permis de vérifier que les diatomées prises sur une même plante, à des altitudes différentes, ne sont pas les mêmes. Les échantillons 2D1 et 3D1, qui sont tous les deux des lavages d'*Oxychloe andina*, proviennent de stations respectivement situées à 4720 et 4680 m. Le premier est caractérisé par une flore à *Frustulia* et *Pinnularia* dominants. Le second contient une flore à *Eunotia* et *Pinnularia* dominants. Le support de vie constitue un paramètre secondaire comparé à l'altitude du lieu de vie.



S. SERVANT-VILDARY

ALT #	Ech.	Description des stations	Profic(m)	T°C	pH	ALT #	Ech.	Description des stations	Profic(m)	T°C	pH
4950		TOURBIERE DE PENTE				4430	345	Au débouché aval du lac Khotia sur Isoetes			
	364	Lavage de Distichia	5	2							6,6
4900		GLACIER WILA LLOJETA				4420		PETITE LAGUNE	20	7	
	12	Glace				344		Eau calée sur Isoetes			
	353	Glace				4415		TOURBIERE DE PENTE			
4870		LAGUNE WILA LLOJETA				346		En aval, zone d'écoulement.			
	354	Sédiment pris à la base glacier	40	5	6,3	347		Trou d'eau dans cette tourbière	10	9	
	11	Bord est, sans végétation				4360		TOURBIERE EN AMONT DU LAC KHARA KKOTA			
	102	Bord sud recouvert d'une pellicule de glace	20	7		341		Chenal au milieu de la tourbière sur algues, courant fort	20	6	
4860		TOURBIERE WILA LLOJETA				342		Zones entre les canaux du delta.			
	355	Eau stagnante sur Distichia		6	6	343		Trou d'eau	10		
	356	Sol imprégné d'eau dans une touffe de Distichia		7	6	4330		Tourbière de pente à Composées			
	201	Petits ruisseaux à fond sableux	5			337		Eau courante sur Isoetes		6	
	202	Eau claire, bien oxygénée.		2	6	338		Sol détrempe à Composées	3		
4850		TOURBIERE JANKHO KKOTA				339		Trou d'eau, écoulement presque nul	10	6	
	10	Trou d'eau alimenté par des eaux de ruissellement du versant est.	50			340		Chenal envahi de mousse, écoulement nul		5	
4720		Trou d'eau situé dans la tourbière surface gelée	10	5		4310		LAC KHARA KKOTA			
	358	Eau ruisselante	3	7	5	601		Sur le bord Ouest, à 50 cm du bord	20	8	6,4
	359	Sol humide à Distichia			5	3		Sédiment prélevé à 50 cm du bord est			
	301	Tourbière de pente à Distichia Oxycloe	10	3	6,3	334		Bord ouest sur Isoetes			6,4
	302	Même localisation, sédiment				336		Bord est, en face du 334, sur Isoetes			6,4
4700		Petite tourbière à Distichia surface gelée, enneigée	15		6,3	335		En aval à 30m de la sortie, sur Isoetes			6,4
4680		LAC JANKHO KKOTA				4305		TOURBIERE EN AVAL DU LAC KHARA KKOTA			
	30	Bordure ouest, près d'arrivée d'eau d'une tourbière	30	5	6,3	330		Bordure de la tourbière, bord gelé			2
	350	Zone aval bordure à Isoetes	20		6,3	333		Chenal à courant faible		6	
	9-8	50 cm du bord, sans végétation squatique	20			332		Source			
	351	Sur pied isolé d'Oxycloe et Isoetes.	20		6,3	331		Écoulement de pente faisant suite à la source, surface gelée, sur Composées.			5,8
	352	Même localisation, sédiment.			6,3	4220		TOURBIERE DE FOND, ICHU KKOTA			5,8
		TOURBIERE KHOTIA						échantillons prélevés au bord de la route d'accès à la vallée.			
4670		En aval du lac Jankho Kkota eau stagnante Isoetes envasé	2		6,5	365		Chenal, courant moyen			5,8
4600		Versant Est abrupt et sans végétation				366		Zone sans courant			5,8
	401	Versant ouest avec sources				70		Zone calée (Hydrocotyle, Potamogeton, Chara)	50	13	5,8
	402	sur Elodea, Lillaeopsis, Littorela				4200		Même tourbière un peu plus loin vers la sortie de la vallée, endroit calme.			
4450		LAC KHOTIA									
	4-7	Echantillons pris à 50 cm du bord du lac Khotia, sur Isoetes	20								

Tableau 1 : Liste des prélèvements, position en altitude.  
Table 1 : List of the stations, position in altitude.

### 3 - Le pH

De la base vers le sommet de la vallée, les pH mesurés des eaux lacustres sont de 6,4- 6,6- 6,3- 6,3. Dans ces milieux, le pourcentage des Indifférentes et des Alcaliphiles est élevé. Le pourcentage des Acidophiles augmente de la base vers le sommet. De ce fait, les valeurs des pH calculés par la formule de Renberg (1982) reflètent cette modification, et on observe une diminution des pH calculés de la base vers le sommet qui n'apparaît pas dans la réalité.

Les eaux marécageuses sont plus acides que les eaux lacustres, les pH sont, de la base vers le sommet, 5,8, 5 et 6. Dans ces milieux, et contrairement à ce que l'on pouvait attendre, la quantité des Alcaliphiles est importante. Celles-ci sont même dominantes dans la

plupart des stations, par conséquent les valeurs des pH calculés sont supérieures à celles des pH mesurés (Tableau 2).

Pour le but que nous nous sommes fixés, ces milieux, qu'ils soient lacustres ou marécageux sont acides ou légèrement acides, ce paramètre semble pouvoir être négligé dans la mesure où les pH ne dépassent jamais 7, et qu'ils se situent autour de 6.

### 4 - La température

Les températures des eaux lacustres ont été relevées à plusieurs reprises au cours d'une journée (Fig. 3). Les écarts les plus grands ont été notés dans le lac situé le plus haut dans la vallée, au-dessous du glacier.

DIATOMÉES DE BOLIVIE

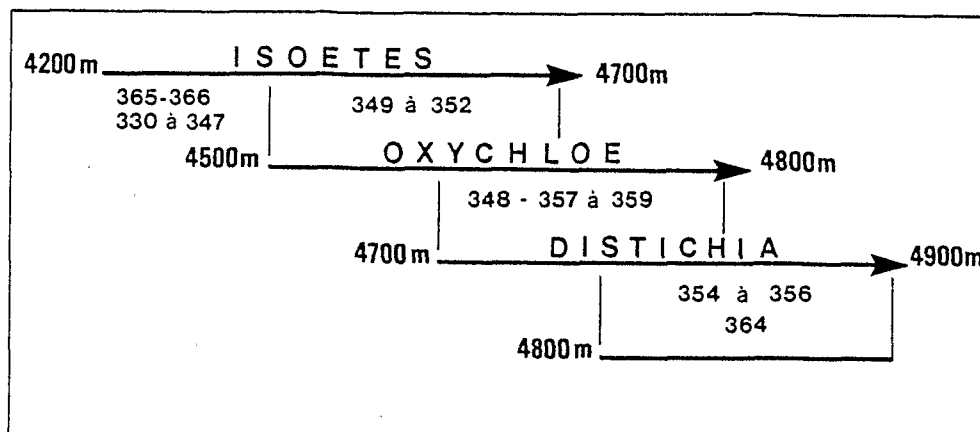


Fig. 2 - Position des prélèvements en relation avec la zonation en altitude d'Isoetes, d'Oxychloe et de Distichia.  
 Fig. 2 - Sample localisation according to the altitudinal zonation of Isoetes, Oxychloe and Distichia.

ECH	ALB	ALF	IND	ACF	ACB	INC	PHC	PHM	ALT(m)	ECH	ALB	ALF	IND	ACF	ACB	INC	PHC	PHM	ALT(m)
*364	0	13,3	5,2	81	0	0	5,6		4950	*337	0	49,7	29,7	8,9	0	11,7	6,7		*
354	0	5,6	40,8	37	0	16,1	6	6,3	4870	*340	0	20,5	47,5	21	0	11	6,3		*
*356	0,7	0,3	3,6	92,5	1	1,9	6,1	6	4860	334	0	41	47	0	0	12	6,8	6,4	4310
*355	0	11,3	69,1	14,1	0	5,5	6,1	6	*	335	0,6	31,9	57,5	0	0	10	6,9	6,4	*
*359	0	21,2	15,2	62	0	1,6	6,1	5	4720	336	0	29,5	60,7	6,8	0	3	6,6	6,4	*
*358	0	18,6	25,7	51,5	0	4,8		5,9	*	*330	0	53,6	19,9	16,1	0	10,4	6,6		4305
*357	0	18,8	30,7	44	0	6,5	5,8		*	*331	0	8,8	69,3	19,7	0	0,8	6,2		*
*348	0	32,8	30,5	31,3	0	5,4	6,3	6,3	4700	*332	0	49,4	31,8	4,2	0	14,6	6,9		*
350	0	25,9	49,1	12,9	1,4	11	6,3	6,3	4680	*333	2,6	59,7	25,3	0,4	0	12	7,4		*
351	0	51,1	22,4	18,6	3,5	4,1	6,3	6,3	*	*365	0	68,7	14,7	8,8	0	7,8	6,9	5,8	4220
352	0	27,4	63,9	4,9	0	3,9	6,6	6,3	*	*366	0	46,5	21,3	23,3	0	6,9	6,5	5,8	*
*349	0	18,8	72,2	4,8	0	4,2	6,5	6,5	4670										
345	3,4	49	39,2	8,4	0	0	6,6	6,6	4430										
*344	0	19	77	4	0	0	6,5		4420										
*346	0	53	31	9,5	0	6,5	6,8		4415										
*347	0	22	50	19	0	9	6,3		*										
*341	0	60	34	2	1	3	6,6		4360										
*342	0	53	11,3	27,7	0	8	6,5		*										
*343	0	62,5	22,7	5,4	0	9,4	6,7		*										
*339	0	40,4	37,6	10	0	12	6,4		4330										
*338	0	38	36,2	14,9	0	11	6,6		*										

Ech: Echantillon, \* correspondent aux tourbières.  
 Alb: Alcalibionte, Alf: Alcaliphile, Ind: Indifférente, Acf: Acidophile,  
 Acb: Acidobionte, Inc: Affinité au pH, inconnue. PHM: pH mesuré, PHC: pH  
 calculé à partir de la formule de Renberg:  
 $pH = 6,40 - 0,85 \log. Index B,$   
 $B = \frac{\% Ind. + 5 \times \% Acf. + 40 \times \% ACB}{\% Ind. + 3,5 \times \% Alf. + 108 \times \% Alb.}$

Tableau 2 : Pourcentages des diatomées appartenant aux différentes classes de pH, comparaisons entre les valeurs mesurées et les valeurs calculées du pH.

Table 2 : Percentages of diatoms in different class of pH, comparisons between measured and inferred pH values.

Cela s'explique par le fait que ce lac est petit et peu profond, il enregistre donc, plus rapidement que les autres, les écarts de température atmosphérique qui étaient particulièrement importants ce jour-là à cause de l'instabilité du temps. Les chutes de neige et de grêle alternaient avec des périodes de fort ensoleillement.

Dans la figure 4, nous avons groupé des températures relevées en 1979, 1980, 1982, 1984 et celles relevées

par une belle journée d'hiver en juillet 1985. Il apparaît une relation linéaire entre l'altitude et la température avec une différence de 6°C entre le bas et le haut de la vallée, le gradient de température de l'eau est d'environ 1°C pour 100 m. D'après des moyennes établies sur des mesures de température atmosphérique, effectuées par le Service National de Météorologie, ce gradient serait de 1,4°C (C. Ostria, communication orale).

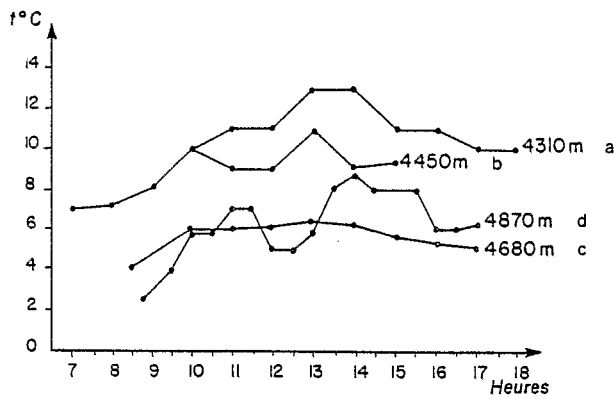
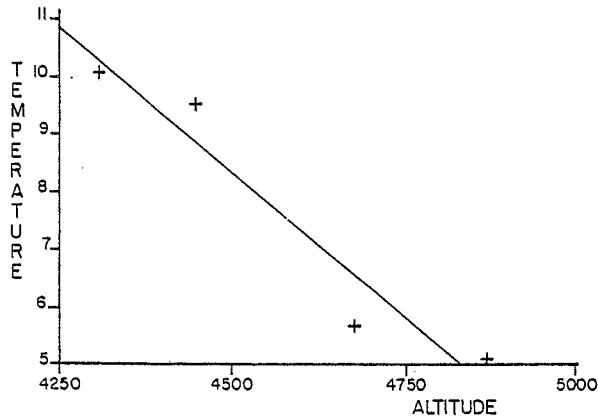


Fig. 3 - Variations de température de l'eau au cours d'une journée (23-10-84).

Fig. 3 - Daily water temperature (23-10-84).  
 a : Lac Khara Kkota; b : Lac Khotia; c : Lac Jankho Kkota;  
 d : Lac Wila Llojeta.



ALTITUDE (m)	TEMPERATURE (moyenne) °C
4310	10,1
4450	9,5
4680	5,7
4870	5,1

$$TEMPERATURE = -0,01 \times ALTITUDE + 53,33$$

$$\approx 53 - \frac{altitude}{100}$$

Fig. 4 - Relation entre altitude et température de l'eau actuellement.  
 Relation between altitude and water temperature.

5 - La flore de diatomées

La flore est très diversifiée, il n'est pas rare de trouver des associations composées de 70 à 80 espèces, mais les prélèvements sont en général caractérisés par un petit nombre d'espèces (5 ou 6) qui constituent plus de 50 % de la flore, toutes les autres se répartissant les 50 % restants.

Les espèces abondantes se rencontrent dans un petit nombre de stations :

Espèces	Nombre de Stations
Achnanthes altaica	4
A. affinis	7
A. microcephala	2
A. saccula	8
Epithemia zebra	4
Eunotia exigua	4
E. naegeli	4
E. trinacria	1
E. veneris	4
Fragilaria pinnata	4
Navicula subrotundata	5
N. subtilissima	8
Nitzschia hantzschiana	8
Synedra amphicephala intermedia	1

Un autre ensemble d'espèces, dont la liste suit, se rencontre en faible quantité, mais dans de nombreuses stations.

Espèces	Nombre de Stations
Achnanthes lanceolata	16
A. minutissima	19
Ceratoneis arcus	11
Cocconeis placentula	11
Cymbella aspera	10
C. cesatii	12
C. cymbiformis	11
C. gracilis	21
C. microcephala	12
Diploneis smithii	10
Fragilaria pinnata	17
F. capucina vaucheriae	15
Frustulia frenguelli	23
F. rhomboides	13
Gomphonema parvulum	20
Navicula lapidosa	12
N. mediocris	15
N. pseudonaumanii	13
N. pseudoscutiformis	23
N. radiosa	13
N. seminulum	12
Pinnularia bogotensis	14
P. borealis	11
P. divergentissima	18
P. lata	10

## III – DESCRIPTION DES TAXONS PRÉSENTANT UN INTÉRÊT PARTICULIER

Dans les tableaux 3 et 4 se trouve la liste de tous les taxons rencontrés avec une indication de leur abondance exprimée en pourcentage par rapport à la flore totale de chaque station.

Dans ce paragraphe, on ne trouvera pas la description de toutes les espèces inventoriées ni celle de quelques espèces illustrées dans les planches photographiques. N'ont fait l'objet d'une description que celles qui nous ont paru présenter un intérêt particulier, soit par leur abondance, soit par leur répartition géographique, soit par leur écologie, soit parce qu'elles ont pu poser des problèmes taxonomiques.

Une ou plusieurs illustrations de référence correspondant le mieux au matériel observé à Ichu Kkota ont été sélectionnées parmi les ouvrages les plus classiques. Dans certains cas, l'illustration de référence correspond au type de l'espèce.

## 1 – Famille des Coscinodiscaceae

Cette famille est représentée par les genres *Melosira* et *Cyclotella*. Le nombre d'espèces et leur fréquence sont faibles, sauf dans quelques échantillons.

*Melosira* Agardh*Melosira italica* (Ehr) Kutzig

Pl. 1, fig. 1,2.

Molder et Tynni 1967, Tafel 1, fig. 11a.

Diamètre 5-10 µm, haut. 6-12 µm, 18-20 stries, 20 pores en 10 µm.

Les cellules sont de petite taille, le test grossier sub-quadrangulaire, les stries légèrement spiralées sont formées de pores nettement visibles, les dents sont épaisses et courtes.

Cette espèce est assez largement répandue mais elle n'est vraiment abondante que dans trois stations (340, 337, 346) : dans les deux premières stations, le courant est fort, l'eau est constamment renouvelée; dans la troisième station, l'eau est calme, le renouvellement est diminué par l'envahissement du chenal par les mousses.

*Melosira distans* (Ehr) Kutzig

Germain 1981, Pl. 3 fig. 11.

Diamètre 15 µm, haut. 6 µm, 14 stries en 10 µm.

Les cellules sont de grande taille, beaucoup plus larges que hautes, les pores sont toujours régulièrement espacés.

Elles sont abondantes dans une tourbière de pente où l'écoulement est très fort et constant, mais aussi dans un trou d'eau de 10 cm de profondeur qui reçoit l'eau de ruissellement par l'intermédiaire d'une petite cascade, cette eau stagne un moment avant d'être évacuée lorsque le niveau maximum de l'eau est atteint.

*Cyclotella* Kutzig

Le genre *Cyclotella* est représenté par deux espèces, *C. stelligera* et *C. pseudostelligera* (rare).

*Cyclotella stelligera* (Cl.) Grunow

Pl. 1, fig. 3-4

Germain 1981, Pl. 8, fig. 18

Diamètre 8-20 µm

On distingue deux groupes séparés par leur taille : les individus de grande taille (20 µm) semblent plus abondants que les individus de petite taille (8 µm), lorsque le pourcentage de *Cyclotella* atteint des valeurs élevées dans une association. Si le pourcentage des *Cyclotella* diminue, la proportion des individus de petite taille augmente.

*C. stelligera* peut atteindre des fréquences élevées dans la zone littorale du lac Khara Kkota. Associée à des espèces d'eau peu profonde appartenant aux genres *Achnanthes* et *Cocconeis*, elle est entraînée du centre vers les bordures par les courants. Il est intéressant de noter que, dans un sondage effectué au centre de ce même lac, *C. stelligera* est particulièrement abondante dans la partie supérieure du sondage, ce qui laisse présumer que depuis 3 000 ans BP, le niveau du lac s'est peu modifié (J.F. Pierre, en préparation).

## 2 – Famille des Fragilariaceae

*Diatoma* de Candolle*Diatoma hiemale* var. *mesodon* (Ehr) Grunow

Pl. 1, fig. 6

Germain 1981, Pl. 15, fig. 1

Long. 17 µm, larg. 8 µm, 4 côtes et 25 stries en 10 µm.

Cette espèce est rare. Dans un trou d'eau à 4 360 m d'altitude (éch. 343), elle constitue seulement 3 % de la flore. Elle était par contre largement représentée à l'Holocène récent (vers 3 000 ans BP) où elle a pu constituer 25 % de la flore dans la partie supérieure du sondage effectué sur la bordure du lac Khara Kkota (Servant-Vildary 1982). On remarque, d'autre part, qu'au cours de l'Holocène, sa fréquence est contraire à celle de *C. stelligera*.

*Meridion* Agardh*Meridion circulare* var. *constricta* (Ralfs) Van Heurck

Pl. 1, fig. 7 à 12

Long. 16,5-21 µm, larg. 5-6 µm, 16 stries, 5 côtes, 70 auréoles en 10 µm.

Cette espèce présente une grande diversité morphologique qui va de la forme isopolaire (Molder et Tynni 1969, Pl. III, fig. 41e) à la forme hétéropolaire (*l.c.*, Pl. III, fig. 41f). La forme la plus abondante est hétéropolaire, courte, à apex arrondi (Pl. 1, fig. 8).

Cette espèce est peu abondante dans les quatre stations où elle a été trouvée.

*Fragilaria* Lyngbye

Le genre *Fragilaria* a une importance majeure dans les associations, sa fréquence totale peut dépasser 45 % et il est présent dans toutes les stations.

nom de l'espèce	366	365	333	332	331	330	336	335	334	340	339	338	337	343	342	341	347	346	344	345	349	352	351	350	348	359	358	357	356	355	354	364			
<i>Diatoma hiemale mesodon</i>													3													0.4									
<i>D. vulgare</i>															0.3									1								4.1			
<i>Diploneis ovalis</i>																		2.1																	
<i>D. smithii</i>	2.1	1.5		2.2		0.8			0.6								4.9		1.7	0.3			0.2								0.3				
<i>Epithemia argus</i>									1.8																										
<i>E. zebra</i>				17.2		0.3		1.2							0.2																				
<i>Eunotia diodon</i>											0.8	0.9				0.3														1	0.7				
<i>E. exigua</i>																	0.8	0.3								6			45						
<i>E. naegeli</i>									0.3																21.4	3.2						0.5			
<i>E. pectinalis</i>									0.4				1.8													6.8	0.8		3.4			1.7			
<i>E. tridentula</i>									4.4	1.2		1.4			1	0.8							0.2	2.4		12.4	0.8	0.5	0.7	0.7		37			
<i>E. trinacria</i>																																10.1			
<i>E. Meisteri</i>									1.4														0.3												
<i>E. valida</i>				0.5							1.2	0.9														4	0.8								
<i>E. veneris</i>									1.4														13.6					0.2		0.7					
<i>Fragilaria brevistriata</i>	10.8	2.5		10.9		2.6	3.5	0.8	1.2	1.8					.1															0.3					
<i>F. capucina</i>	1.3	1.8								8.8																8.4	2.5	1.3		0.8		1			
<i>F. capucina vaucheriae</i>	1									1.1	6.4	1.8	5.1	5.3	1.8	2							0.3	1.6	14.6	0.3	0.9		3.3		7.8				
<i>F. capucina undulata</i>											1.8	0.4	1.1																						
<i>F. construens</i>				0.5	2.4		3.9	4.4	6.1				1.8	3.5	1.8	3			5.2							46						0.9			
<i>F. crotonensis oregona</i>															0.6	22.4			1.7																
<i>F. crotonensis</i>																																			
<i>F. elliptica</i>	2.8	4		0.8						5.5	24.6	26.1	32.4	2.9		.1										1.3									
<i>F. famelica</i>				1.7		0.8																				4.9	5.9		0.8	0.5	0.6	1.1			
<i>F. leptaustron dubia</i>	5.4	11.2						5																						0.5					
<i>F. pinnata</i>	15.2	28.4	5.7	2.7	2			6.7			1.4	0.9	2.3	1.1	1		3	3.6									0.8		1						
<i>F. pinnata lancettula</i>				14.9			26.8		5.5																										
<i>Frustulia Frenquelli</i>	1	0.3		0.5	5.4		0.4			1.4	0.8	0.9	4.6	0.5				0.3								1		0.8	4	7.2	0.3	0.3	.1	0.5	
<i>F. rhomboides saxonica</i>	0.3	0.3								5.1		0.8														0.2	0.4	2.8	2.6	4.6	0.3	4.7	3	4.1	
<i>F. vulgaris</i>	0.7	0.9								1.4	0.4	0.4	0.4																					2.7	
<i>G. constrictum</i>				0.6				.1																											
<i>G. gracile</i>							.1					0.9	0.4																						
<i>G. helveticum</i>				0.4																															
<i>G. intricatum pumila</i>				0.3			2.1	5								0.3									0.2	3.8							0.4		
<i>G. intricatum vibrio</i>				0.3					0.6		1.6																								
<i>G. lanceolatum</i>				0.7	2.1																													6	
<i>G. longiceps</i>				0.3					0.6																										
<i>G. olivaceum</i>								1.3																											
<i>G. parvulus</i>				1.5	0.5	0.6	0.4		0.6						0.4	0.5																			
<i>G. parvulus micropus</i>	0.3						1.3			0.7	2.8	0.9	0.4	2.7	0.3		4																		



nom de l'espèce	366	365	333	332	331	330	336	335	334	340	339	338	337	343	342	341	347	346	344	345	349	352	351	350	348	359	358	357	356	355	354	364			
<i>Hantzschia amphioxys</i>				0.6							0.4																								
<i>Melosira distans</i>																		3.3							6	29.4	15.4								
<i>M. italica</i>					0.6	0.7				27.5	3.2		11.1			4		37						1.3	4.2		4	5.4	1.4						
<i>Meridion circulare constricta</i>										1.8	0.8		0.3											0.3											
<i>Navicula aboensis</i>	0.3					0.3		0.6																											
<i>N. accomoda</i>																																		5.7	
<i>N. amaenaeformis</i>											2	0.4	1.4				5.4								0.4										
<i>N. cari</i>				1									0.4																						
<i>N. cincta heufleri</i>											1.6	0.9	1.1				0.4	0.3																	
<i>N. cohnii</i>						0.4		0.6									2.8																	0.9	
<i>N. cuspidata</i>					0.5	0.7											0.4																		
<i>N. digitulus</i>						.1																												1.9	
<i>N. fennica</i>	0.3	0.2		0.5		1.1																		0.6											
<i>N. gracilis</i>													1.4																						
<i>N. Jagii</i>						.1																				1.5									
<i>N. lanceolata</i>																								0.6	2.1										
<i>N. lapidosa</i>	0.3	0.3				0.4			0.3	0.6	0.8	0.4	0.5			0.4									1.4	0.2	2.8								
<i>N. mediocris</i>	1.4			2.2	6.8			0.3	1.4	2.8	6.7	0.4	5.1			1.2									3.6	2.3	1	0.3					3.3		
<i>N. medioconvexa</i>													0.5																						
<i>N. minuscula</i>	2.1	1.5		1.6					0.3	0.9	1.8	2.3													0.4						0.7				
<i>N. mutica</i>			0.4					0.4					0.5	.1																			0.5		
<i>N. muticopsis producta</i>		0.3				.1																													
<i>N. pelliculosa</i>					3.1	1.2						0.4												0.6											
<i>N. gallica</i>																											1.4	6.7							
<i>N. pseudoarvensis</i>									1.4																										
<i>N. pseudolanceolata</i>						0.4		0.6			2.4	0.4																							
<i>N. pseudonaumannii</i>			0.8						0.3	0.4		0.3	0.5	0.5											0.3	3.2	0.4	1.2	1.7	1.5			0.9		
<i>N. pseudoscutiformis</i>		2.1	7		2	1.3		0.6	2.5	14	22.4	12.1	5.3	3.3	1										1.3	0.9	8.9	22.4	6.3		2.3		14.5		
<i>N. pupula</i>			0.4										0.5			2	0.9																		
<i>N. radiosa</i>	2.8	0.6			0.4	1.3	.1	1.8			0.4					2.4	4.5								0.3	0.3		0.7							
<i>N. rhynchocephala</i>	0.7		0.4			0.4																			3.5	0.3									
<i>N. rhynchocephala elongata</i>		4																																	
<i>N. seminuloides</i>	2.3		3		0.3	1.3		1.2	0.7						0.3																			0.9	
<i>N. seminulum</i>						1.3		4	2.8	0.1	0.9														1									0.3	
<i>N. seminulum intermedia</i>						9.4		0.6																											
<i>N. seminulum radiosa</i>	0.3		0.4	4.4	1.2												0.4																		
<i>N. subrotundata</i>	1		2.4			13.3																												0.7	7.6
<i>N. subdeliberata</i>				3.3				0.4										0.6																0.3	
<i>N. subtilissima</i>					1.2					0.4	0.4													1.4										0.9	2.9
<i>N. minima</i>				0.5		0.5									1.4													1.7							
<i>N. utermohli</i>	0.3																																		
<i>N. wittrocki</i>																	0.4							0.5											
<i>Neidium affine</i>																		0.3																	
<i>N. bisulcatum</i>				0.5												2		0.3	0.3		0.3		0.4		1.4										

nom de l'espèce	366	365	333	332	331	330	336	335	334	340	339	338	337	343	342	341	347	346	344	345	349	352	351	350	348	359	358	357	356	355	354	364				
<i>Nitzschia acidoclinata</i>	9.4	1.2								2.2	1.2	2.3	0.4	.1	.1		0.4	0.9		0.3	0.3		2	5.6	3.3		0.5									
<i>N. angusteforaminata</i>	0.3				0.6	5	0.8	3.7	1.8		0.3	3.6																								
<i>N. amphibia</i>		0.3				0.4			.1				.1				0.8	0.3		0.3				0.3		.1										
<i>N. bryophila</i>			2.1			.1	0.4			1.6			.1	2.2					3.5	0.3																
<i>N. denticula</i>								0.6							.1				3.4																	
<i>N. dissipata</i>								0.6																												
<i>N. frustulum</i>	0.3																						0.8				0.4	0.2								
<i>N. gracilis</i>	0.7					0.4	.1			4.4		1	.1						3.5		.1	0.4		14	8.5	1.2	0.2	2.5		6.8	34.2					
<i>N. hantzschiana</i>	1.4	1.8								0.3	.1	.1	.1		.1																		10			
<i>N. aff. hantzschiana</i>	5.4	1																																		
<i>N. hollerupensis</i>								0.6		3.3	3.6	1.8	1.8	0.5										1.7		1.6	.1	2.8								
<i>N. interaedia</i>										0.3					.1																			14.3		
<i>N. palea</i>			0.8	1.6		0.4	1.8			0.3												.1										0.4				
<i>N. palea debilis</i>										.1	.1	.1		29.8		1						2.3		0.5	1.4		0.3									
<i>N. perminuta</i>				.1		.1				0.3			.1	.1																						
<i>N. pseudoamphibia</i>										0.3	.1							0.3	.1					0.3		.1	.1	.1								
<i>N. pseudofonticola</i>		0.3				1				1.2	.1																						7			
<i>N. pumila</i>										3.3							6.2						0.8													
<i>N. recta</i>		0.9				.1	0.4	1.8	.1	0.3			0.4	.1	.1			.1	1.7	0.6	.1	.1		0.9			0.5	1.8	.1	0.3	8.4	1.7				
<i>N. aff. romana</i>						.1	0.4		.1				.1																							
<i>N. rosenstockii</i>						1	0.6	0.6													0.3															
<i>N. valdestrata</i>		0.3			0.5	1.5																						.1								
<i>Opephora marthii</i>			2.6						3																											
<i>O. sp.</i>							3.9								5.1																					
<i>Pinnularia acrospheria linearis</i>																									0.4											
<i>P. acuminata interrupta</i>																							0.3			0.2										
<i>P. aperta</i>					1.2																															
<i>P. appendiculata</i>							.1		.1	.1	.1	.1	.1		.1									0.6										0.5		
<i>P. bogotensis</i>			0.8			.1				0.3			0.9				3.7	0.6	1		0.3		0.5	2.8		0.4	2	1.7	0.3							
<i>P. borealis</i>			0.4														4.1	0.9					4.3		1.4	0.4	0.3	1.3	0.3			3.6				
<i>P. braunii aaphicephala</i>																																		0.4		
<i>P. brevicostata</i>										0.3	.1	.1												0.4			.1		0.4							
<i>P. divergens</i>	0.3									0.3	.1	1					0.2						0.9										.1			
<i>P. divergentissima</i>		0.6				0.4				0.3	1.2	1.4	0.9	1.7		1	4.5	0.3	1.7	.1			0.2		0.4	0.8	0.8	0.7					0.5			
<i>P. gibba</i>	0.3		.1		.1					1.5				0.5			4.1	1				0.4		.1	3						0.7		0.5			
<i>P. intermedia</i>	0.3													0.5														0.5								
<i>P. lata</i>		1.5	0.4		1.2	0.8				1.7	0.4	0.4	0.9		.1													0.3								
<i>P. lata rostrata</i>						0.6																														
<i>P. leptosomoides</i>	0.2												.1	0.5																						
<i>P. microstauron</i>	1		.1		2.7	0.4	0.4			0.3	1.6	0.4	0.4	0.5	.1		8.2	.1	.1		.1	0.4	1.5	0.9	3.9	1.6	0.2	1		0.4		0.5		0.5		
<i>P. microstauron brebissonii</i>														0.5			0.5																			
<i>P. m. brebissonii minutissima</i>															.1		3.7						0.2	0.7	0.4		0.5									
<i>P. pulchra</i>					0.4																								0.2	0.2						
<i>P. subcapitata paucistriata</i>										0.3		1.8	0.4	.1										0.3	0.4		1.4		0.3							
<i>P. leptosoma</i>										0.3	2	.1											0.2													
<i>P. viridis</i>										.1	.1		.1				1.6	4.2	1.7				0.2	0.3	1.4	1.6	0.5	0.5				0.7				

nom de l'espèce	366	365	333	332	331	330	336	335	334	340	339	338	337	343	342	341	347	346	344	345	349	352	351	350	348	359	358	357	356	355	354	364
<i>Surirella biseriata</i>				.1																					.1							0.4
<i>S. delicatissima</i>									0.7															0.5	0.9	0.4	0.3	0.5				0.5
<i>S. islandica</i>																	0.8									0.8	0.3					
<i>S. linearis</i>																					0.3	0.4					0.3	1.5		0.7		
<i>S. ovata apiculata</i>									0.6					0.5											.1							
<i>Stauroneis anceps</i>											1.8						1.2	0.3	1.7					0.5	1.7	2.8	0.5					
<i>S. Borrichii</i>	0.3	0.3																														
<i>S. laenbergiana</i>					2.2																											
<i>S. phoenicenteron</i>																	0.3								0.8		0.7		0.3		0.5	
<i>Synedra acus</i>							1.3																0.2	0.6							0.3	
<i>S. amphicephala intermedia</i>																										10.4						
<i>S. rumpens fragilarioides</i>																								10			0.3					
<i>S. ulna</i>	2.8	7.8	0.8											1.1	0.6			0.6														
<i>S. ulna andina</i>					.1		.1	.1						.1											9.6	6.7	.1					

Tableau 3 : Liste alphabétique des diatomées rencontrées dans les stations situées sur le versant ouest de la Cordillère.  
 Table 3 : Alphabetical list of diatoms from the Western slope of the Cordillera.

DIATOMÉES DE BOLIVIE

Espèces	361	362	363	360	Espèces	361	362	363	360	
Achnanthes affinis		1.9			Melosira aebigua	1.4		1.2		
A. altaica				0.8	M. distans	0.7	2.7			
A. austriaca	0.2			5	M. italica	0.2			8	
A. microcephala	9.4	5	0.9	0.5	Navicula amansaeformis				1.4	
A. minutissima	22	6			N. jagi				2	
A. pseudoswasi			3.1		N. mediocris	0.2	0.6			
A. saccula	3				N. mutica binodis	0.4				
A. subatomoides	4	4.7		10.	N. perpusilla			0.4		
Anomoeoneis seriatis brachysira	1.5	0.3		17	N. pseudoscutiformis	2.3				
A. vitrea	0.2	1.5		2.9	N. seminuloides	0.7				
Caratoneis arcus				0.3	N. scutelloides	3.5	4		10	
Cyclotella stelligera				1.2	N. subrotundata			0.3		
Cymbella gracilis	1.4	2.5		0.3	N. subtilissima	1.6		1.2	0.2	
C. hauckii				0.4	0.3	Nedidium iridis			0.4	0.6
C. aarnieri	0.2			3.6	1.4	Nitzschia acidoclinata			0.3	
C. cesiana					4.5	N. bacata				0.4
C. microcephala	0.2					N. fonticola			0.3	
C. minuta				0.8		N. gracilis	0.5			0.3
C. norvegica				0.3		N. hantzschiana	0.2			
C. perpusilla				0.4		N. hollerupensis	0.2			
Diatoma hiemale aesodon	0.5	2		0.8		N. interaedia	0.4			
Eunotia arcus				5.2	0.8	N. palea debilis	1	1.1		0.2
E. diodon	0.9	0.3				N. palea tenuirostris	0.5		0.4	
E. exigua				12.4		N. parvina	0.4			0.8
E. lunaris				3.2	4.2	N. recta	0.2			
E. pectinalis	1.1			16	1.1	Pinnularia acuminata				0.3
E. peruviana					0.3	P. bogotensis	0.2			0.6
E. praerupta				3		P. borealis	0.2			
E. tridentula	6	5.1	3.2	4.5		P. divergens			0.8	
E. valida				1.2		P. divergentissima	0.2		2.4	
Fragilaria capucina	16.7	48		1.6		P. gibba	0.2		1.6	0.3
F. exigua	0.9	0.3				P. interaedia				0.4
Scaphoneis gracilis	0.2					P. lata				0.4
G. lanceolata	4.6	3.5				P. microstauron			0.3	28.4
G. longicaps subclavata				0.6		P. subcapitata subianceolata	0.2			
G. parvulus	2			0.6		Stauroneis anceps			0.3	1.2
Frustulia Frenquelli	0.2					S. anceps gracilis				0.8
F. rhoaboides saxonica	0.4	0.3	2.8	2.8		Surirella delicatissima			2.4	0.3
F. vulgaris	0.2			2		Synedra rumpens	1.4	0.6		
Meridion circulare constricta	0.9			1.4		Tabellaria flocculosa				7

Tableau 4 : Liste alphabétique des diatomées rencontrées dans les stations situées sur le versant amazonien.

Table 4 : Alphabetical list of diatoms from the amazonian slope of the Cordillera.

Pour la détermination des *Fragilaria*, je me suis essentiellement appuyée sur le travail de Lange-Bertalot (1980). N'étant pas en mesure de prendre parti pour ou contre la séparation des genres *Synedra* et *Fragilaria*, j'ai choisi une solution relativement simple, qui consistait à placer dans le genre *Synedra* les spécimens qui se présentaient à l'état isolé; et dans le genre *Fragilaria* ceux qui se présentaient en colonie.

De manière générale, ce critère ne se trouve pas en contradiction avec les synonymies proposées par Lange-Bertalot (*l.c.*), sauf dans deux cas : il s'agit de deux variétés nouvelles de Manguin (1964) : *Synedra amphicephala* var. *intermedia* et *Synedra ulna* var. *andina* que Lange-Bertalot rapporte à *Fragilaria capucina* et *Fragilaria ulna*.

Nous avons cependant préféré conserver les noms donnés par Manguin, non seulement parce que ces deux variétés se présentent toujours à l'état isolé, mais aussi parce que leur lieu de vie est très comparable au Pérou

et en Bolivie. Elles sont abondantes dans des marais à *Distichia* vers 4 800 m d'altitude dans les deux régions.

*Fragilaria exigua* (Grun) Lange-Bertalot

Pl. 1, fig. 13

Long. 13 µm, larg. 3,2 µm, 18 stries en 10 µm

Van Heurck 1881, Pl. 44, fig. 2-3.

Valve linéaire, apex subcapité, pseudoraphé très étroit et contrairement à *F. bicapitata* très légèrement désaxé par rapport à l'axe transapical. Les stries sont parallèles au centre, légèrement radiales aux extrémités, irrégulièrement espacées, mais seulement d'un côté du pseudoraphé.

Cette espèce est proche de *F. virescens* var. *subsaligna* (Stabell 1981), mais en diffère par la position du pseudoraphé et ses extrémités capitées. Cette espèce a été déterminée par Lange-Bertalot (comm. pers.).

Elle constitue 0,3 % de la flore dans un prélèvement situé à 4 870 m d'altitude.

*Fragilaria capucina* Desmazières

Pl. 2, fig. 17 à 20.

J'ai regroupé dans cette espèce tous les spécimens qui présentent une forme linéaire-lancéolée.

Parmi ceux-ci, un groupe comprend des espèces proches de *F. vaucheriae*, illustrée par Frenguelli (1942, lam. X, fig. 11-13). Les stries sont serrées (17 en 10 µm), elles présentent un épaississement siliceux au niveau de l'area centrale. Elles sont identiques aux formes illustrées par Lange-Bertalot (1980, Pl. V, fig. 107 à 110).

Le deuxième groupe comprend les spécimens de forme linéaire avec des stries plus espacées (10-12 en 10 µm), similaires aux spécimens illustrés par Lange-Bertalot (*l.c.*, Pl. V, fig. 114-118), et rappellent *F. intermedia* illustrée par Frenguelli (*l.c.*, lam. X, fig. 10), et que Lange-Bertalot considère comme synonyme de *F. capucina*.

*Fragilaria capucina* var. *vaucheriae* Lange-Bertalot

Pl. 1, fig. 14-16

Lange-Bertalot 1980, Tafel 1, fig. 26-27, Tafel 4, fig. 92-94-102.

Long. 17 µm, larg. 7 µm, 14-15 stries, 60 aréoles en 10 µm.

Nous avons regroupé dans cette variété toutes les formes qui présentent un renflement médian très accentué et une interruption des stries sur un côté. Les formes de petite taille, particulièrement bombées, sont très proches de *Synedra vaucheriae* var. *undulata* Mayer décrite par Frenguelli (1942, Lam. X, fig. 14-16) et les formes allongées moins bombées au centre sont très proches de *Fragilaria patagonica* (Cl.) De Toni décrite par Frenguelli (*l.c.* p. 98, Lam. X, fig. 17-18).

Les spécimens d'Ichu Kkota présentent des stries formées d'une rangée de pores ovales et des dents au nombre de 1 à 3, courtes, situées au niveau des stries. Les pores à mucus sont visibles sur la Pl. 1, fig. 15.

*Fragilaria elliptica* Schuman

Pl. 2, fig. 21-26

Haworth 1975, fig. 14-21

Long. 9 à 13 µm, larg. 4-5 µm, 12-16 stries, 50 aréoles en 10 µm.

La forme, elliptique, à extrémités légèrement atténuées, est constante. Les stries sont parallèles au centre et légèrement divergentes aux extrémités. L'aire axiale, étroite aux extrémités, s'élargit au centre, dans les grandes formes; elle reste linéaire dans les petites formes. Les stries sont formées d'une rangée de pores sub-ovales qui se prolongent sur le manteau. Les épines sont simples et s'enracinent entre les stries. Les pores à mucus sont au nombre de 5-6, disposés sur une seule rangée. Cette espèce se présente en longues chaînes.

D'abord rapportées à *F. virescens* var. *oblongella*, ces formes ont été attribuées à *F. elliptica* après de longues hésitations, pour les raisons suivantes : l'élargissement central du pseudoraphé plus accentué; le nombre de stries plus faible, qui ne dépasse jamais 16; le nombre de pores (50 au lieu de 60) et la forme elliptique. Tous ces caractères l'éloignent de *F. virescens* qui dans l'ensemble présente une structure plus fine et une forme linéaire.

Lange-Bertalot (comm. orale) pense qu'il s'agit de *F. construens* mais des différences existent dans le nombre et la disposition des pores à mucus, et dans le nombre de pores plus faibles (50 au lieu de 80 pour *F. construens*).

Dans les sites étudiés, la répartition de *F. elliptica* est différente de celle de *F. construens* et j'ai tenu, pour cette raison, à conserver une distinction entre les deux. Cette espèce est très abondante dans les stations situées à 4 330 m d'altitude.

*Fragilaria* aff. *brevistriata* Grunow

Pl. 3, fig. 31 à 34 et 36

Long. 8-17 µm, larg. 2-7 µm, 12-14 stries en 10 µm.

Cette espèce est caractérisée par des stries espacées, formées de gros pores arrondis (1-2 en 1µm). Les stries centrales sont composées de 2-3 pores, les stries apicales d'un seul. L'aire axiale a une forme lancéolée mais beaucoup plus étroite que celle de *F. brevistriata*. Les pores se discernent clairement en microscopie optique.

Cette forme est très proche de *F. pseudoconstruens* décrite par Marciniak (1982 : 63), par la structure des stries. La forme du test rappelle celle de *F. brevistriata* var. *inflata* (Pantocsek) Hustedt (Hustedt 1930, fig. 152).

*Fragilaria pinnata* Ehrenberg

Pl. 2, fig. 30; Pl. 3, fig. 31a; Pl. 8, fig. 147.

Le spécimen représenté fig. 147 est ovale, mais la forme arrondie est plus fréquente. Les stries centrales sont un peu écartées, les épines (1 à 3), bien visibles en microscopie optique, sont insérées entre les stries.

Les spécimens du type de celui représenté fig. 31a sont abondants, ceux des types représentés fig. 30 et 147 sont très rares.

*Fragilaria socia* Wallace

Pl. 2, fig. 28

Long. 29,8 µm, larg. 3,6 µm, 18 stries en 10 µm.

La valve est linéaire-lancéolée, les apex rostrés, atténués, l'aire axiale étroite, la valve se resserre au niveau des premières stries centrales et s'élargit au niveau de l'aire hyaline centrale, qui présente un épaississement prononcé. Les stries sont parallèles, la première strie centrale est plus courte que les autres, les pores sont invisibles en microscopie optique.

Elle est proche de *S. rumpens* var. *robusta* Manguin (Manguin 1964, Pl. IV, fig. 11) et de *S. rumpens* var. *familiaris* (Kütz) Hustedt.

Un seul exemplaire de cette espèce a été rencontré dans la station 355.

*Synedra* Ehrenberg*Synedra ulna* var. *andina* Manguin

Pl. 14, fig. 258

Manguin 1964, Pl. V, fig. 1

Long. 110 µm, larg. 6µm, 12 stries en 10 µm.

Les diatomées rapportées à cette variété sont tout à fait semblables à celles figurées par Manguin (1964). La valve est linéaire. L'aire centrale hyaline est ressermée et beaucoup plus longue que large. Les extrémités fines

(1 µm de large) sont capitées, dépourvues de stries. Le processus labié se voit très bien en microscopie optique. Ces formes se présentent toujours en cellules isolées.

Cette espèce est caractéristique des stations 349 et 352, situées à 4 680 m d'altitude.

### 3 - Famille des Eunotiaceae

#### *Eunotia* Ehrenberg

Contrairement à ce que l'on aurait pu attendre pour ces milieux d'eau douce, oligotrophes, à pH acide, bien oxygénés, les *Eunotia* ne sont ni abondants, ni très variés. Ils apparaissent à partir de 4 330 m d'altitude, mais ce n'est qu'à partir de 4 680 m qu'ils peuvent devenir relativement abondants. Ils constituent par exemple 22 % de la flore dans l'échantillon 34B (4 700 m), 359 (12,4 %) 356 (45 %) 364 (37 %). Sur le versant amazonien, ils apparaissent dès 4 500 m, leur fréquence augmente à partir de 4 790 m.

#### *Eunotia peruviana* Manguin

Pl. 3, fig. 37

Manguin 1964, Pl. IV, fig. 2 a-e

Long. 50 µm, larg. 5 µm, 11 stries en 10 µm.

De grande taille, la valve est peu arquée, le bord ventral légèrement concave, le bord dorsal présente 5 ondulations. Les extrémités sont tronquées, le raphé est situé sur les bords apicaux. Les stries sont formées de tirets fins, irrégulièrement espacés, les stries terminales sont droites.

Manguin signale cette espèce dans un marais à *Plantago rigida* à 4 400 m d'altitude et dans des marais à *Distichia muscoides* à 3 800 et 4 300 m d'altitude. A Ichu Kkota, elle n'a été trouvée que dans la station 360, située sur le versant amazonien, à 4 500 m d'altitude.

#### *Eunotia meisterii* Hustedt

Pl. 3, fig. 38

Manguin 1964, Pl. V, fig. 8

Long. 16 µm, larg. 5,6 µm, 15 stries en 10 µm.

Le bord ventral est presque rectiligne. Le bord dorsal très convexe, les extrémités resserrées sont largement arrondies. Les stries, espacées, sont finement ponctuées. Le raphé court est situé sur le bord ventral, très près des apex.

Cette espèce est très rare, elle n'a été trouvée que dans deux stations où elle constitue à peine 1 % de la flore.

#### *Eunotia exigua* (de Brebisson) Grunow

Pl. 3, fig. 39

Germain 1981, Pl. 31, fig. 10

Long. 28 µm, larg. 2,8 µm, 21 stries en 10 µm.

Les nombreux spécimens observés ont une morphologie et une taille très homogènes. Les bords dorsaux et ventraux sont parallèles, les apex arrondis sont dirigés vers le bord dorsal.

Parmi les *Eunotia*, *E. exigua* est la seule espèce à atteindre un pourcentage supérieur à 40 % (45 % dans la station 356 située à 4 870 m d'altitude). Les diatomées

ont été récupérées en lavant un pied de *Distichia* qui se développait sur un sol humide.

#### *Eunotia veneris* (Kütz.) O. Muller

Pl. 3, fig. 40

Germain 1981, Pl. 31, fig. 18

Long. 28,4 µm, larg. 5,6 µm, 18 stries en 10 µm.

Le bord ventral est rectiligne, le bord dorsal légèrement et régulièrement incurvé jusqu'aux extrémités. Le raphé est situé sur le bord ventral, loin des apex qui sont aigus.

Avec *Achnanthes minutissima*, *E. veneris* constitue, avec 14 % de la flore, l'espèce dominante de la station 351, située à 4 680 m d'altitude. C'est un trou d'eau de 40 cm de profondeur, presque complètement envahi d'*Isoetes* et de *Distichia*.

#### *Eunotia veneris* var. *tenuirostris* Manguin

Pl. 3, fig. 41

Manguin 1964, Pl. 5, fig. 15

Long. 31 µm, larg. 2,8 µm, 18 stries en 10 µm.

Cette variété a une forme presque rectiligne. Le bord dorsal est un peu arqué au centre et droit aux extrémités, les stries sont droites.

Quelques spécimens seulement ont été trouvés dans la station 361, située à 4 790 m d'altitude, sur le versant amazonien.

#### *Eunotia tridentula* Ehrenberg

Pl. 3, fig. 42 à 44

Long. 18 µm, larg. 4,8 µm, 21 stries en 10 µm.

La valve est peu arquée, caractérisée par trois ondulations dorsales bien marquées et deux petites du côté ventral qui sont dues à un épaississement siliceux interne de la bordure ventrale.

Cette espèce me semble pouvoir être considérée comme synonyme de *E. polydentula* var. *complanata* (Manguin 1964, Pl. IV, fig. 13) que cet auteur signale dans des marais à *Distichia*, situés à 3 800 et 4 300 m d'altitude. Ce serait «une espèce crénophile, vivant préférentiellement dans des eaux à pH moyen jusqu'à légèrement acide».

Cette espèce constitue 37 % de la flore dans l'échantillon 364 qui provient d'une tourbière de pente à *Distichia* située à 4 900 m d'altitude, près du glacier.

#### *Eunotia naegelii* Migula

Pl. 3, fig. 45

Patrick et Reimer 1966, Pl. 10, fig. 6

Long. 72 µm, larg. 3,3 µm, 16 stries en 10 µm.

Les frustules de grande taille présentent une courbure faible et les stries sont droites.

Les spécimens les plus grands rappellent *E. alpina*, mais leur largeur, égale ou supérieure à 3 µm, leur donne un aspect plus grossier que ceux attribués à *Eunotia alpina*, dont la largeur est comprise entre 1,5 et 2,5 µm. Les frustules de plus petite taille (40 µm et moins) ont une courbure légèrement plus accentuée, des extrémités un peu diminuées, et un nombre de stries plus faible (variant entre 12 et 14 en 10 µm). Ces formes sont proches d'*Eunotia fallax*.

Cette espèce constitue 21 % de la flore de la station 348, petite tourbière à *Distichia*, dont la surface était gelée au moment du prélèvement.

#### 4 - Famille des Achnantheaceae

##### *Achnanthes* Bory

Ce genre est le plus abondant, le plus varié et le plus généralement représenté depuis le bas jusqu'en haut de la vallée. Il peut constituer plus de 50 % de la flore (63 % dans l'échantillon 344).

##### *Achnanthes affinis* Grunow

Pl. 5, fig. 79-81

Hustedt 1930, fig. 282

Long. 7-18  $\mu\text{m}$ , larg. 2-3  $\mu\text{m}$ , 28-30 stries, 70 aréoles en 10  $\mu\text{m}$ .

De petite taille, les frustules sont linéaires-lancéolés avec des extrémités sub-rostrées. L'hypovalve est caractérisée par une interruption des stries au centre. Celles-ci, très fines, sont formées de pores arrondis, identiques sur toute la longueur du test.

Cette espèce est abondante à 4 360 et 4 700 m d'altitude. Les deux prélèvements se ressemblent car ils proviennent d'endroits très calmes dans les tourbières, mais à 4 360 m, il s'agit d'une tourbière à *Isoetes* et à 4 700 m, d'une tourbière à *Distichia* où l'eau était complètement gelée. Dans le premier cas, *A. affinis* est associée à *A. saccula*, dans le deuxième cas, elle est associée à *Eunotia naegeli*.

##### *Achnanthes microcephala* Kutzing

Pl. 5, fig. 82-86

Hustedt 1930, fig. 273

Long. 16-29  $\mu\text{m}$ , larg. 1,8-2,5  $\mu\text{m}$ , 30-35 stries, 25-30 aréoles en 10  $\mu\text{m}$ .

Les frustules ont une forme allongée étroite. L'hypovalve présente une interruption des stries au centre mais ce caractère n'est pas constant. Au MEB, la structure des stries apparaît très particulière : près du bord, les pores sont étroits et allongés; près du raphé, ils sont parfaitement arrondis. Vers les extrémités, il y a individualisation d'une aire ornementée par de gros pores arrondis.

Cette espèce a été trouvée dans un seul échantillon, le 345, où elle constitue 40 % de la flore. Il s'agit d'un chenal situé au débouché du Lac Khotia dans lequel le courant est très fort. Elle est associée à *A. minutissima* (38 %). Ces deux *Achnanthes* constituent l'essentiel de la flore de cette station.

##### *Achnanthes minutissima* Kutzing

Pl. 5, fig. 88-89

Hustedt 1930, fig. 274

Long. 10-11  $\mu\text{m}$ , larg. 2,5  $\mu\text{m}$ , 30-40 stries, 40 aréoles en 10  $\mu\text{m}$ .

Cette espèce se distingue de la précédente par ses dimensions plus petites et sa forme lancéolée, régulière. Au MEB, l'épivalve présente des stries radiaires, qui s'interrompent d'un côté du raphé. De l'autre côté du

raphé, une strie centrale se trouve un peu plus écartée des autres. Ce caractère s'observe en microscopie optique. Il y a une différenciation des pores comme dans le cas d'*Achnanthes microcephala* : les pores situés près du bord sont allongés; ceux situés près du raphé sont arrondis.

Cette différenciation apparaît encore plus nettement dans la figure 45a de Schoeman et Ashton, 1982. Il semble alors logique d'admettre, avec Lange-Bertalot et Ruppel (1980), qu'*Achnanthes minutissima* et *A. microcephala* sont synonymes.

Je les ai cependant séparées dans les comptages, car leur répartition dans les différentes stations étudiées n'est pas la même. *A. minutissima* est beaucoup plus abondante depuis la base jusqu'au sommet de la vallée qu'*A. microcephala* qui a une répartition plus localisée. La première constitue l'essentiel de la flore des stations 336, 335, 334, la deuxième se trouve exclusivement dans la station 345.

##### *Achnanthes altaica* (Poretzky) Cleve-Euler

Pl. 4, fig. 53-54

Ross et Sims 1978, fig. 5-6

Long. 10-14  $\mu\text{m}$ , larg. 4,4  $\mu\text{m}$ , 24 stries en 10  $\mu\text{m}$ .

Le raphé présente une courbure prononcée, qui résulte de la concavité de l'ensemble de l'hypovalve. Les fissures terminales sont dirigées du même côté.

L'épivalve (Pl. 5, fig. 53) diffère du spécimen illustré par Ross et Sims par le fait que l'aire centrale n'est pas lancéolée mais sub-quadrangulaire, et que l'aire hyaline longitudinale est étroite.

Cette espèce est peu abondante, elle ne se trouve que dans trois stations, situées à 4 700 m d'altitude.

##### *Achnanthes pseudoswazi* Carter

Pl. 4, fig. 55-60

Carter 1981, Pl. 2, fig. 2

Long. 10-14  $\mu\text{m}$ , larg. 4,4  $\mu\text{m}$ , 24 stries en 10  $\mu\text{m}$ .

Cette espèce présente une grande variabilité morphologique : la forme est lancéolée ou linéaire-lancéolée, les extrémités sont arrondies ou sub-rostrées. L'aire hyaline est étroite sur l'hypo et l'épivalve. L'aire centrale est formée parfois par l'interruption d'une seule strie, parfois seulement par un espacement plus grand des 2 ou 3 stries centrales et ceci sur les deux valves.

Très proche d'*Achnanthes minutissima*, elle s'en distingue par son aspect plus grossier, sa forme nettement renflée et un nombre de stries inférieur à 25 en 10  $\mu\text{m}$ . Mais il ne s'agit peut-être que d'une variation morphologique locale.

##### *Achnanthes saccula* Carter

Pl. 4, fig. 49-52

Carter 1981, Pl. 24, fig. 6

Long. 8  $\mu\text{m}$ , larg. 4  $\mu\text{m}$ , 22 stries en 10  $\mu\text{m}$ .

Sa forme ovale, à extrémités largement arrondies, est constante. L'aire hyaline longitudinale est étroite, elle s'élargit légèrement au niveau des nodules centraux. L'aire centrale, réduite, est liée au raccourcissement d'une seule strie, nettement séparée des autres.

Les stries sont radiaires. Au MEB, les pores sont recouverts par un velum sur la face interne.

Cette espèce constitue 26 % de la flore dans la station 342, dans une zone calme de la tourbière.

*Achnanthes subatomoides* Lange-Bertalot

Pl. 4, fig. 61-63, Pl. 5, fig. 78

Long. 10 µm, larg. 4 µm.

Sa forme ovale, à extrémités arrondies, est identique à celle de *A. saccula*, de même que sa taille. Mais cette espèce est parfaitement identifiable grâce à la structure des stries qui sont très fines et finement ponctuées. Avec une certaine mise au point, un quadrillage apparaît qui laisse supposer une très grande complexité de l'ultrastructure des pores. L'aire centrale forme un pseudostaurus délimité par 3 ou 4 stries courtes, beaucoup plus espacées que les autres. Sur l'épivalve, l'helictoglossae apparaît nettement.

Cette espèce est particulièrement intéressante car elle n'atteint des pourcentages élevés que dans les stations situées sur le versant amazonien de la vallée d'Ichu Kkota, dans une tourbière située à 4 500 m dans un endroit calme.

Cette espèce a été déterminée par Lange-Bertalot (comm. pers.).

*Achnanthes* sp.

Pl. 4, fig. 64-65

Long. 29-30 µm, 5-6,5 µm, 24-26 stries en 10 µm.

D'abord attribuée à *Stauroneis subtilis* Manguin en raison de la présence d'un raphé court qui ne s'étend que près des nodules centraux, la découverte d'individus complets, possédant les deux valves, a permis de conclure qu'il s'agit en réalité du genre *Achnanthes* car l'une des valves ne possède pas de raphé.

Cette forme est étrange car les stries de l'épivalve ne se prolongent pas jusqu'au bord du test, et n'atteignent pas les extrémités.

Nous n'avons trouvé que quelques frustules, souvent fragmentés, dans trois stations.

### 5 - Famille des Naviculaceae

Les Naviculaceae sont présentes dans toutes les stations; *Pinnularia*, *Navicula* et *Frustulia* sont les genres les plus abondants. Il est intéressant de signaler l'absence totale des genres *Mastoglia* et *Gyrosigma*. *Neidium* et *Diploneis* sont très rares; *Anomoeoneis* a une répartition restreinte, il se développe surtout dans les stations situées sur le versant amazonien.

*Frustulia* Agardh

Trois espèces sont représentées qui sont, par ordre d'abondance décroissante, *F. rhomboides* var. *saxonica*, *F. frenguelli*, *F. vulgaris*. *F. rhomboides* var. *saxonica* (Pl. 6, fig. 94) et *F. vulgaris* ne seront pas décrites ici, car elles ne posent pas de problèmes particuliers.

*Frustulia frenguelli* Manguin

Pl. 6, fig. 90-93

Manguin 1964, Pl. 10, fig. 1

Long. 70-80 µm, larg. 17-20 µm

Cette espèce se distingue de *F. rhomboides* par la forme de l'épaississement siliceux interne qui longe le raphé sur toute sa longueur. Au niveau des nodules apicaux, il est arrondi. L'helictoglossae est inclus dans ce bourrelet (fig. 92), contrairement à ce qui se passe pour *F. rhomboides*. Cela donne aux extrémités, en optique, une apparence facilement reconnaissable. Au MEB, en vue externe, les stries, extrêmement fines (40 en 10 µm) apparaissent composées de petites aréoles légèrement étirées (40 en 10 µm).

Les fissures centrales et apicales du raphé se terminent par un croissant transversal, semblable à ce que l'on observe dans *Navicula tubulosa* Brun (Hustedt 1962, p. 301, fig. 1420).

Il est possible que *F. frenguelli* ne soit qu'une variation locale de *F. rhomboides*.

L'abondance maximale de cette espèce se situe dans la station 357 située à 4 720 m d'altitude, avec seulement 7 % de la flore. Au Pérou, elle est abondante vers 4 800 m d'altitude.

*Anomoeoneis* Pfitzer

*Anomoeoneis vitrea* (Grun) Ross

Pl. 6, fig. 97-101

Schoeman et Ashton 1982, fig. 46, 48, 66, 78.

Long. 21-39 µm, larg. 4 µm, 30-34 stries, 20 alvéoles en 10 µm.

Les deux formes, lancéolées (Pl. 6, fig. 97) et capitées (Pl. 6, fig. 99), existent mais seule la forme capitée a pu être observée au MEB. Les stries radiaires sont formées de 1 à 3 chambres allongées (alvéoles), séparées par de petites barres parallèles au raphé, visibles extérieurement (fig. 100) et intérieurement (fig. 98). Ces barres représentent les lignes longitudinales ondulées bien visibles en microscopie optique. Entre les stries, les côtes transapicales portent des protubérances externes. Le raphé s'ouvre extérieurement au fond d'un canal délimité par deux crêtes hyalines axiales. Une crête marginale, située entre la face valvaire et le manteau, contourne entièrement la valve. Elle s'élargit au niveau des extrémités. Le manteau est percé d'une rangée d'alvéoles, les côtes portent des protubérances.

*Anomoeoneis serians* (de Breb.) Cleve

Pl. 6, fig. 104

Germain 1981, Pl. 62, fig. 1

Long. 60 µm, larg. 13 µm, 20 stries, 10 aréoles en 10 µm.

*Anomoeoneis serians* var. *brachysira* (de Breb) Cleve

Pl. 6, fig. 102-103

Germain 1981, Pl. 62, fig. 2

Long. 16-20 µm, larg. 5-7 µm, 24-26 stries en 10 µm.

*Anomoeoneis serians* est une espèce de grande taille, lancéolée, à aire axiale large et aire centrale arrondie.

La variété *brachysira* (fig. 102-103) est proche de *A. vitrea* mais en diffère par un nombre beaucoup moins élevé de stries, 26 au lieu de 30-34. Elle est également



proche de *A. styriaca*, mais en diffère par le rapprochement net des nodules centraux.

### *Gomphonema*

Contrairement à ce que l'on pourrait attendre dans ces milieux peu profonds, envahis de végétaux aquatiques, favorables à la fixation des diatomées pédonculées, le genre *Gomphonema* est mal représenté. Les trois espèces les plus abondantes : *G. angustatum*, *G. intricatum*, *G. parvulum* sont des espèces libres, capables de mouvement.

#### *Gomphonema parvulum* (Kütz) Grunow

Pl. 12, fig. 194-198

Dawson 1972, fig. 8-12

Long. 12-25 µm, larg. 5-6 µm, 12-16 stries en 10 µm.

Cette espèce est caractérisée par une asymétrie très peu marquée et des extrémités légèrement rostrées. Les stries sont parallèles, l'aire centrale unilatérale, formée par le raccourcissement d'une ou de deux stries, opposées au stigma; ce dernier est peu détaché de la strie. Le raphé est ondulant. La fig. 198 correspond à un exemplaire érodé.

Cette espèce a été trouvée dans presque toutes les stations, en faible quantité.

### *Navicula*

36 espèces de *Navicula* ont été dénombrées, mais à part *N. pseudoscutiformis*, elles constituent rarement plus de 5 % de la flore.

#### *Navicula pseudonaumanii* Manguin

Pl. 7, fig. 111

Manguin 1964, Pl. XI, fig. 16

Long. 11 µm, larg. 4,5 µm, 24 stries en 10 µm.

Cette petite espèce, lancéolée, souvent subrostrée est, malgré sa taille, très facilement observable. Les stries sont toutes de la même longueur et laissent au centre une aire centrale lancéolée, bien délimitée par un repli siliceux. Cet espace hyalin correspond à un amincissement de la valve par rapport à la zone marginale occupée par les stries. Le raphé est droit, il est bordé par un épaississement transapical longitudinal qui ne se resserre pas entre les nodules centraux.

Cette espèce diffère de *N. subadnata* Hust. (Hustedt 1962, fig. 1354, cité par Bateman et Rushforth 1984) par le fait que, l'aire hyaline se prolongeant très au-delà des nodules centraux, les stries sont de la même longueur au centre et aux extrémités, ce qui n'est pas le cas pour *N. subadnata*. Elle est également très proche de *N. naumanii* Hust. (Hustedt 1961, fig. 1243), mais sa forme plus renflée et l'absence de resserrement de la côte médiane au niveau des nodules centraux l'en distingue.

Elle est peu abondante, mais elle présente une large répartition, entre 4 870 et 4 305 m d'altitude.

#### *Navicula jaagii* Meister

Pl. 7, fig. 112

Hustedt 1961, fig. 1222

Long. 25 µm, larg. 5 µm, 32 stries en 10 µm.

La valve est elliptique-linéaire, les extrémités capitées-rostrées. Le raphé droit est situé dans un sillon bordé par un épaississement longitudinal transapical. Les fissures apicales sont longues et dirigées dans le même sens. Les stries sont très fines, radiaires, à peine visibles en microscopie optique. L'aire centrale sub-circulaire est délimitée par des stries courtes, d'inégale longueur, plus espacées qu'aux extrémités.

Cette espèce a été déterminée par Lange-Bertalot (comm. pers.).

Quelques spécimens seulement ont été rencontrés, mais il est possible que des exemplaires de forme plus allongée aient été confondus, au moment des comptages, avec *N. subtilissima*.

#### *Navicula subtilissima* Cleve

Pl. 7, fig. 113-114

Hustedt 1961, fig. 1236

La valve est linéaire, étroite, les bords sub-parallèles, les extrémités plus ou moins capitées. Les stries sont difficilement observables en microscopie optique, sauf au centre où elles sont plus écartées. Au MEB, elles apparaissent fortement radiaires et changent brutalement de direction aux 2/3 de la longueur de la valve, pour converger vers les nodules apicaux. Le raphé est rectiligne, les fissures terminales sont droites, l'helicoglossae est développé et se voit même en microscopie optique.

Elle est abondante dans la station 356 (sol humide à *Distichia*, 4 870 m d'altitude), où elle constitue, avec *Eunotia exigua*, 96 % de la flore.

#### *Navicula* cf. *rauhii* Manguin

Pl. 7, fig. 115

Manguin 1964, Pl. XII, fig. 4.

Cette espèce appartient au groupe des *N. subtilissima*. De grande taille, les frustules sont linéaires, à bords parallèles. Les stries, très fines, radiaires, espacées au centre, sont divergentes aux extrémités. La forme des fissures terminales du raphé, «longuement et largement recourbées latéralement», est très différente de celles de *N. subtilissima*. On distingue la présence d'une ligne hyaline longitudinale parallèle à la marge valvaire mais il n'y a pas de flexion du raphé près des nodules centraux.

Elle n'a été trouvée que dans la station 360, située à 4 500 m d'altitude, sur le versant amazonien.

#### *Navicula seminulum* Grunow

Pl. 7, fig. 116-118-119

Long. 7-12 µm, larg. 4 µm, 24 stries, 50 aréoles en 10 µm.

Même les plus petites formes sont identifiables grâce à la netteté des stries, et à la présence constante d'une aire hyaline centrale sub-quadrangulaire n'atteignant pas le bord du test. Au MEB, les stries sont formées de deux rangées de pores arrondis; ceux situés près du raphé semblent plus gros. Le raphé est droit, les fissures terminales courbées dans la même direction.

L'espèce et les variétés *radiosa* et *intermedia* ont été trouvées à peu près dans toutes les stations, mais en faible quantité.

*Navicula seminuloides* Hustedt

Pl. 7, fig. 121

Hustedt 1961, fig. 1369

Okuno 1974, plate 882

Long. 7,6 µm, larg. 4 µm, 24 stries, 50 aréoles en 10 µm.

La valve est elliptique à extrémités arrondies. Le raphé est droit, les fissures terminales courbées dans la même direction. Les stries sont formées d'une rangée de pores arrondis, ceux situés près du raphé sont un peu plus gros que les autres.

Elle semble, comme c'est le cas pour *N. seminulum*, plutôt localisée au-dessous de 4 400 m d'altitude.

*Navicula digitulus* Hustedt

Pl. 8, fig. 128

Hustedt 1962, fig. 1378

Long. 19 µm, larg. 5 µm, 32 stries en 10 µm.

La valve est linéaire-lancéolée. L'aire axiale, légèrement asymétrique, est étroite; l'aire centrale est circulaire. Les stries sont fines, radiaires au centre, droites aux extrémités.

Cette espèce n'a été rencontrée, en faible quantité, que dans une station (354) située à 4 870 m d'altitude.

*Navicula minima* Grunow

Pl. 8, fig. 129

Hustedt 1962, fig. 1088

Fabri, Leclercq 1984, fig. 812-817

Long. 11 µm, larg. 5 µm, 32 stries en 10 µm.

Elle diffère un peu de l'espèce décrite par Hustedt, par la présence d'une aire centrale beaucoup plus développée, de forme quadrangulaire. Les stries sont fines, radiaires, l'aire axiale étroite.

Cette espèce est très rare. Elle semble, comme les deux précédentes, plutôt localisée au-dessous de 4 400 m d'altitude.

*Navicula subdeliberata* Manguin

Pl. 8, fig. 130

Manguin 1964, Pl. XII, fig. 1

Long. 53 µm, larg. 18 µm, 18 stries en 10 µm.

Forme oblongue de grande taille; toutes les stries sont radiaires, un peu ondulées et de la même longueur, sauf une à trois stries au centre, très courtes. Le raphé ondulant se termine par des fissures dédoublées dont une branche courte et droite s'arrête près de l'helicoglossae très net, même en microscopie optique. L'aire axiale est linéaire, l'aire centrale s'arrondit d'un côté, elle est délimitée par un replat correspondant à un épaissement de silice. Les stries s'arrêtent avant ce replat. Un autre pli, moins visible, est situé sur les stries, près de la bordure du test.

Cette espèce n'est pas abondante, elle constitue 3 % de la flore de la station 332, située à 4 305 m d'altitude. Manguin (1964) l'a trouvée en abondance dans un marais à *Distichia* situé à 4 800 m d'altitude.

*Navicula muticopsis* var. *producta* (Grun) Frenguelli

Pl. 8, fig. 134

Hustedt 1964, Pl. X, fig. 10

Valves linéaires-elliptiques; les bords sub-parallèles se resserrent progressivement, les extrémités sont longuement capitées. Les stries, finement ponctuées, sont radiaires. L'aire centrale quadrangulaire contient un stigmatte arrondi, situé loin des nodules centraux. Une ligne hyaline contourne le test près des bordures.

Quelques individus seulement ont été trouvés dans deux stations. Manguin (1964) signale cette espèce dans une source chaude à 4 000 m d'altitude.

*Caloneis* Cleve*Caloneis peruviana* Manguin

Pl. 9, fig. 164-165

Manguin 1964, Pl. XIII, fig. 2

Long. 46-55 µm, larg. 8-10 µm, 19-21 stries en 10 µm.

La valve est légèrement renflée au centre, les extrémités arrondies. L'aire axiale, étroite aux extrémités, s'élargit progressivement jusqu'au centre où elle est lancéolée. Les stries sont légèrement radiaires au centre et droites aux extrémités, de longueur inégale. Le raphé est double mais droit. Une ligne hyaline longe les bords du test. Les dimensions sont plus faibles que celles indiquées par Manguin. Les stries sont également moins robustes.

Cette espèce rappelle *P. stauroptera* (Servant-Vildary 1982, Plate III, fig. 16), mais elle en diffère par des stries plus longues, inégales et radiaires. Manguin la signale sur des rochers suintants à 2 000 m d'altitude. A Ichu Kkota, je n'ai trouvé que les deux cellules qui sont illustrées dans la Pl. 9, l'une dans la station 358, l'autre dans la station 357, une tourbière à *Distichia*.

*Pinnularia* Ehrenberg

Contrairement à *Caloneis*, le genre *Pinnularia* est très bien représenté dans ces milieux tourbeux, à la fois par son abondance et par sa variété spécifique.

*Pinnularia viridis* var. *acuminata* (W. Smith) Brun

Pl. 8, fig. 140

Cleve Euler 1955, fig. 1046 f.

Synonyme *P. hemiptera* var. *interrupta* Cleve (Cleve Euler p. 38)

Long. 90 µm, larg. 20 µm, 9 stries en 10 µm.

De très grande taille; les bords sont parallèles, les extrémités légèrement acuminées. Le raphé double est rectiligne, les fissures centrales incurvées dans le même sens vers un nodule central très développé. L'aire hyaline axiale est largement lancéolée et s'élargit au centre par l'interruption totale des stries. Celles-ci sont droites, les 7-8 dernières stries apicales sont plus longues et divergentes. Cette espèce, proche de *P. biloba* Cleve Euler, ne s'en distingue que par ses dimensions plus importantes et ses stries plus grossières, 9 en 10 µm au lieu de 11.

Extrêmement rare, elle se trouve à partir de 4 680 m d'altitude.

*Pinnularia microstauron* (Ehr.) Cl.

Pl. 8, fig. 143 à 134

Foged 1974, Pl. XVIII, fig. 13

Long. 36-42 µm, larg. 8-10 µm, 14-15 stries en 10 µm.

Valve linéaire à bords parallèles. Le raphé est droit, l'aire axiale étroite; l'aire centrale quadrangulaire est due à l'interruption totale des stries.

L'aspect de l'aire centrale, en forme de pseudostauron, distingue ces *Pinnularia* des *P. microstauron* illustrées par Hustedt (1930, fig. 584) qui présentent une aire centrale lancéolée. Certaines formes (fig. 144 et 145) présentent des stries droites au centre et divergentes aux extrémités; d'autres (fig. 141 et 143) ont des stries plus radiales au centre et se rapprocheraient de *P. leptosoma* illustrée par Funglada *et al.* (1984, Pl. 17, fig. 184), mais *P. leptosoma* présente une aire centrale plus longue, qui s'étend bien au-delà des nodules centraux, et des stries plus fines (15-17 en 10 µm).

*P. microstauron* se rencontre actuellement dans presque tous les échantillons. Les études déjà effectuées (Servant-Vildary 1982) ou en cours sur les flores fossiles, montrent que cette espèce était aussi très répandue au Quaternaire.

*Pinnularia microstauron* var. *brebissonii* (Kutz) Hustedt  
Pl. 8, fig. 146  
Hustedt 1949, Pl. VIII, fig. 4  
Long. 40 µm, larg. 8 µm, 13 stries en 10 µm.

Valve linéaire à extrémités sub-arrondies. L'aire axiale est étroite, l'aire centrale est formée seulement par le raccourcissement de deux stries centrales d'un seul côté ou des deux côtés du raphé. Les stries sont droites ou légèrement radiales au centre, très obliques aux extrémités. Cette variation de l'aire centrale semble assez fréquente puisqu'elle est signalée par Hustedt mais aussi par Foged (1974, Pl. XIX, fig. 7) pour *P. microstauron* forma. A Ichu Kkota, ces variations morphologiques sont exceptionnelles.

*Pinnularia microstauron* var. *brebissonii* fo. *minutissima*  
Manguin  
Pl. 8, fig. 142  
Manguin 1964, Pl. XVII, fig. 4  
Long. 20 µm, larg. 4,5 µm, 24 stries en 10 µm.

La forme du test et celle de l'aire centrale, la disposition des stries sont identiques à celles de la variété *brebissonii*. Les spécimens rapportés à la forme *minutissima* ont des dimensions plus petites et des stries plus fines et plus nombreuses.

Comme la variété *brebissonii*, la forme *minutissima* a des fréquences basses dans toutes les stations où elle a été trouvée, au-dessus de 4 330 m d'altitude.

*Pinnularia interrupta* W. Smith  
Pl. 9, fig. 155; Pl. II, fig. 11  
Manguin 1964, Pl. XVII, fig. 3  
Long. 52 µm, larg. 8 µm, 12 stries en 10 µm.

Cette espèce est très caractéristique par sa forme allongée et ses extrémités acuminées-rostrées. Les stries sont fortement radiales au centre et divergentes aux extrémités. L'aire axiale est étroite, elle s'élargit progressivement vers le centre pour atteindre les bordures du test au niveau des nodules centraux.

Extrêmement rare, cette espèce n'a été trouvée que dans la station 360, située sur le versant amazonien.

*Pinnularia leptosoma* Grunow

Pl. 9, fig. 153  
Germain 1981, Pl. 88, fig. 27  
Long. 36-40 µm, larg. 5 µm, 14 stries en 10 µm.

La valve est lancéolée avec des extrémités aigues. L'aire axiale est étroite. L'aire centrale rectangulaire est due à l'interruption de stries bien au-delà des nodules centraux. Les stries, légèrement radiales au centre, divergent aux extrémités. Cette forme est très proche de *P. appendiculata* var. *budensis*, illustrée par Tynni 1976, fig. 9, tabl. I.

*Pinnularia subcapitata* var. *paucistriata* Grunow  
Pl. 9, fig. 154

Tynni 1976, Tafel II, fig. 23  
Long. 36-40 µm, larg. 5 µm, 10 stries en 10 µm.

La valve est linéaire, les extrémités sub-rostrées. Le raphé est droit, l'aire axiale étroite, l'aire centrale quadratique. Les stries sont épaisses, très espacées, légèrement inclinées au centre, divergentes au niveau des fissures terminales du raphé. Cette espèce pourrait correspondre à *Caloneis strictissima* Manguin (Manguin 1964, p. 78) que cet auteur signale sur des rochers suintants à 2 000 m d'altitude au Pérou. A Ichu Kkota, elle apparaît à 4 330 m d'altitude.

*Pinnularia* cf. *intermedia* (Lagerst) Cleve  
Pl. 9, fig. 152-157

Long. 21 µm, larg. 4 µm, 9 stries en 10 µm.

La valve est lancéolée, les extrémités aigues. Le raphé droit s'incurve au niveau des nodules centraux, les fissures terminales sont dirigées dans le sens opposé aux fissures centrales. Les stries sont épaisses, espacées, presque droites au centre, obliques aux extrémités. L'aire centrale est ouverte jusqu'aux bords du test. Cette forme est très proche de *P. insidiosa* signalée par Manguin (1964, Pl. XVI, fig. 9) au Pérou dans un marais à *Plantago* situé à 4 400 m d'altitude. Elle est peu abondante à Ichu Kkota.

*Pinnularia* sp.

Pl. 9, fig. 156  
Long. 55 µm, larg. 10 µm, 18 stries en 10 µm.

Forme elliptique, extrémités diminuées. Le raphé droit s'incurve au niveau du nodule central qui est très développé. Les stries, presque droites au centre, sont légèrement divergentes aux extrémités. L'aire axiale est large; l'aire centrale, d'abord lancéolée, s'élargit jusqu'aux bords de la valve à la suite de la disparition de 3 stries au niveau du nodule central.

6 - Famille des Cymbellaceae

*Cymbella* Agardh

Ce genre est représenté par 17 espèces. Toutes les stations contiennent des *Cymbella* mais, à part deux espèces (*C. norvegica* et *C. ventricosa*), il est très rare qu'ils constituent plus de 10 % de la flore.

Dans les planches 10 (fig. 160-163)) et 12 (fig. 189) sont illustrées les espèces appartenant au groupe II de

Cox (1977). Elles sont caractérisées par des fissures terminales externes du raphé dirigées vers le bord dorsal, des fissures centrales externes du raphé sinueuses, la présence de pores à mucus, la présence de stigmates, des pores externes en tirets parallèles au raphé et des pores internes arrondis.

Dans les planches 11 et 12 (exceptée la figure 189) ont été regroupées les espèces qui appartiennent aux groupes I et III de Cox (1977) :

- le groupe I est caractérisé par des fissures terminales externes du raphé dirigées vers le bord ventral, des fissures centrales externes droites, l'absence de pores à mucus et l'absence de stigmates.

- le groupe III présente les mêmes caractères que le groupe I, mais la structure externe des pores est cruciforme.

Les espèces appartenant au groupe II sont peu abondantes à Ichu Kkota. Il semblerait pourtant que ces marais, peu profonds, envahis de végétation aquatique, pourraient constituer un milieu favorable aux espèces pédonculées. Or nous constatons que les espèces du groupe I, qui secrètent des tubes muqueux ou vivent à l'état libre, sont les plus abondantes. On peut alors se demander si les *Cymbella* ne seraient pas plutôt liés aux substances secrétées par les plantes qu'au support physique privilégié qu'elles constituent.

*Cymbella cymbiformis* Agardh

Pl. 10, fig. 160-163; Pl. 12, fig. 189

Krammer 1982, plate 1086

Long. 54-56  $\mu\text{m}$ , larg. 12-14  $\mu\text{m}$ , 10-11 stries, 20 aréoles en 10  $\mu\text{m}$ .

La valve est bombée dorsalement, le bord ventral presque rectiligne avec un léger bombement au centre. Le raphé présente une très forte incurvation vers le bord ventral; au centre et aux extrémités, les fissures terminales sont dirigées vers le bord dorsal. Le champ de pores à mucus occupe tout l'apex. Les stries à peine radiantes sont formées de pores externes en tirets parallèles au raphé.

*Cymbella gracilis* Ehrenberg

Pl. 11, fig. 176

Krammer 1982, plate 1050

Long. 51-65  $\mu\text{m}$ , larg. 7-11  $\mu\text{m}$ , 10-13 stries en 10  $\mu\text{m}$ .

Forme allongée, étroite; le bord dorsal est peu arqué, le bord ventral est rectiligne. Le raphé est droit, les fissures centrales sont dirigées vers le bord dorsal, les fissures apicales, très longues, dirigées vers le bord ventral. L'helictoglossae est situé loin des apex, il est nettement visible en microscopie optique. Les stries très fines sont nettement ponctuées.

Cette espèce se rencontre, en faible quantité, dans 24 stations sur les 36 étudiées.

*Cymbella mesiana* Cholnoky

Pl. 11, fig. 168; Pl. 10, fig. 165-166; Pl. 12, fig. 186-187-191

Cette espèce a été déterminée par Krammer (comm. pers.)

Long. 48-80  $\mu\text{m}$ , larg. 10-20  $\mu\text{m}$ , 7-12 stries dorsales, 7-10 stries ventrales, 20 aréoles en 10  $\mu\text{m}$ .

Cette espèce présente de grandes variations morphologiques. Le bord est fortement arqué, le bord ventral sub-rectiligne ou légèrement convexe, les extrémités diminuées ou arrondies. L'aire axiale est assez large, légèrement élargie au centre sur le bord dorsal. Les stries dorsales sont radiales les stries ventrales, radiales au centre, sont divergentes aux extrémités. La ponctuation est nettement visible. Il n'y a pas de stigmates.

Elle est peu abondante et présente une large répartition altitudinale.

*Cymbella minuta* Hilse ex Rabenhorst

Pl. 11, fig. 179; fig. 167a

Krammer 1982, plate 1026

Long. 13-20  $\mu\text{m}$ , larg. 4,7  $\mu\text{m}$ , 15 stries en 10  $\mu\text{m}$ .

Valve semi-circulaire fortement asymétrique; les variations de taille peuvent être importantes. Les stries sont droites, à ponctuation non visible en microscopie optique. Le raphé est rectiligne, les fissures centrales dirigées vers le bord dorsal, les fissures terminales en crochet fermé dirigé vers le bas.

Cette espèce présente une large répartition altitudinale. Mais il est intéressant de signaler qu'elle n'a pas été trouvée dans la tourbière de pente située le plus haut dans la vallée. Parmi les *Cymbella* c'est la seule espèce, avec *C. norvegica*, à atteindre des pourcentages élevés (32 % dans le 352).

*Cymbella sileciaca* Bleish ex Rabenhorst

Pl. 11, fig. 180

Krammer 1982, plate 1032

Long. 33  $\mu\text{m}$ , larg. 10  $\mu\text{m}$ , 9 stries, 26 aréoles en 10  $\mu\text{m}$ .

La forme générale de la valve, à bord ventral rectiligne légèrement renflé au centre, à bord dorsal circulaire, est proche de celle de l'espèce précédente. Le raphé fortement excentrique présente des fissures terminales en crochet ouvert dirigé vers le bord ventral. Les aires axiale et centrale sont étroites.

Cette espèce semble moins répandue que *C. minuta*. Mais il est possible qu'au moment du comptage, il y ait eu confusion entre les deux espèces, surtout en ce qui concerne les petits spécimens.

*Cymbella microcephala* Grunow

Pl. 11, fig. 181-182

Krammer 1982, plate 1109

Long. 16  $\mu\text{m}$ , larg. 3,8  $\mu\text{m}$ , 23 stries, 40 aréoles en 10  $\mu\text{m}$ .

Les figures 181 et 182, Pl. 11, représentent un spécimen non rostré mais on trouve dans les stations tous les intermédiaires entre des formes rostrées et des formes à extrémités régulièrement diminuées. Le raphé avec ses deux sinuosités, proches l'une des fissures terminales et l'autre des fissures centrales, est tout à fait caractéristique. Les stries, très fines mais espacées, sont formées de tirets qui sont dirigés perpendiculairement au raphé, contrairement à la plupart des autres *Cymbella*.

*Cymbella cesatii* Grunow

Pl. 11, fig. 183-184

Krammer 1982, plate 1117

Long. 28 µm, larg. 5,5 µm, 21 stries, 40 aréoles en 10 µm.

Cette espèce est très proche de la précédente, mais elle n'est jamais rostrée. Au MEB, le raphé présente les deux légères incurvations déjà signalées chez *C. microcephala*, la fissure terminale présente une inflexion moins accentuée. Les stries sont formées extérieurement par des tirets parallèles au raphé qui deviennent cruciformes (fig. 184) près de l'aire axiale et aux extrémités.

Comme *C. microcephala*, cette espèce est largement répandue dans la vallée.

*Cymbella marnieri* Manguin

Pl. 11, fig. 173

Hustedt 1938, Tafel XXV, fig. 14

Manguin 1964, Pl. XIX, fig. 2 a-b

Long. 44 µm, larg. 7 µm, 13 stries en 10 µm.

Valve symétrique, lancéolée, à extrémités aiguës. Le raphé est droit, légèrement incurvé vers le stigmaté, l'helictoglossae est net, les stries légèrement radiantes au centre, divergentes aux extrémités.

Cette espèce est proche de *C. spicula* : les dimensions sont voisines (long. 57-71 µm, larg. 7,5-9 µm pour *C. spicula* contre 45-75 µm et 6-9 µm pour *C. marnieri*). Mais le nombre de stries (14-16 contre 11-12 en 10 µm) est très différent. Les spécimens de Bolivie ont un nombre intermédiaire (12-13 stries en 10 µm). Cela pose le problème de savoir s'il est nécessaire de séparer spécifiquement ces deux espèces.

Le pH optimum de *C. spicula* se situe entre 4, 3 et 6,5 (Hustedt p. 422). Manguin signale que *C. marnieri* est abondante dans un marais à *Plantago rigida* avec des formes acidophiles, préférentielles des eaux riches en acide humide. *C. marnieri* n'a été trouvée que dans les stations situées sur le versant amazonien, dans des trous d'eau et des tourbières à *Distichia*.

*Cymbella pseudonorvegica* Manguin

Pl. 11, fig. 171

Manguin 1964, Pl. XIX, fig. 3 a-b

Long. 48 µm, larg. 8 µm, 14 stries en 10 µm au centre, 16 aux extrémités.

Valve linéaire, presque symétrique, à extrémités arrondies. Le raphé est rectiligne; les fissures terminales, arrondies autour d'un gros nodule polaire nettement visible, sont dirigées vers le bord ventral. Les stries sont nettement radiales au centre, plus espacées aux extrémités. L'aire axiale est étroite, l'aire centrale circulaire sur le bord dorsal.

Cette espèce est extrêmement rare, elle semble plutôt localisée dans la partie haute de la vallée.

*Cymbella perpusilla* Cleve

Pl. 11, fig. 172

Germain 1981, Pl. 105, fig. 7

Long. 25 µm, larg. 3,6 µm, 14 stries en 10 µm.

La valve est presque symétrique, les extrémités légèrement diminuées puis capitées. Le raphé est droit,

un peu excentré. Les stries sont parallèles, l'aire axiale étroite, l'aire centrale à peine élargie par le raccourcissement d'une seule strie dorsale.

Cette espèce n'est pas abondante, mais elle est localisée dans la partie haute de la vallée, à partir de 4 680 m d'altitude.

*Cymbella mesiana* Cholnoky, forme sporangiale

Pl. 10, fig. 166

Krammer 1982, plate 1032, 1034

Long. 84 µm, larg. 15 µm, 5-7 stries en 10 µm.

Cette espèce, telle qu'elle se présente Pl. 10 fig. 166, est très rare dans l'échantillon 332 caractérisé par 12 % de *C. mesiana* (Pl. 10, fig. 166) et de petites *C. minuta* (18 %).

## 7 - Famille des Nitzschiaceae

Le genre *Nitzschia* est, avec *Navicula*, le plus répandu dans ces milieux. Mais il ne représente de très forts pourcentages que dans deux échantillons, le 343 et le 354. Les espèces les plus fréquentes appartiennent essentiellement à la section Lanceolatae et secondairement à la section Lineares.

*Nitzschia denticula* Grun

Pl. 12, fig. 199-201

Schoeman, Ashton 1982, fig. 27-34, 95-111

Long. 28-34 µm, larg. 5-5,6 µm, 16-18 stries, 5-6 côtes, 18-20 aréoles en 10 µm.

Valve lancéolée, à stries grossièrement ponctuées, séparées par de grosses côtes qui n'atteignent pas le bord opposé et sur lesquelles sont disposées les fibules, équidistantes au centre. Le raphé a une position très marginale. Le bord opposé au raphé présente une crête qui est précédée sur la valve par un méplat. Les pores carénaux, de petite taille, sont séparés des pores valvaires par un espace hyalin étroit.

Cette espèce représente 3 % de la flore de la station 345, un chenal situé au débouché du Lac Kkotia à 4 430 m d'altitude.

*Nitzschia dissipata* (Kutz) Grunow

Pl. 12, fig. 202

Germain 1981, Pl. 130, fig. 3

Bateman, Rushford, 1984, fig. 274

Long. 54 µm, larg. 4 µm, 7 fibules en 10 µm.

Valve lancéolée ou lancéolée-capitée. Les stries sont invisibles en microscopie optique, les fibules sont minces et allongées, inégalement espacées, la carène légèrement écartée du bord est délimitée à l'intérieur par une crête.

Quelques frustules seulement ont été trouvés dans les stations 335 et 358.

*Nitzschia recta* Hantzsch

Pl. 13, fig. 203-204

Germain 1981, Pl. 131 fig. 3

Long. 36-57 µm, larg. 5 µm, 78 fibules en 10 µm.

Valve lancéolée-linéaire, les stries sont invisibles en optique, les fibules étroites et allongées irrégulièrement espacées.

Cette espèce est peu abondante, elle est cependant présente dans toutes les stations.

*Nitzschia palea* (Kutz) W. Smith  
Pl. 13, fig. 205

Long. 28 µm, larg. 3.5 µm, 12 fibules en 10 µm.

Les valves sont généralement linéaires, acuminées ou subcapitées. Les stries sont invisibles en microscopie optique. Les fibules, de très petite taille, équidistantes, apparaissent comme des petits points arrondis.

*Nitzschia palea* var. *debilis* (Kutz) Grunow  
Pl. 13, fig. 216-217

Lange-Bertalot 1980, fig. 9-13

Long. 24-27 µm, larg. 3-4 µm, 12-14 fibules en 10 µm.

Valve lancéolée à extrémités capitées. Les stries sont invisibles en microscopie optique, les fibules très petites sont équidistantes au centre.

L'espèce et la variété se rencontrent dans presque toutes les stations. La variété est particulièrement abondante dans un trou d'eau situé à 4 360 m d'altitude.

*Nitzschia gracilis* Hantzsch ex Rabenhorst  
Pl. 13, fig. 206 à 214-220

Schoeman, Ashton 1982, fig. 25

Long. 30-50 µm, larg. 3-4 µm, 12-14 fibules en 10 µm.

Les valves sont linéaires ou lancéolées-linéaires, les extrémités plus ou moins arrondies (fig. 212-214) à capitées (fig. 208). Les formes de petite taille sont proches de celles illustrées par Germain 1981, pl. 131 fig. 6-11; les formes les plus longues sont semblables aux spécimens décrits par Schoeman et Ashton 1982.

*Nitzschia intermedia* Hantzsch  
Pl. 13, fig. 218-219

Lange-Bertalot 1976, Tafel 4, fig. 1

Long. 44-50 µm, larg. 3-3,5 µm, 30-38 stries, 13 fibules en 10 µm.

Valves linéaires, extrémités sub-capitées. Les stries sont souvent visibles en optique, en lumière interférentielle, elles apparaissent suffisamment nettes pour pouvoir être comptées. Les fibules sont de petite taille, équidistantes au centre.

Cette espèce est localisée dans la station 364, située à 4 950 m d'altitude. Il s'agit d'une tourbière de pente proche du glacier où la température, même au plus fort de l'insolation, s'élève peu au-dessus de 0°C.

*Nitzschia pseudofonticola* Hust.  
Pl. 13, fig. 221

Lange-Bertalot, Simonsen, 1978, fig. 159

Long. 25 µm, larg. 3,6 µm, 10 fibules en 10 µm.

Valve largement lancéolée, extrémités brusquement diminuées puis capitées, les stries sont à peine visibles en microscopie optique. Les fibules sont courtes mais épaisses, équidistantes au centre.

Cette espèce représente 7 % de la flore dans la station 354. Comme les échantillons 11 et 1D2, ce prélèvement consiste en un mélange d'eau et de sédiment superficiel, prélevés après avoir brisé une pellicule

de glace persistante. Sous cette pellicule de glace et sous l'effet d'un ensoleillement intense à 4 950 m d'altitude, la température de l'eau peut s'élever jusqu'à 7°C.

*Nitzschia acidoclinata* Lange-Bertalot  
Pl. 13, fig. 223-224

Lange-Bertalot, Simonsen, 1978, fig. 145-148

Long. 18-34 µm, larg. 2-2,4 µm, 28-29 stries, 10-12 fibules en 10 µm.

Les valves sont de petite taille, linéaires, avec un faible resserrement au niveau des fibules centraux, les extrémités sont acuminées, les apex arrondis. Même dans les plus petites formes, les stries sont nettement visibles. Les fibules sont petites, un peu plus serrées aux extrémités qu'au centre, les deux fibules centrales sont nettement écartées.

Cette espèce est très répandue, mais elle n'a pas été trouvée au-delà de 4 720 m d'altitude.

*Nitzschia perminuta* Grunow  
Pl. 13, fig. 225-226-240

Lange-Bertalot 1976, fig. 9-10

Bateman, Rushforth 1984, fig. 286

Long. 23 µm, larg. 2,5 µm, 28 stries, 10-11 fibules en 10 µm.

La forme du test est très proche de la précédente. Elle en diffère par le fait qu'elle ne présente pas de resserrement au centre et que les fibules centrales sont équistantes. Ces fibules apparaissent comme de gros points arrondis irrégulièrement répartis. Les stries sont nettement visibles.

Cette espèce est très rare, mais il est possible, étant donné sa ressemblance, dans ces milieux, avec *N. acidoclinata*, qu'elle ait été confondue avec elle.

*Nitzschia* aff. *angusteforaminata* Lange-Bertalot  
Pl. 13, fig. 227

Lange-Bertalot 1980, fig. 44-51

Long. 22 µm, larg. 2,5 µm, 13 fibules, 30 stries en 10 µm.

Valve linéaire-lancéolée un peu resserrée au centre, les extrémités sont fines. Les fibules sont petites, régulièrement espacées. Il n'y a pas de nodule central, les fibules centraux sont équidistants. Les stries fines sont plus difficilement observables que dans l'espèce précédente.

Cette espèce est rare; sa présence ne semble pas dépasser l'altitude 4 330 m.

*Nitzschia frustulum* (Kutz) Grun  
Pl. 13, fig. 228

Lange-Bertalot 1976, fig. 6-8

Long. 25 µm, larg. 3-4 µm, 20 stries, 8-10 fibules en 10 µm.

Valve linéaire-lancéolée, extrémités diminuées. Les stries sont grossières mais les pores à peine visibles en microscopie optique. Les fibules sont courtes et grosses. L'écartement des fibules centrales n'est pas toujours aussi net qu'il apparaît sur la figure.

*Nitzschia hantzschiana* Rabenhorst

Pl. 13, fig. 229, 236-237

Germain 1981, Pl. 134, fig. 6

Long. 16-22  $\mu\text{m}$ , larg. 3,5-4  $\mu\text{m}$ , 21-22 stries, 9-10 fibules en 10  $\mu\text{m}$ .

Valve lancéolée linéaire, à extrémités capitées. Les punctuations sont fines. Les fibules sont régulièrement espacées toutes les deux stries. L'écartement des fibules centrales est plus ou moins visible selon les individus.

Cette espèce constitue avec *N. intermedia*, l'essentiel de la flore de la station 364, la plus élevée des stations de cette vallée.

*Nitzschia* aff. *romana* Grunow

Pl. 13, fig. 233-234

Long. 13  $\mu\text{m}$ , larg. 4  $\mu\text{m}$ , 10 fibules, 24 stries en 10  $\mu\text{m}$ .

Les stries sont nettement visibles. Les fibules, équidistantes au centre, ne sont pas régulièrement espacées le long du frustule, comme dans le cas de *N. hantzschiana*. On distingue, à côté des fibules, une rangée de pores plus grossiers, qui pourraient correspondre aux pores bifurqués.

*Nitzschia pseudoamphibia* Manguin

Pl. 14, fig. 242-243

Manguin 1964, Pl. 23, fig. 1-3

Long. 38-50  $\mu\text{m}$ , larg. 5  $\mu\text{m}$ , 16 stries, 24 aréoles en 10  $\mu\text{m}$ .

Valve lancéolée ou lancéolée-linéaire, légèrement resserrée au centre. La variété *capitata* (fig. 243) a des extrémités effilées et des apex capités. Les stries sont grossières; la ponctuation est visible en microscopie optique.

Cette espèce semble ne différer de *N. amphibia* que par la forme du test. Sa distribution dans les stations étant différente de celle de *N. amphibia*, nous

avons pour cette raison maintenu la séparation des deux espèces.

*Nitzschia bryophila* Hustedt

Pl. 13, fig. 235, 238-239

Lange-Bertalot 1978, Pl. 9, fig. 155

Long. 12-13  $\mu\text{m}$ , larg. 4-5  $\mu\text{m}$ , 28-32 stries, 10-12 fibules en 10  $\mu\text{m}$ .

Valve lancéolée, extrémités sub-capitées, les fibules apparaissent comme des petits points arrondis très en relief, équidistants au centre, irrégulièrement espacés le long du test.

Cette espèce n'a pas été rencontrée au-dessus de 4 430 m d'altitude.

*Nitzschia hollerupensis* Foged

Pl. 14, fig. 244-245, 247, 252-253

Lange-Bertalot, Simonsen 1978, Pl. 8, fig. 139-142

Foged 1974, Pl. XXXI, fig. 4-5.

Valve linéaire, légèrement resserrée au centre, extrémités fines. Les punctuations ne sont pas visibles en optique; les fibules sont courtes et larges, écartées au centre.

*N. pseudoamphibia* diffère de *N. hollerupensis* par la grosseur des pores, qui est de 28 en 10  $\mu\text{m}$  pour la première et de 40 en 10  $\mu\text{m}$  pour la deuxième. Les vues externes au MEB (fig. 252, 253) sont attribuées provisoirement à *N. hollerupensis*, car le nombre d'aréoles ne correspond pas à celui de *N. pseudoamphibia*. La bifurcation des stries au niveau du canal raphéen est net. Il semble que les aréoles possèdent un velum externe, dont il ne reste que la trace de l'insertion qui apparaît comme un cercle entourant les aréoles.

Cette espèce est assez fréquente vers 4 330 m d'altitude dans la tourbière de pente située au dessus du Lac Khara Kkota, elle atteint son abondance maximale dans un trou d'eau, sans écoulement.

## IV - CONCLUSION

L'inventaire systématique présenté dans ce travail fournit, avec celui de Manguin (1964), les premières données assez détaillées sur la flore actuelle de diatomées qui se développe dans les lacs et les marais de haute altitude, dans le continent sud-américain. La connaissance de leur répartition en fonction de l'altitude constitue une étape nécessaire pour la reconstitution des paléoenvironnements quaternaires dans cette partie des Andes.

Les flores fossiles ont été étudiées dans cette vallée, grâce à des sondages effectués sur la bordure du lac Khara Kkota situé à 4 310 m d'altitude (Servant-Vildary, 1982), ou au centre de ce lac (Pierre, en préparation). En affleurement, des tourbes riches en diatomées, situées à 4 850 m d'altitude, sont actuellement en cours d'étude (Servant-Vildary, en préparation). En plus des diatomées, les pollens (Ybert) et les macrorestes végétaux (*Ostria*) sont analysés en continu. De nombreuses

analyses des isotopes de l'oxygène (Gouze) sont également effectuées, les principaux événements climatiques pourront être datés avec précision car le matériel est abondant.

La place importante occupée par l'étude de cette vallée dans le programme «GEOCIT» (Géodynamique du Climat intertropical) tient au fait que cette vallée fournit, dans un cadre naturel, la possibilité d'éliminer ou de simplifier plusieurs paramètres qui jouent un rôle déterminant dans la distribution et le développement des organismes, comme la salinité, la profondeur, le pH, le contexte géologique et hydrologique. De ce fait, les recherches peuvent être focalisées sur les effets d'un paramètre, difficilement mis en évidence et pourtant particulièrement important : la température. C'est pourquoi nous avons mis l'accent ici sur la répartition des diatomées en fonction de l'altitude qui est en relation directe avec la température.

## REMERCIEMENTS

Je remercie toutes les personnes qui ont participé aux différentes étapes de ce travail : pour la récolte des échantillons, J.P. Ybert, M. Servant, A. Iltis, C. Ostria; pour la vérification des déterminations, K. Krammer et H. Lange-Bertalot; pour l'élaboration définitive du texte, A. Foucault, D. Noël. Cette étude a été financée par l'ORSTOM et le PNEDC.

## RÉFÉRENCES

- ARCHIBALD R.E.M. (1983). - The diatoms of the Sundays and Great Fish Rivers in the Eastern Cape Province of South Africa. *Bibliotheca diatomologica*, 1 : 361 p.
- BATEMAN L., RUSHFORTH S.R. (1984). - Diatom floras of selected Uinta Mountains Lakes Utah, USA, *Bibliotheca diatomologica*, 4 : 46 p.
- CARTER J.R. (1970). - Diatoms from Andorra. Diatomaceae II. *Nova Hedwigia*, 31 : 605-632.
- CARTER J.R., BAILEY-WATTS A.E. (1981). - A taxonomic study of diatoms from standing freshwater in Shetland. *Nova Hedwigia*, 33 : 513-628.
- CARTER J.R., DENNY P. (1982). - Freshwater algae of Sierra Leone III, Bacillariophyceae. Part (i) Diatoms from the River Jong (Taia) at Njala. Diatomaceae III. *Nova Hedwigia*, 73 : 281-331.
- COSTE M., RICARD M. (1981). - On some interesting finely striated Nitzschiae observed under light and electron microscopes, systematic and ecological aspects. In : Proc. Sixth Symp. on recent and fossil diatoms, R. Ross (Ed.) 191-202.
- (1984). - A systematic approach to the freshwater diatoms of Seychelles and Mauritius Islands. In : Proc. Seventh Symp. on recent and fossil diatoms, D.G. Mann (Ed.) 307-326.
- COX E.J. (1977). - Variation in valve structure between species of the diatom genus *Cymbella* C.A. Agardh. *Nova Hedwigia*, 28 : 427-450.
- DAVIS R.B., ANDERSON D.S. (1985). - Methods of pH calibration of sedimentary diatom remains for reconstructing history of pH in lakes. *Hydrobiol.*, 120 : 69-87.
- DAWSON P.A. (1972). - Observations on the structure of some *Gomphonema parvulum* Kütz. I - Morphology based on light microscopy and transmission and scanning electron microscopy. *Br. Phycol. J.*, 7 : 255-271.
- (1973). - Observations on some species of the diatom genus *Gomphonema* C.A. Agardh. *Br. Phycol. J.*, 8 : 413-423.
- FABRI R., LECLERCQ L. (1984). - Étude écologique des rivières du Nord du Massif Ardennais (Belgique) flore et végétation de diatomées et physico-chimie des eaux. Station scient. Hautes-Fagnes, Robertville, 1 : 379 p.; 2 : 329 p., 3 : 201 p.
- FLORIN M.J. (1981). - The taxonomy of some *Melosira* species, a comparative morphological study II. In : Proc. Sixth Symp. on recent and fossil diatoms, R. Ross (Ed.) 43-74.
- FOGED N. (1974). - Freshwater diatoms in Iceland. *Bibliotheca Phycologica*, 15 : 117 p.
- (1971). - Diatoms found in a bottom sediment sample from a small deep lake on the Northern slope, Alaska. *Nova Hedwigia*, 21 (2-4) : 923-1035.
- GASSE F., TEKAIA F. (1983). - Transfer functions for estimating paleoecological conditions (pH) from East African diatoms. *Hydrobiol.*, 103 : 85-90.
- GERMAIN H. (1981). - Flore des diatomées, Diatomophycées. Soc. Nouv. Ed. Boubée, Collection «Faunes et Flores actuelles», Paris, 444 p.
- GERMAIN H., LE COHU R. (1980). - Variability of some features in a few species of *Gomphonema* from France and Kerguelen Islands (South Indian Ocean). In : Proc. Sixth Symp. on recent and fossil diatoms, R. Ross (Ed.) 191-202.
- ANDO K., HARAGUCHI K., KOBAYASI H. (1971). - Diatoms from Senjogaike an irrigation pond, Saitama Pref. *Bull. Chichibu Mus. Nat. Hist.*, 16 : 57-79.
- HAWORTH E.Y. (1975). - A scanning electron microscope study of some different frustule forms of the genus *Fragilaria* found in Scottish late-glacial sediment. *Br. Phycol. J.*, 10 : 73-80.
- HELMCKE J.C., KRIEGER W., GERLOFF J. (1974). - Diatomeenschalen im elektronenmikroskopischen Bild. Freshwater diatoms, by H. Okuno, Teil IX : 45 p.
- HUFFORD T.L., COLLINS G.B. (1972). - The stalk of the diatom *Cymbella cistula*, SEM observations. *J. Phycol.*, 8 : 208-210.
- HUSTEDT F. (1937-1939). - Systematische und ökologische Untersuchungen über die Diatomeen Flora von Java, Bali and Sumatra. *Archiv. f. Hydrobiol.*, Suppl. 15 : 131-177, 187-295, 393-506, Suppl. 16 : 1-155, 274-394.
- (1927-1966). - Die Kieselalgen von Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. In : Dr. L. Rabenhorst's «Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz», 1927-1930, 7 (1) : 920 p.; 1959, 2 : 845 p.; 1966, 3 : 816 p. Akademische Verlagsgesellschaft, m. b.H., Leipzig.
- JOHANSEN J.R., RUSHFORTH S.R., ORBENDORFER R., FUNGLADA N., GRIMES J.M. (1983). - The algal flora of selected wet walls in Zion National park, Utah, USA. *Nova Hedwigia*, 38 : 765-808.
- KOBAYASI H., YOSHIDA M. (1984). - Diatoms from Senjogaike, an irrigation pond, Saitama Pref. *Bull. Tokio Gaku-gei Univ.*, 4 : (36) : 115-143.
- KRAMMER K. (1981). - Morphology investigations of the valva and girdle of the diatom genus *Cymbella* Agardh. *Bacillaria*, 4 : 125-139.
- (1982). - Valve morphology in the genus *Cymbella* C.A. Agardh. Micromorphology of diatom valves. J.G. Helmke and K. Krammer (Eds.) XI : 299 p.
- KRASSKE G. (1943). - Zur Diatomeenflora Lapplands. *Ber. deutsch. bot. Ges.*, 61 : 81-87.
- LANGE-BERTALOT H. (1976). - Eine revision zur Taxonomie der Nitzschiae Lanceolatae Grunow. *Nova Hedwigia*, 28 : 253-307.
- (1980). - New species combinations and synonyms in the genus *Nitzschia*. *Bacillaria*, 3 : 41-77.



- LANGE-BERTALOT H. (1980). – Zur systematischen Bewertung der bandförmigen Kolonien bei *Navicula* und *Fragilaria*. *Nova Hedwigia*, 33 : 723-787.
- LANGE-BERTALOT H., SIMONSEN R. (1978). – A taxonomic revision of the *Nitzschia* Lanceolate Grunow. *Bacillaria*, 1 : 11-111.
- LANGE-BERTALOT H., RUMRICH U. (1980). – The taxonomic identity of some ecologically important small *Naviculae*. In : Proc. Sixth Symp. on recent and fossil diatoms. R. Ross (Ed.) 135-154.
- LANGE-BERTALOT H., RUPPEL M. (1980). – Zur Revision taxonomisch problematischer ökologisch jedoch wichtiger Sippen der Gattung *Achnanthes* Bory. *Arch. Hydrobiol.*, Suppl. 60 : 31 p.
- LOSEVA N. (1982). – Atlas des diatomées du Pliocène supérieur de Prikamie. XI<sup>e</sup> Congrès INQUA, Moscou 1982, 176 p. (en russe).
- MANGUIN E. (1964). – Contribution à la connaissance des diatomées des Andes du Pérou. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, Paris, N.S., B, Botanique, 12 (2) : 98 p.
- MARCINIAK B. (1982). – Late Glacial and Holocene new diatoms from a Glacial lake Przedni staw in the Piec Stawow Polskich Valley Polish Tatra Mountains. *Acta Geol. Acad. Scient. Hungaricae*, 25 (1-2) : 161-171.
- MAYAMA S., KOBAYASI H. (1982). – Diatoms from the Aono-Gawa River. *Bull. Tokio Gakugei Univ.*, Sect. 4, 34 : 77-107.
- MOLDER K., TYNNI R. (1967). – Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen, I. *C. R. Soc. Géol. Finlande*, 39 : 199-217.
- (1969). – Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen, III. *Bull. Geol. Soc. Finland*, 41 : 235-251.
- PATRICK R., REIMER C.W. (1966). – The diatoms of the United States. *Monographs Acad. Nat. Sci. Philadelphia*, 1 (13) : 688 p., Livingston, USA.
- RENBERG I., HELLBERG T. (1982). – The pH history of lakes in Southwestern Sweden, as calculated from the subfossil diatom flora of the sediments. *Ambos II*, 1 : 30-33.
- ROSEN G.H., LOWE R.L. (1981). – Valve ultrastructure of some confusing *Fragimariaceae*. *Micron*, 22 (3) : 293-294.
- ROUND F.E., MANN D.G. (1981). – The diatoms genus *Brachysira*. I, Typification and separation from *Anomoeoneis*. *Arch. Protistenkunde*, 124 : 221-231.
- ROUND F.E. (1984). – The circumscription of *Synedra* and *Fragilaria* and their sub-groupings. In : Proc. Seventh Symp. on recent and fossil Diatoms, D.G. Mann (Ed.) 241-254.
- ROSS R., SIMS P.A. (1978). – Notes on some diatoms from the Isle of Mull, and other Scottish localities. *Bacillaria*, 1 : 151-168.
- ROUX M., SERVANT-VILDARY S. (1984). – Comparaisons statistiques de peuplements de diatomées fossiles et actuelles provenant des montagnes de Bolivie. *Cah. ORSTOM*, sér. Géol., 14 (1) : 3-13.
- 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.
- SCHOEMAN F.R., ASHTON P.J. (1982). – The diatom flora in the vicinity of the Pretoria Salt Pan, Transvaal, Republic of South Africa. I. Diatomaceae III. *Nova Hedwigia*, 73 : 21-54.
- (1982). – The diatom flora of the Pretoria Salt Pan Transvaal, Republic of South Africa, II. *Bacillaria*, 5 : 63-99.
- (1983). – The diatom flora of the Pretoria Salt Pan, Transvaal, Republic of South Africa, II. *S. Afr. Tydskr. Plantkde*, 2 : 191-201.
- SCHOEMAN F.R., ARCHIBALD R.E.M., ASHTON P.J. (1984). – The diatom flora in the vicinity of the Pretoria Salt Pan, Transvaal, Republic of South Africa, III. *S. Afr. Tydskr. Plantkde*, 3 : 191-207.
- SERVANT M., FONTES J.C. (1984). – Les basses terrasses fluviales du Quaternaire récent des Andes boliviennes. Datations par le 14C, interprétations paléoclimatiques. *Cah. ORSTOM*, Sér. Géol. 14 (1) 15-28.
- SERVANT-VILDARY S. (1982). – Altitudinal zonation of mountainous diatom-flora in Bolivia : application to the study of the Quaternary. *Acta Geol. Scient. Hungaricae*, 25 (1-2) : 179-210.
- STABELL B. (1981). – The diatom *Fragilaria virescens* var. *subsalina*. *Florilegium Florinis Dedicatum. Striae*, 14 : 126-129.
- TROPPER C.B. (1975). – Morphological variation of *Achnanthes hauckiana* (Bacillariophyceae) in the field. *J. Phycol.*, 11 : 297-302.
- TYNNI R. (1976). – Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen, IX. *Geol. Surv. of Finland*, 284 : 37 p.

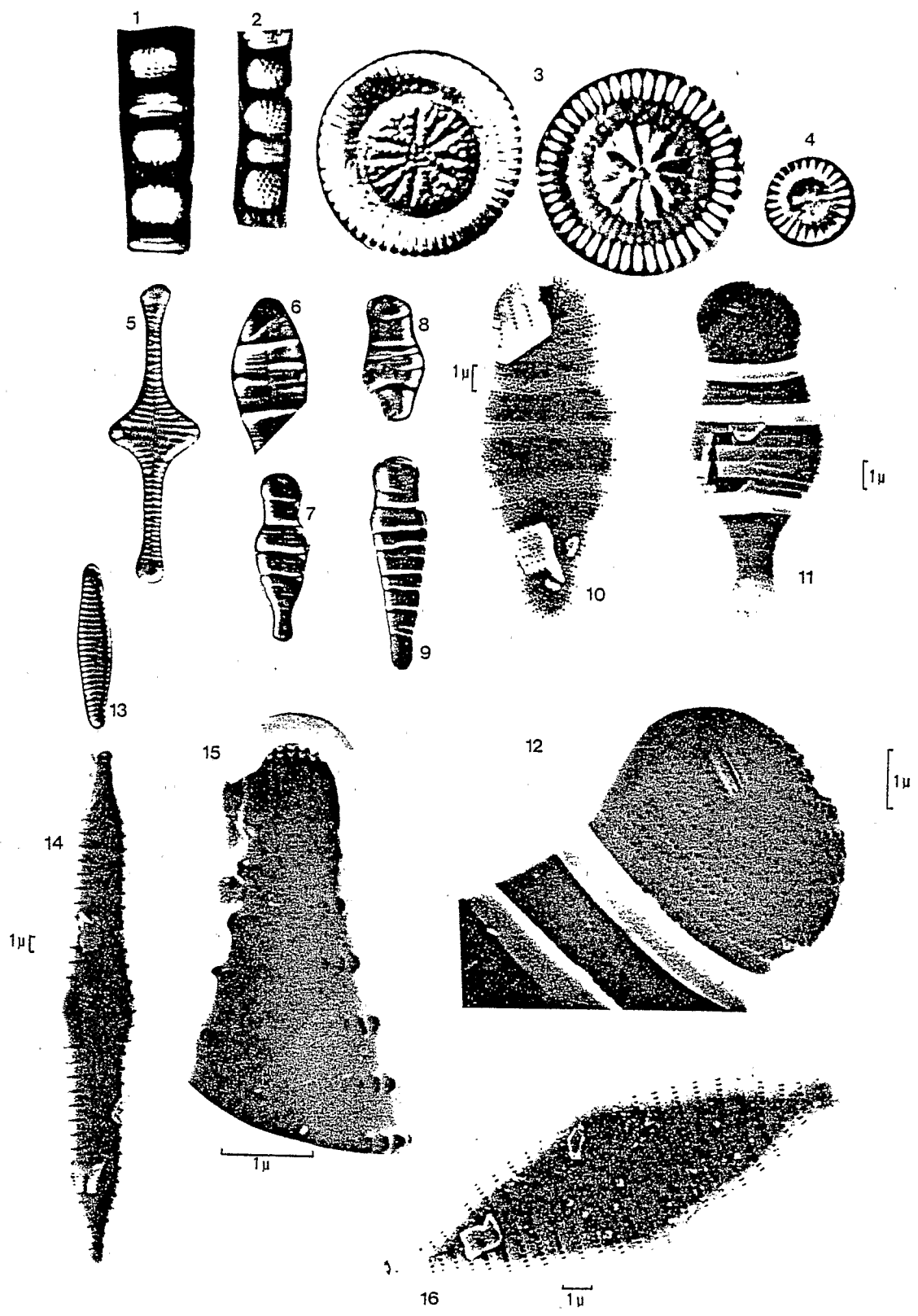
- HASLE GR., 1965. — *Nitzschia* and *Fragilariopsis* Species studied in the light and electron microscopes. The Genus *Fragilariopsis*. Vid. Akad. SKr. Mat. Nat. Kl., 21 : 49.
- HASLE GR., 1972. — *Fragilariopsis* HUSTEDT as a section of the genus *Nitzschia* Hassal. Nov. Hedw. Beihf., 39 : 111-119.
- HURLBERT S. H., 1978. — Andean Lake and flamingo Investigations. Technical Report n° 1, 1978 - n° 2, 1981. National Geographic Society. Department of Biology San Diego State University. California.
- HURLBERT S. H., 1978. — Limnological studies of flamingo diets and distributions. National Geographic Soc. Research Reports, 14 : 351-356.
- HURLBERT S. H., CHANG (C. C. Y.), 1983. — Ornitho-limnology : effects of grazing by the Andean flamingo (*Phoenicoparrus andinus*). Proc. Natl. Acad. Sc. U.S.A., 80 : 4766-69.
- HURLBERT (S. H.), KEITH (J. O.), 1979. — Distribution and spatial patterning of flamingos in the Andean Altiplano. The Ank., 96 : 328-343.
- HUSTEDT (F.), 1930. — Die Süßwasser-flora Mitteleuropas. Reprint 1976 Otto Koeltz. Sci. Publ.
- JENKIN (P.M.), 1957. — The filter-feeding and food of flamingoes (*Phoenicopteri*). Phil. Trans. of Royal Soc. of London B : 674, 240 : 401-493.
- KRASSKE (G.), 1942. — Die Kieselalgen des Chilenischen Küsten planktons. Archiv. f. Hydrobiologie, XXXVIII : 260-291.
- LANGE-BERTALOT (H.), 1976. — Eine revision zur Taxonomie der *Nitzschia* Lanceolatae Grunow. Nov. Hedw., 28.
- LANGE-BERTALOT (H.), 1979. — *Simonsenia*, a new genus with morphology intermediate between *Nitzschia* et *Surirella*. Bacillaria, 2 : 127-136.
- LANGE-BERTALOT (H.), 1980. — New species combinations and synonyms in the genus *Nitzschia*. Bacillaria, 3 : 41-77.
- LANGE-BERTALOT (H.), SIMONSEN (R.), 1978. — A taxonomic revision of the *Nitzschia* Lanceolatae Grunow. Bacillaria, 1 : 11-111.
- MANGUIN (E.), 1960. — Les diatomées de la Terre Adélie. Campagne du « Commandant Charcot » 1949-1950. Ann. Sci. Nat. Botanique, 12 (1) 2 : 223-364.
- MANN David, G., 1977. — The diatom genus *Hantzschia* Grunow- an appraisal. Nov. Hedw., 54 : 323-354.
- PADDOCK (TBB), SIMS (P. A.), 1977. — A preliminary survey of the raphe structure of some advanced groups of diatoms [Epithemiaceae, Surirellaceae]. Nov. Hedw., 54 : 291-322.
- PADDOCK (TBB), SIMS (P. A.), 1981. — A morphological study of keels of various raphe-bearing diatoms. Bacillaria, 4 : 177-217.
- PATRICK (R.), 1961. — Diatoms [Bacillariophyceae] from the alimentary tract of *Phoenicoparrus jamesi* [Sclater]. Yale Peabody Museum of Nat. History, 49 : 43-56.
- PENA LUIS (E.), 1961. — Explorations in the Antofagasta Range, with observations on the fauna and flora. Yale Peabody. Museum of Nat. History, 49 : 3-42.
- ROUND (F. E.), 1970. — The genus *Hantzschia* with particular reference to *H. virgata* v. *intermedia* (Grun.) comb. nov. Ann. Bot., 34 : 75-91.
- SCHOEMAN (F. R.), ARCHIBALD (R.), 1976. — The diatom flora of Southern Africa C.S.I.R. Wat., 50 Pretoria.
- SCHOEMAN (F. R.), ASHTON (P. J.), 1982. — The diatom flora in the vicinity of the Pretoria Salt Pan, Transvaal, Republic of South Africa I, Nov. Hedw., 73 : 21-54.
- SCHOEMAN (F. R.), ASHTON (P. J.), 1982. — The diatom flora of the Pretoria Salt Pan, Transvaal, Republic of South Africa, Bacillaria, 5 : 63-99.
- SERVANT (M.), FONTES (J. C.), 1978. — Les lacs quaternaires des hauts plateaux des Andes boliviennes. Premières interprétations paléoclimatiques. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol., vol. X, n° 1 : 9-23.
- SERVANT-VILDARY (S.), 1978. — Les diatomées des dépôts lacustres quaternaires de l'Altiplano bolivien. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol., vol. X, n° 1 : 10-25.
- SERVANT-VILDARY (S.), 1978. — Les diatomées des sédiments suprficiels d'un lac salé, chloruré sulfaté sodique de l'Altiplano bolivien, le lac Poopo. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol., vol. X, n° 1 : 70-79.
- SIMS (P.A.), PADDOCK (TBB.), 1982. — The fenestral fibula : a new structure in the diatoms. Bacillaria, 5 : 7-22.
- TYNNI (R.), 1980. — Löber Finnlands rezente und subfossile diatomeen. XI. Geol. Surv. of Finland Bull., 312, 83 p.

## PLANCHES

## PLANCHE 1

Le nombre de stries, d'aréoles, de côtes, de fibules est toujours exprimé pour une longueur de 10  $\mu\text{m}$

- 1 et 2. – *Melosira italica* (Ehr) Kutzing – Station 343  
1 : Long. 7  $\mu\text{m}$ , larg. 6,5  $\mu\text{m}$ , 20 aréoles – 2 : Long. 6  $\mu\text{m}$ , larg. 5  $\mu\text{m}$ , 16 aréoles
- 3 et 4. – *Cyclotella stelligera* (Cl.) Grunow – Station 336  
3 : Diamètre 20  $\mu\text{m}$  – 4 : Diamètre 8,5  $\mu\text{m}$
5. – *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kutzing – Station 360  
Long. 29,5  $\mu\text{m}$ , larg. 10  $\mu\text{m}$ , 18 stries
6. – *Diatoma hiemale* var. *mesodon* (Ehr.) Grunow – Station 360  
Long. 15  $\mu\text{m}$ , larg. 7,5  $\mu\text{m}$
- 7 à 12. – *Meridion circulare* var. *constricta* (Ralfs) Van Heurck – Station 340  
7 : Long. 16,5  $\mu\text{m}$ , larg. 5  $\mu\text{m}$  – 8 : Long. 12,5  $\mu\text{m}$ , larg. 6  $\mu\text{m}$  – 9 : Long. 21  $\mu\text{m}$ , larg. 6  $\mu\text{m}$   
10 à 12 : Long. 14  $\mu\text{m}$ , larg. 6  $\mu\text{m}$ , 25 stries, 70 aréoles  
10 : Vue générale externe – 11 : Vue générale interne – 12 : Détail du rimoportula
13. – *Fragilaria exigua* (Grun) Lange-Bertalot – Station 362  
Long. 16  $\mu\text{m}$ , larg. 3,5  $\mu\text{m}$ , 18 stries
- 14 à 16. – *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae* Lange-Bertalot – Station 337  
14 et 15 : Long. 25,5  $\mu\text{m}$ , larg. 4,7  $\mu\text{m}$ , 15 stries  
14 : Vue générale interne – 15 : Détail sur les pores à mucus – 16 : Vue générale externe  
Long. 17  $\mu\text{m}$ , larg. 10  $\mu\text{m}$ , 15 stries, 60 aréoles



## PLANCHE 2

### 17 à 20. – *Fragilaria capucina* Desmazières

17 et 18 : Station 340 - Long. 15,4 µm, larg. 4,2 µm, 20 stries, 70 aréoles

17 : Vue générale externe – 18 : Détail sur les pores à mucus

19 : Station 361 - Long. 20 µm, larg. 4 µm, 15 stries – 20 : Station 351 - Long. 21 µm, larg. 3,2 µm, 17 stries

### 21 à 26. – *Fragilaria elliptica* Schuman

21 : Station 351 - Long. 8,5 µm, larg. 4,5 µm, 18 stries

22 : Station 340 - Long. 10,5 µm, larg. 4,5 µm, 16 stries

23 à 26 : Station 337

23 et 24 : Long. 12,5 µm, larg. 4,7 µm, 15 stries, 60 aréoles

23 : Vue générale externe – 24 : Détail sur les pores à mucus

25 et 26 : Vues latérales, les dents s'insèrent entre les stries

### 27. – *Fragilaria construens* var. *exigua* (W. Smith) Schulz

Station 351 - Long. 13 µm

### 28. – *Fragilaria socia* Wallace

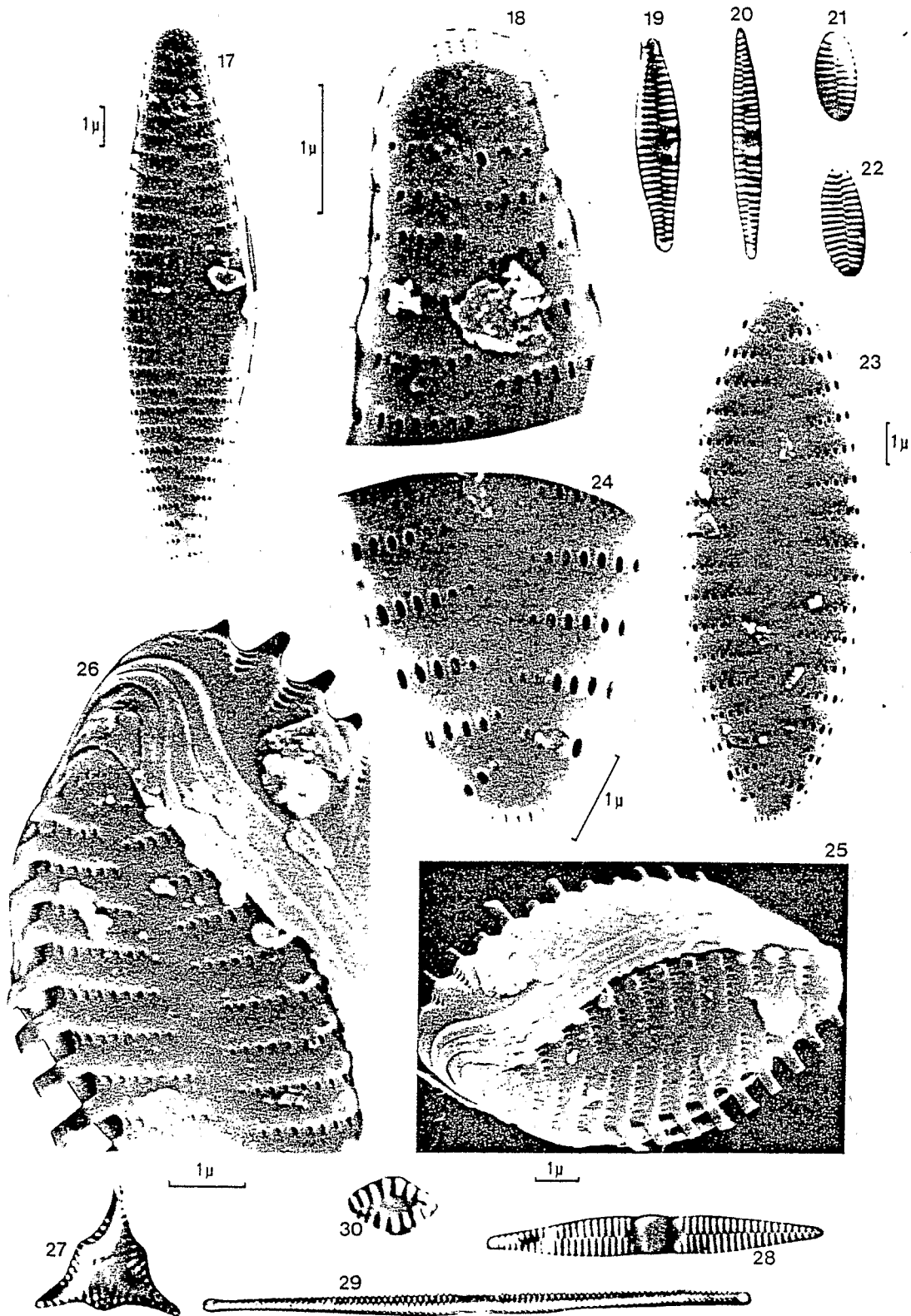
Station 355 - Long. 30 µm, larg. 3,5 µm, 17 stries

### 29. – *Fragilaria famelica* Kutzing

Station 349 - Long. 50 µm, larg. 2 µm, 19 stries

### 30. – *Fragilaria pinnata* Ehrenberg

Station 366 - Long. 8 µm, larg. 5,5 µm, 12 stries



### PLANCHE 3

31a. - *Fragilaria pinnata* Ehrenberg  
Station 366 - Long. 6  $\mu\text{m}$ , larg. 2,5  $\mu\text{m}$ , 14 stries

31b à 36. - *Fragilaria brevistriata* Grunow  
31b : Station 366 - Long. 8  $\mu\text{m}$ , larg. 4  $\mu\text{m}$ , 14 stries  
32 : Station 335 - Long. 17  $\mu\text{m}$ , larg. 3,7  $\mu\text{m}$ , 12 stries

33 et 34. - Station 345  
Long. 12  $\mu\text{m}$ , larg. 2  $\mu\text{m}$ , 13 stries  
33 : Vue générale externe - 34 : Détail sur les pores à mucus - 35 : Station 366 - Long. 13,5  $\mu\text{m}$ , larg. 4  $\mu\text{m}$ , 14 stries  
36 : Station 345 - Vue générale interne - Long. 10  $\mu\text{m}$ , larg. 4,8  $\mu\text{m}$ , 14 stries

37. - *Eunotia peruviana* Manguin  
Station 360 - Long. 50  $\mu\text{m}$ , larg. 5  $\mu\text{m}$ , 11 stries

38. - *Eunotia meisteri* Hustedt  
Station 340 - Long. 16  $\mu\text{m}$ , larg. 5,4  $\mu\text{m}$ , 16 stries

39. - *Eunotia exigua* (de Breb.) Grunow  
Station 356 - Long. 28  $\mu\text{m}$ , larg. 3  $\mu\text{m}$ , 21 stries

40. - *Eunotia veneris* (Kutz) O. Muller  
Station 351 - Long. 29  $\mu\text{m}$ , larg. 5,5  $\mu\text{m}$ , 19 stries

41. - *Eunotia veneris* var. *tenuirostris* Manguin  
Station 361 - Long. 32  $\mu\text{m}$ , larg. 2,5  $\mu\text{m}$ , 20 stries

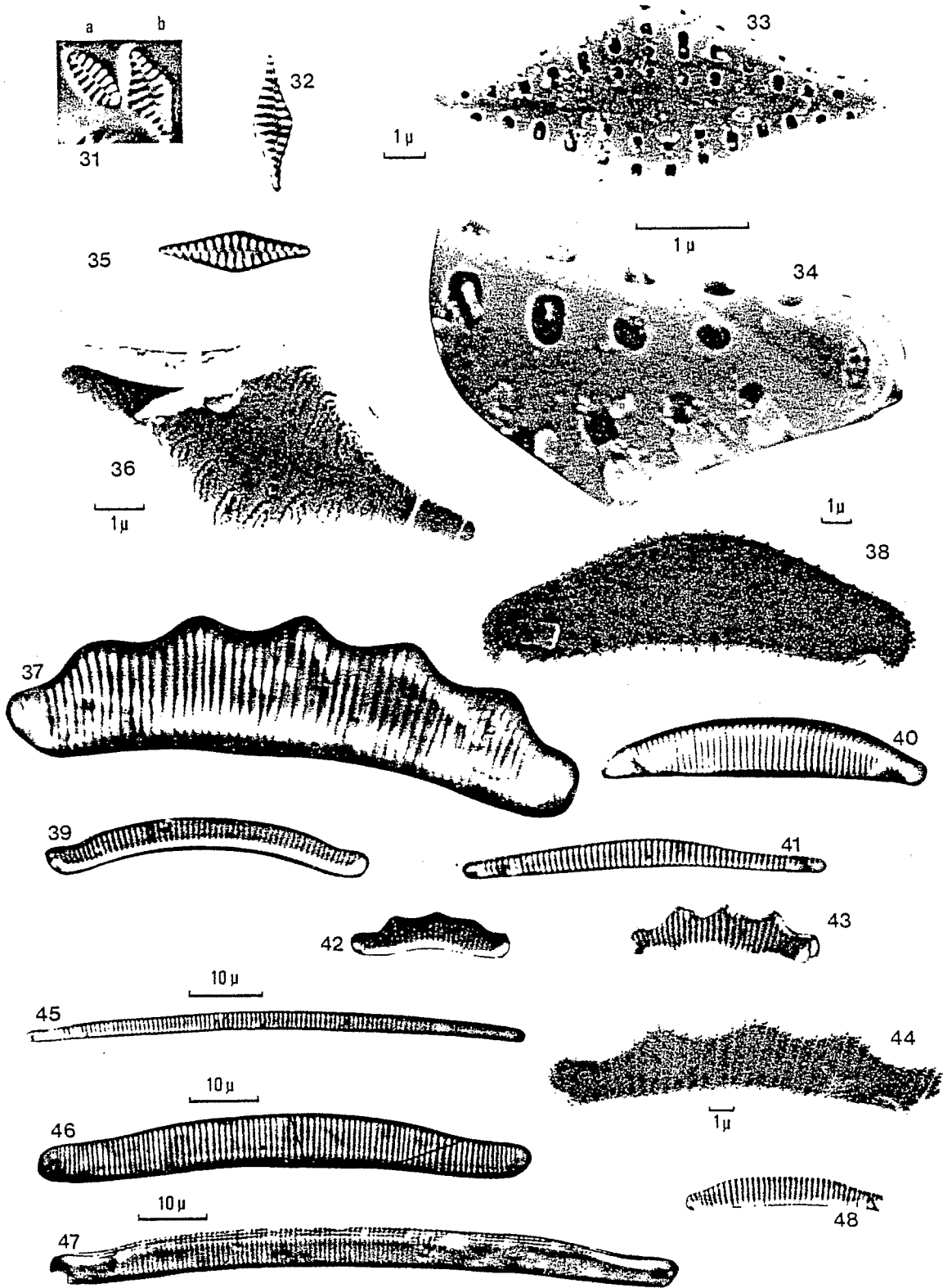
42 à 44. - *Eunotia tridentula* Ehrenberg  
42 : Station 340 - Long. 12  $\mu\text{m}$ , larg. 3  $\mu\text{m}$ , 23 stries - 43 : Station 364 - Long. 17,5  $\mu\text{m}$ , larg. 4  $\mu\text{m}$ , 21 stries  
44 : Station 337 - Long. 25  $\mu\text{m}$ , larg. 3  $\mu\text{m}$ , 19 stries

45. - *Eunotia naegelii* Migula  
Station 348 - Long. 72  $\mu\text{m}$ , larg. 3,3  $\mu\text{m}$ , 16 stries

46 et 47. - *Eunotia valida* Hustedt  
46 : Station 339 - Long. 72  $\mu\text{m}$ , larg. 8,3  $\mu\text{m}$ , 12 stries - 47 : Station 356 - Long. 91  $\mu\text{m}$ , larg. 5,8  $\mu\text{m}$ , 13 stries

48. - *Eunotia pectinalis* var. *minor* (Kutz) Rabenhorst  
Station 363 - Long. 17,5  $\mu\text{m}$ , larg. 2,5  $\mu\text{m}$ , 13 stries





## PLANCHE 4

### 49 à 52. – *Achnanthes saccula* Carter

Station 335

- 49 : Long. 9 µm, larg. 4 µm, 22 stries – 50 : Long. 8 µm, larg. 4 µm, 24 stries  
51 : Vue générale interne de l'hypovalve - Long. 9 µm, larg. 5 µm, 22 stries  
52 : Vue générale interne de l'épivalve - Long. 8,4 µm, larg. 4,5 µm, 26 stries

### 53 et 54. – *Achnanthes altaica* (Poretzky) Cleve Euler

- 53 : Station 330 - Long. 11 µm, larg. 5,5 µm, 32 stries – 54 : Station 356 - Long. 11 µm, larg. 4 µm

### 55 à 60. – *Achnanthes pseudoswazi* Carter

- 55 et 56 : Station 335 - Long. 10,5 µm, larg. 4 µm, 22 stries

55 : Epivalve – 56 : Hypovalve

- 57 et 58 : Station 358 - Long. 14 µm, larg. 4 µm, 22 stries

57 : Hypovalve – 58 : Epivalve

- 59 et 60 : Station 362 - Long. 9 µm, larg. 4 µm, 24 stries

59 : Hypovalve – 60 : Epivalve

### 61 à 63. – *Achnanthes subatomoides* (Hust.) Lange-Bertalot

Station 361

- 61 : Epivalve - Long. 10,5 µm, larg. 5,5 µm – 62 : Hypovalve - Long. 10,5 µm, larg. 5,5 µm  
63 : Epivalve - Long. 9,5 µm, larg. 5,5 µm, 32 stries

### 64 et 65. – *Achnanthes* sp.

Station 332

- 64 : Long. 29 µm, larg. 5,5 µm, 25 stries – 65 : Long. 30 µm, larg. 6,5 µm, 26 stries

### 66 à 68. – *Achnanthes austriaca* Hustedt

Station 359

- 66 et 67 : Long. 13 µm, larg. 5 µm, 24 stries

- 66 : Hypovalve – 67 : Epivalve – 68 : Long 13 µm, larg. 5 µm, 24 stries - Epivalve

### 69 et 70. – *Achnanthes lapponica* var. *ninkei* Patrick

- 69 : Station 350 - Long. 16,5 µm, larg. 8 µm, 28 stries

- 70 : Station 364 - Long. 30 µm, larg. 12 µm, 22 stries

### 71. – *Achnanthes pseudoincognita* Cleve-Euler

Station 354 - Long. 14,5 µm, larg. 5 µm, 28 stries

### 72 et 73. – *Achnanthes lanceolata* var. *rostrata* Hustedt

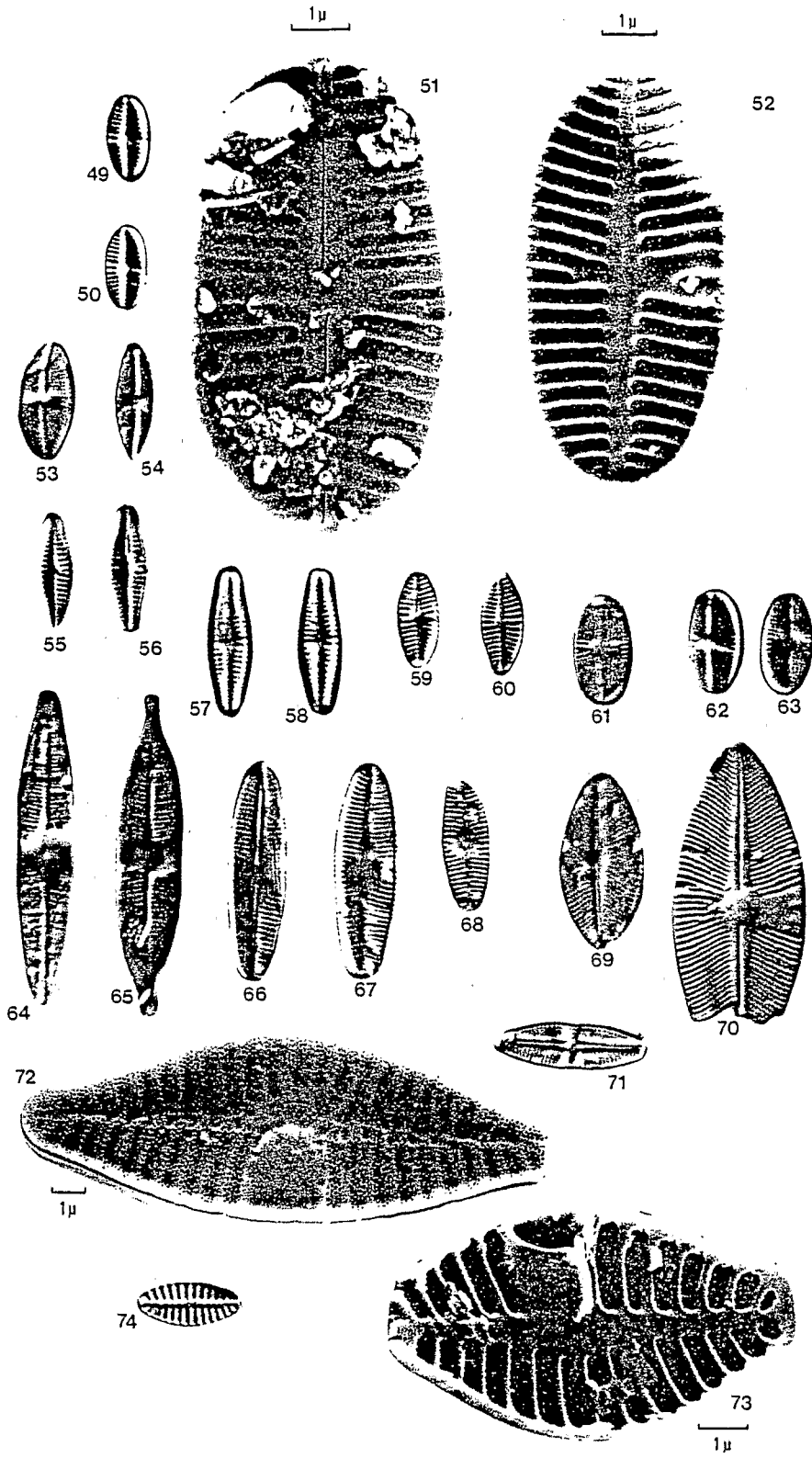
Station 337

- 72 : Long. 17 µm, larg. 6,3 µm, 16 stries, 60 aréoles – Vue générale externe de l'épivalve

- 73 : Long. 8,8 µm, larg. 5 µm, 18 stries – Vue générale de l'épivalve

### 74. – *Achnanthes delicatula* Kutzing

Station 366 - Long. 9 µm, larg. 4 µm, 16 stries



## PLANCHE 5

75 à 77. – *Achnanthes lanceolata* var. *rostrata* Hustedt

Station 337 - Long. 14,5  $\mu\text{m}$ , larg. 5,7  $\mu\text{m}$ , 18 stries, 80 aréoles

75 : Vue générale externe – 76 : Détail de l'extrémité – 77 : Détail de la partie centrale

78. – *Achnanthes subatomoides* (Hust.) Lange-Bertalot

Station 345 - Long. 8  $\mu\text{m}$ , larg. 4,5  $\mu\text{m}$ , 18 stries, 40 aréoles – Vue générale externe de l'épivalve

79 à 81. – *Achnanthes affinis* Grunow

79 et 80 : Station 345

79 : Long. 7  $\mu\text{m}$ , larg. 2  $\mu\text{m}$ , 30 stries, 70 aréoles – Vue générale externe de l'hypovalve

80 : Long. 11,4  $\mu\text{m}$ , larg. 2,8  $\mu\text{m}$ , 28 stries – Vue générale interne de l'hypovalve

81 : Station 335 – Long. 18  $\mu\text{m}$ , larg. 3  $\mu\text{m}$

82 à 86. – *Achnanthes microcephala* Kützing

Station 345

82 à 84 : Long. 16,5  $\mu\text{m}$ , larg. 1,8  $\mu\text{m}$ , 34 stries, 25 aréoles

82 : Vue générale externe – 83 : Détail de l'extrémité – 84 : Détail de la partie centrale

85 : Long. 29  $\mu\text{m}$ , larg. 2,5  $\mu\text{m}$ , 30 stries – 86 : Vue interne de l'hypovalve

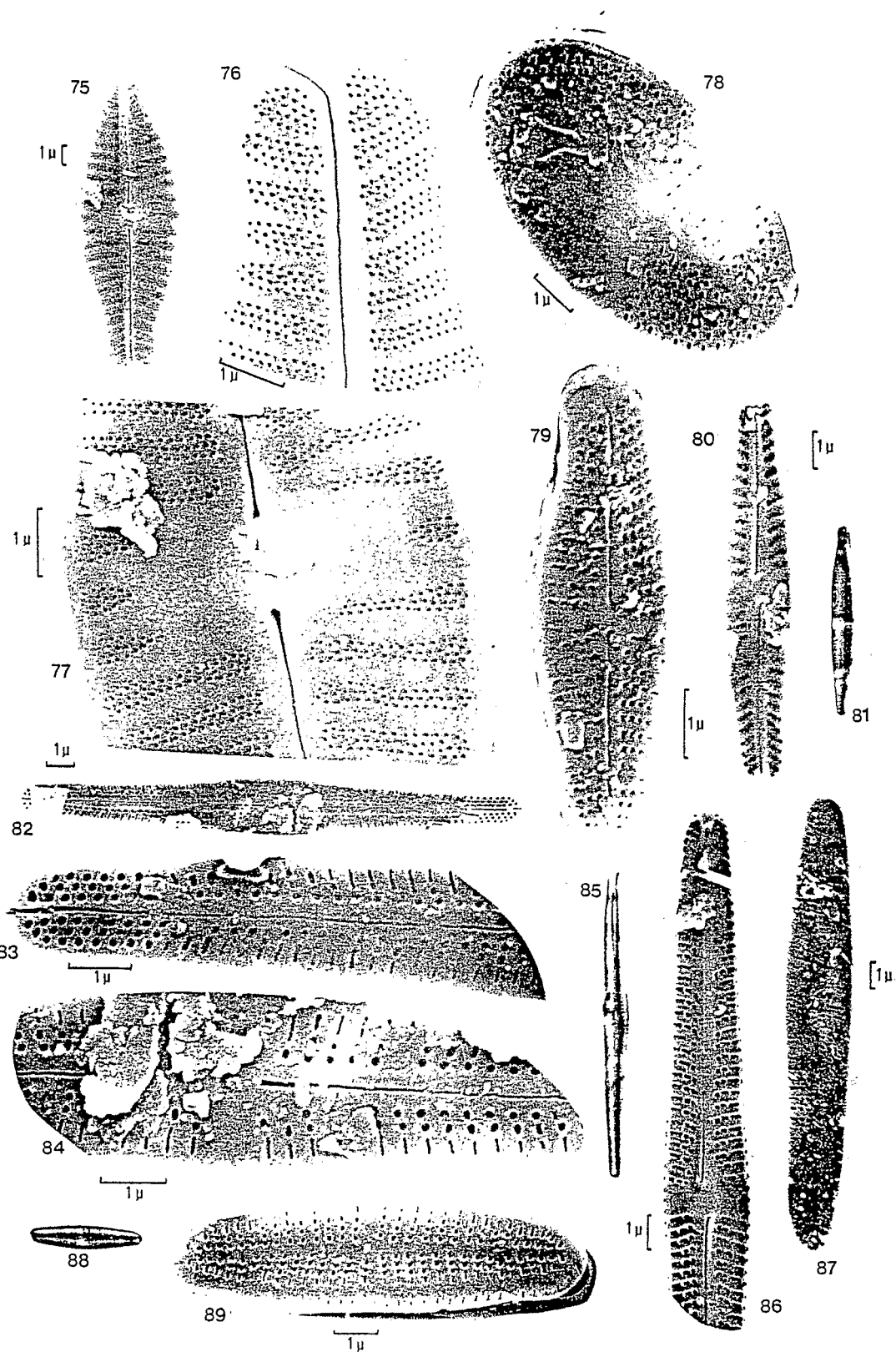
87. – *Achnanthes linearis* ? W. Smith

Station 345 - Long. 18  $\mu\text{m}$ , larg. 2,8  $\mu\text{m}$ , 27 stries

88 et 89. – *Achnanthes minutissima* Kützing

88 : Station 335 - Long. 11  $\mu\text{m}$ , larg. 2,5  $\mu\text{m}$ , 28 stries

89 : Station 345 - Long. 10  $\mu\text{m}$ , larg. 2,5  $\mu\text{m}$ , 30 stries, 40 aréoles – Vue générale externe de l'épivalve



## PLANCHE 6

### 90 à 93. – *Frustulia frenguelli* Manguin

90 et 91 : Station 337 - Vues externes, 36 stries, 40 aréoles  
90 : Détail de l'extrémité – 91 : Détail de la partie centrale  
92 et 93 : Station 340 - Vues internes, 40 stries, 40 aréoles  
92 : Détail de l'extrémité – 93 : Détail de la partie centrale

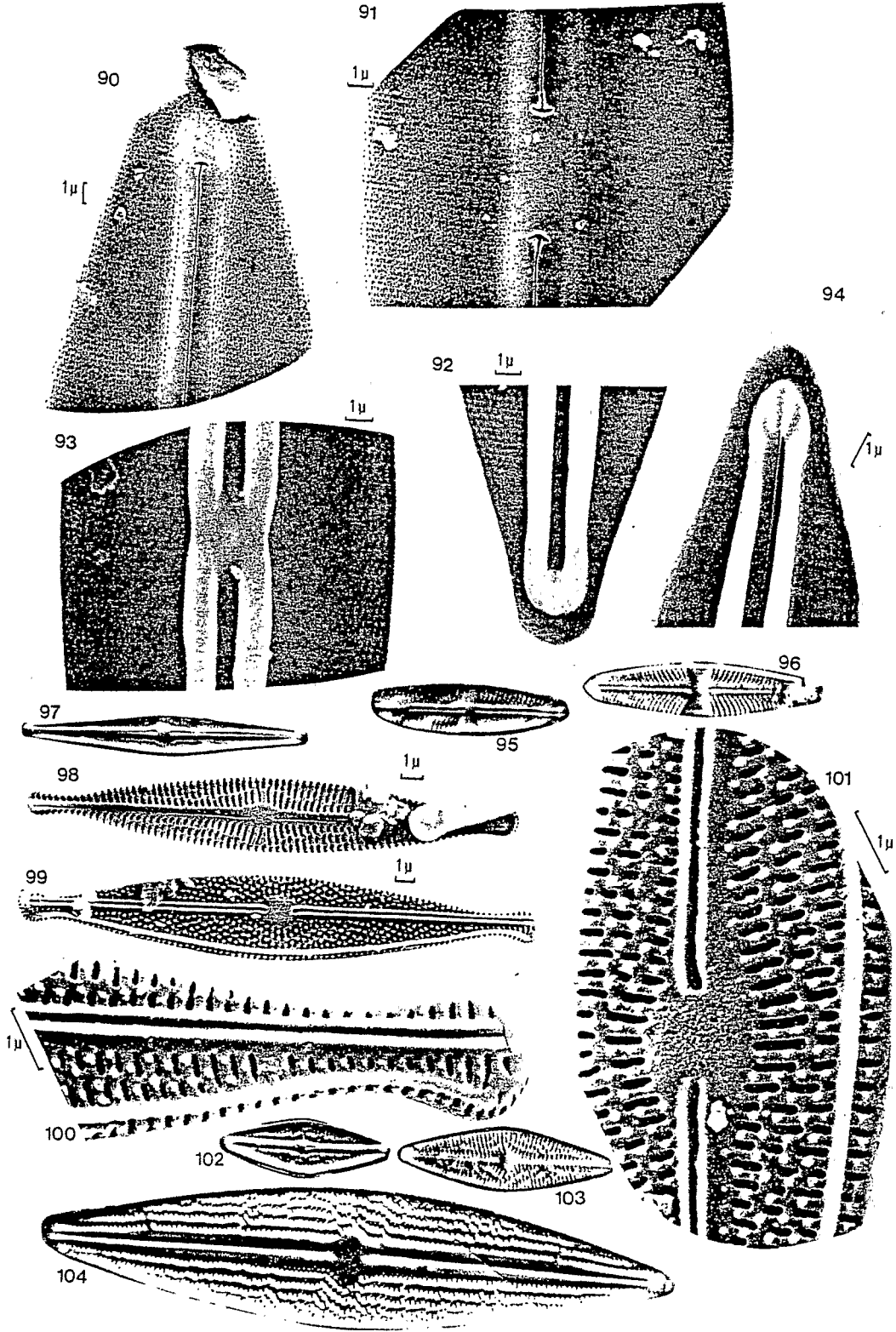
### 94. – *Frustulia rhomboides* var. *saxonica* (Rabl.) De Toni Station 340 - Vue interne, détail de l'extrémité

95 et 96. – *Stauroneis borrichii* (Petersen) Lund  
95 : Station 365 - Long. 18 µm, larg. 5 µm, 22 stries – 96 : Station 366 - Long. 22,5 µm, larg. 6 µm, 20 stries

97 à 101. – *Anomoeoneis vitrea* (Grun) Ross  
97 : Station 362 - Long. 27,5 µm, larg. 4 µm, 30 stries  
98 à 101 : Station 345  
98 : Long. 21 µm, larg. 4 µm, 33 stries, 20 aréoles – Vue générale interne  
99 : Long. 39 µm, larg. 4 µm, 34 stries, 20 aréoles – Vue générale externe  
100 : Détail de l'extrémité – 101 : Détail de la partie centrale

102 et 103. – *Anomoeoneis serians* var. *brachysira* (Breb) Cleve  
Station 360  
102 : Long. 16,5 µm, larg. 5,7 µm, 26 stries – 103 : Long. 20 µm, larg. 6,5 µm, 24 stries

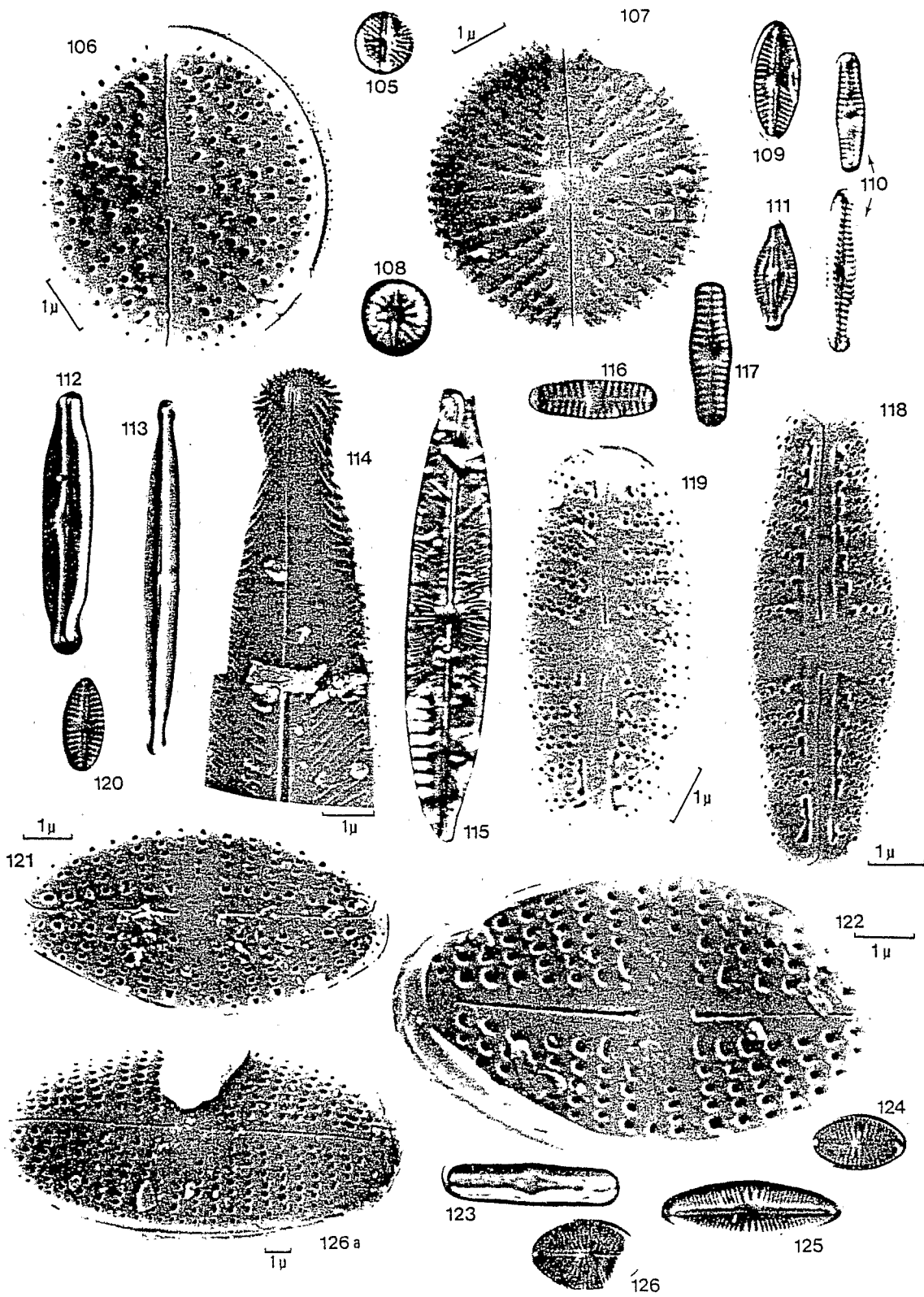
104. – *Anomoeoneis serians* (Breb.) Cleve  
Station 362 - Long. 60 µm, larg. 13,2 µm, 20 stries, 10 aréoles



## PLANCHE 7

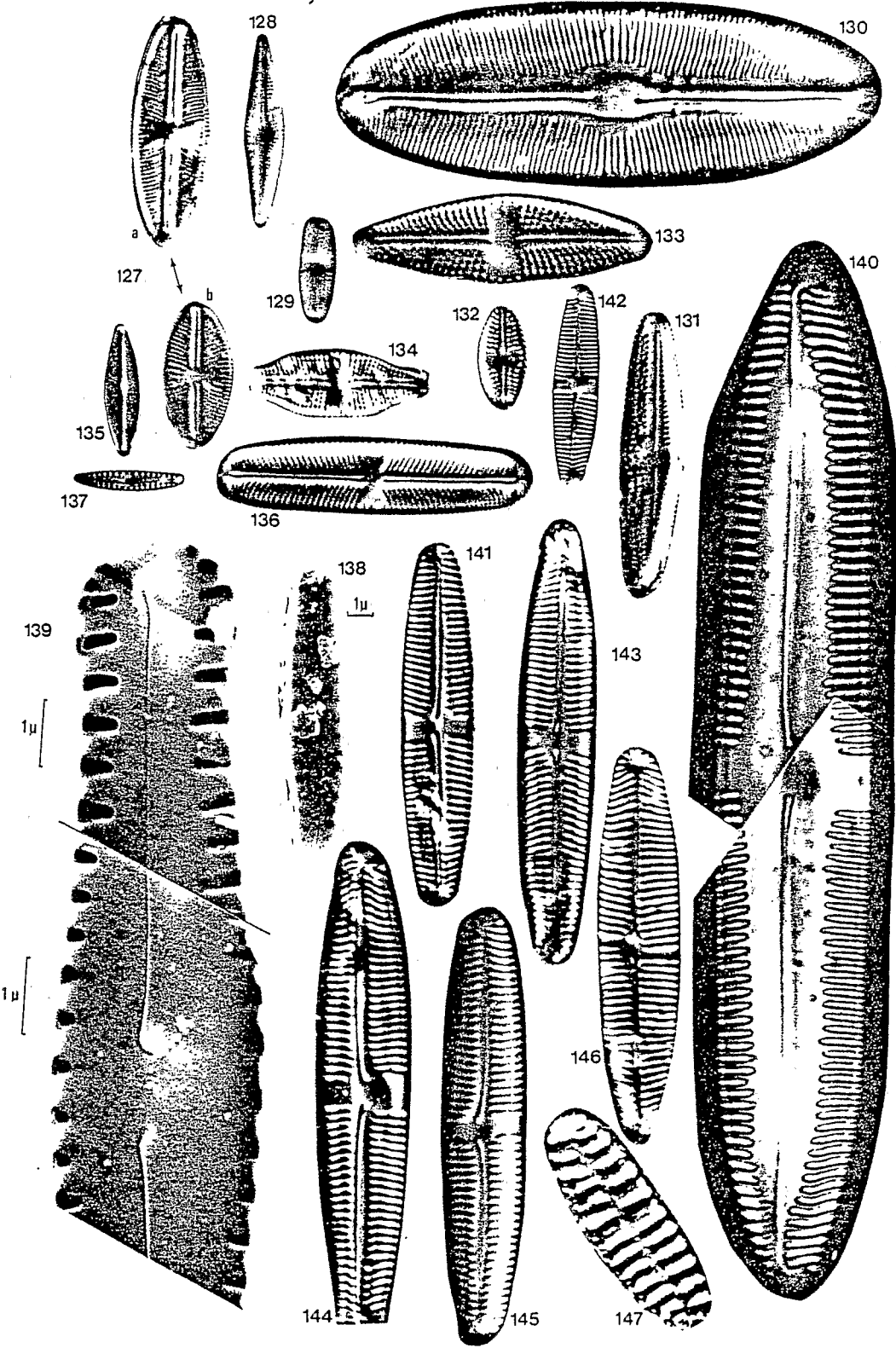
- 105 à 108. – *Navicula pseudoscutiformis* Hustedt  
105 : Station 350 - Long. 6  $\mu\text{m}$ , larg. 5,5  $\mu\text{m}$ , 40 stries  
106 et 107 : Station 337  
106 : Long. 5,6  $\mu\text{m}$ , larg. 5  $\mu\text{m}$ , 44 stries, 40 aréoles – 107 : Long. 5,5  $\mu\text{m}$ , larg. 5,3  $\mu\text{m}$ , 44 stries, 35 aréoles  
108 : Station 358 - Long. 7,5  $\mu\text{m}$ , larg. 7,5  $\mu\text{m}$ , 30 stries
109. – *Navicula aboensis* (Cl.) Hustedt  
Station 330 - Long. 11  $\mu\text{m}$ , larg. 5  $\mu\text{m}$ , 18 stries
110. – *Navicula mediocris* Krasske  
Station 355 - Long. 11-15  $\mu\text{m}$ , larg. 3  $\mu\text{m}$ , 20 stries
111. – *Navicula pseudonaumanii* Manguin  
Station 337 - Long. 11  $\mu\text{m}$ , larg. 4,5  $\mu\text{m}$ , 24 stries
112. – *Navicula jaagii* Meister  
Station 347 - Long. 25  $\mu\text{m}$ , larg. 5  $\mu\text{m}$ , 32 stries
- 113 et 114. – *Navicula subtilissima* Cleve  
Station 360 - Long. 33  $\mu\text{m}$ , larg. 4  $\mu\text{m}$ , 50 stries
115. – *Navicula rauhii* Manguin  
Station 360 - Long. 45  $\mu\text{m}$ , larg. 8,5  $\mu\text{m}$ , 28 stries
- 116, 118 et 119. – *Navicula seminulum* Grunow  
Station 337  
116 : Long. 12  $\mu\text{m}$ , larg. 4  $\mu\text{m}$ , 20 stries – 118 : Long. 7,8  $\mu\text{m}$ , larg. 2,8  $\mu\text{m}$ , 20 stries, 50 aréoles  
119 : Long. 7,2  $\mu\text{m}$ , larg. 2,8  $\mu\text{m}$ , 24 stries, 50 aréoles
117. – *Navicula seminulum* var. *radiosa* Hustedt  
Station 330 - Long. 11  $\mu\text{m}$ , larg. 3,2  $\mu\text{m}$ , 20 stries
120. – *Navicula submuralis* Hustedt  
Station 331 - Long. 10  $\mu\text{m}$ , larg. 4,5  $\mu\text{m}$ , 18 stries
121. – *Navicula seminuloides* Hustedt  
Long. 7,6  $\mu\text{m}$ , larg. 4,3  $\mu\text{m}$ , 24 stries, 50 aréoles
122. – *Navicula* sp.  
Long. 8,3  $\mu\text{m}$ , larg. 4,9  $\mu\text{m}$ , 24 stries, 35 aréoles
123. – *Navicula gallica* (W. Smith) Lagerstedt  
Station 357 - Long. 17  $\mu\text{m}$ , larg. 4,5  $\mu\text{m}$
- 124 et 125. – *Navicula subrotundata* Hustedt  
124 : Station 330 - Long. 9,5  $\mu\text{m}$ , larg. 5,5  $\mu\text{m}$ , 24 stries – 125 : Long. 17,5  $\mu\text{m}$ , larg. 6  $\mu\text{m}$ , 24 stries
126. – *Navicula utermohlii* Hustedt  
Station 366 - Long. 11  $\mu\text{m}$ , larg.  $\mu\text{m}$ , 26 stries
- 126a. – *Navicula* sp.  
Station 345 - Long. 13  $\mu\text{m}$ , larg. 6  $\mu\text{m}$ , 18 stries, 40 aréoles





## PLANCHE 8

- 127a et b. – *Navicula lapidosa* Krasske  
Station 338 - a : Long. 23  $\mu\text{m}$ , larg. 8  $\mu\text{m}$ , 24 stries – b : Long. 15  $\mu\text{m}$ , larg. 7  $\mu\text{m}$ , 24 stries
128. – *Navicula digitulus* Hustedt  
Station 354 - Long. 19  $\mu\text{m}$ , larg. 5  $\mu\text{m}$ , 32 stries
129. – *Navicula minima* Grunow  
Station 330 - Long. 11  $\mu\text{m}$ , larg. 5  $\mu\text{m}$ , 32 stries
130. – *Navicula subdeliberata* Manguin  
Station 332 - Long. 53  $\mu\text{m}$ , larg. 19  $\mu\text{m}$ , 18 stries
131. – *Navicula dismutica* Hustedt  
Station 344 - Long. 56  $\mu\text{m}$ , larg. 9,5  $\mu\text{m}$ , 20 stries
132. – *Navicula mutica* var. *cohnii* (Hilse) Grunow  
Station 330 - Long. 10  $\mu\text{m}$ , larg. 5  $\mu\text{m}$ , 24 stries
133. – *Navicula mutica* Kutzing  
Station 335 - Long. 23  $\mu\text{m}$ , larg. 7,2  $\mu\text{m}$ , 18 stries
134. – *Navicula muticopsis* var. *producta* (Grun) Frenguelli  
Station 365 - Long. 18  $\mu\text{m}$ , larg. 7  $\mu\text{m}$ , 24 stries
135. – *Navicula minuscula* Grunow  
Station 366 - Long. 13  $\mu\text{m}$ , larg. 4  $\mu\text{m}$ , 35 stries
136. – *Navicula pupula* var. *rectangularis* (Greg.) Grunow  
Station 347 - Long. 31  $\mu\text{m}$ , larg. 8  $\mu\text{m}$ , 20 stries
- 137 et 138. – *Navicula mediocris* Krasske  
Station 359 - 137 : Long. 11  $\mu\text{m}$ , larg. 3  $\mu\text{m}$ , 18 stries – 138 : Long. 12  $\mu\text{m}$ , larg. 2,2  $\mu\text{m}$ , 15 stries
139. – *Pinnularia* sp.
140. – *Pinnularia viridis* var. *acuminata* (W. Smith) Brun  
Station 358 - Long. 104  $\mu\text{m}$ , larg. 40  $\mu\text{m}$ , 18 stries
- 141, 143 à 145. – *Pinnularia microstauron* (Ehr.) Cleve  
141 : Station 345 - Long. 36  $\mu\text{m}$ , larg. 10  $\mu\text{m}$ , 15 stries – 143 : Station 358 - Long. 44  $\mu\text{m}$ , larg. 8  $\mu\text{m}$ , 14 stries  
144 : Station 351 - Long. 50  $\mu\text{m}$ , larg. 9  $\mu\text{m}$ , 14 stries – 145 : Station 356 - Long. 42  $\mu\text{m}$ , larg. 8,5  $\mu\text{m}$ , 14 stries
142. – *Pinnularia microstauron* var. *brebissonii* f. *diminuta* Manguin  
Station 347 - Long. 20  $\mu\text{m}$ , larg. 4,5  $\mu\text{m}$ , 24 stries
146. – *Pinnularia microstauron* var. *brebissonii* (Kutz.) Hustedt  
Station 347 - Long. 40  $\mu\text{m}$ , larg. 8  $\mu\text{m}$ , 132 stries
147. – *Fragilaria pinnata* Ehrenberg  
Station 351 - Long. 25  $\mu\text{m}$ , larg. 8  $\mu\text{m}$ , 4 stries



## PLANCHE 9

- 148 à 151. – *Pinnularia divergentissima* (Grun.) Cleve  
Station 338 - 148 : Long. 30 µm, larg. 4,5 µm, 14 stries – 149 à 151 : Long. 22 µm, larg. µm, 16 stries, 90 aréoles  
149 : Vue générale externe – 150 : Détail de l'extrémité – 151 : Vue interne
- 152 et 157. – *Pinnularia cf. intermedia* (Lagerst.) Cleve  
152 : Station 363 - Long. 21,5 µm, larg. 10 µm, 10 stries – 157 : Station 343 - Long. 21 µm, larg. 6 µm, 14 stries
153. – *Pinnularia leptosoma* Grunow  
Station 351 - Long. 28 µm, larg. 5 µm, 14 stries
154. – *Pinnularia subcapitata* var. *paucistriata* Grunow  
Station 348 - Long. 41 µm, larg. 5,5 µm, 11 stries
155. – *Pinnularia interrupta* W. Smith  
Station 360 - Long. 52 µm, larg. 7,5 µm, 12 stries
156. – *Pinnularia* sp.  
Station 357 - Long. 54,5 µm, larg. 10,5 µm, 18 stries
158. – *Pinnularia gibba* Ehrenberg  
Station 348 - Long. 33 µm, larg. 7,5 µm, 13 stries
159. – *Pinnularia viridis* (Nitzsch.) Ehrenberg  
Station 346 - Long. 133 µm, larg. 24 µm, 8 stries
- 159a à d. – *Caloneis bacillum* (Grun) Meresch  
a : Station 347 - Long. 26 µm, larg. 5,5 µm, 24 stries – b et c : Station 351 - b : Long. 25,5 µm, larg. 5,5 µm, 24 stries  
c : Long. 20 µm, larg. 5 µm, 24 stries – d : Station 358 - Long. 37,5 µm, larg. 8,5 µm, 24 stries
- 159e et f. – *Caloneis peruviana* Manguin  
e : Station 358 - Long. 45 µm, larg. 5 µm, 20 stries – f : Station 357 - Long. 55 µm, larg. 9,5 µm, 20 stries