

***Cymbopleura pyrenaica* sp. nov. (Bacillariophyceae) et d'autres espèces du même genre rarement recensées dans quelques lacs des Pyrénées françaises**

René LE COHU ^{a,b}, Horst LANGE-BERTALOT ^c & Frédéric AZEMAR ^{a,b*}

^a Université de Toulouse, UPS, INP, Écolab (Laboratoire Écologie fonctionnelle et Environnement), 118 route de Narbonne, 31062 Toulouse, France

^b CNRS, Écolab, 31062 Toulouse, France

^c Faculty of Biology, Institute of Ecology, Phylogeny, Diversity
J.W. Goethe-University and Forschungsinstitut Senckenberg
Senckenberganlage 31-33 60054 Frankfurt am Main, Germany

Résumé – Lors d'une étude des diatomées des lacs français des Pyrénées, une nouvelle espèce de *Cymbopleura*, *C. pyrenaica* sp. nov., a été mise en évidence. La morphologie détaillée de ce taxon a été examinée à l'aide du microscope photonique (MP) et du microscope électronique à balayage (MEB). La nouvelle espèce est très proche de *Cymbella laevis* Naegeli mais l'absence de champs apicaux de pores la place dans le genre *Cymbopleura*. Le caractère ultra-structural le plus frappant est la variabilité morphologique des aréoles. *Cymbopleura pyrenaica* sp. nov. est présente dans plusieurs lacs mais avec une très faible occurrence ; elle tolère un large éventail de conductivités. Les autres espèces de *Cymbopleura* recensées dans les lacs prospectés sont aussi brièvement présentées.

Bacillariophycées / *Cymbopleura* / *Cymbopleura pyrenaica* sp. nov. / Pyrénées

Abstract – *Cymbopleura pyrenaica* sp. nov. (Bacillariophyceae) and some other *Cymbopleura* species rarely observed in some lakes of the French Pyrenees. During a survey of the diatoms from French Pyrenean lakes, a new species of *Cymbopleura*, *Cymbopleura pyrenaica* sp. nov. was found. The detailed morphology of this taxon was examined using light and scanning electron microscopy. The new species most closely resembles *Cymbella laevis* Naegeli, but the absence of apical pore fields places *Cymbopleura pyrenaica* in the genus *Cymbopleura*. The most conspicuous ultrastructural feature is the morphological variability of the areolae. *Cymbopleura pyrenaica* sp. nov. was recorded in several lakes despite its low occurrence and tolerates a wide range of conductivity. A short review of the scarce *Cymbopleura* species in the investigated lakes was presented.

Bacillariophyta / *Cymbopleura* / *Cymbopleura pyrenaica* sp. nov. / Pyrenees mountains

* Correspondence and reprints : azemar@cict.fr

INTRODUCTION

Les diatomées des Pyrénées, que ce soit côté espagnol ou côté français, ont fait l'objet d'études portant principalement sur les rivières, sources ou rochers suintants (Hustedt, 1939 ; Allorge & Manguin, 1941 ; Margalef, 1948, 1952, 1954 ; Savouré & Le Cohu, 1965 ; Carter, 1970 ; Tomas & Sabater, 1985 ; Cambra, 1987 ; Sabater & Roca, 1992 ; Merino *et al.*, 1994a et b ; Goma *et al.*, 2005 ; Rimet *et al.*, 2007). Les Pyrénées françaises abondent de lacs situés au dessus de 1000 m et jusqu'à maintenant leur flore diatomique a été peu étudiée (Belloc, 1893 ; Besch *et al.*, 1972). Récemment des investigations ont été entreprises (Le Cohu & Tudesque, 2008 ; Le Cohu & Azémar, 2011) et montrent que les Cymbellacées, en particulier les genres *Cymbella*, *Encyonopsis*, *Encyonema* et *Delicata*, sont très bien représentés et bien souvent dominantes en terme de biomasse. Le genre *Cymbopleura* a une présence discrète et le plus souvent seuls quelques individus ont pu être inventoriés dans les lacs prospectés. Depuis le travail fondamental de Krammer (2003), le genre *Cymbopleura* s'est enrichi de quelques espèces nouvelles pour la science (Metzeltin & Lange-Bertalot, 2007 ; Levkov *et al.*, 2007 ; Metzeltin *et al.* 2009 ; Kulikovskiy *et al.*, 2009). Dans les lacs des Pyrénées françaises, une espèce nouvelle supplémentaire a pu être mise en évidence : *Cymbopleura pyrenaica* sp. nov.

L'objet de ce travail est 1) de décrire *Cymbopleura pyrenaica* sp. nov. et de la comparer à des espèces proches ; 2) d'illustrer la présence de quelques autres espèces de *Cymbopleura* en y associant quelques commentaires.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les récoltes concernent les diatomées du périphyton ; les échantillons ont été prélevés soit directement sur les sédiments soit par grattage de roches et de galets. Neuf lacs ont été prospectés (Tableau 1) : Port Biehl, Bastan supérieur, Bastan du milieu, Bastan inférieur, Anglade, Pé d'Estibère (ou lac inférieur), Barroude, Estom et Bethmale. Les 7 premiers lacs sont situés dans le parc national des Pyrénées dans le massif du Néouvielle (Hautes-Pyrénées). Les trois lacs Bastan de même que les lacs d'Anglade et du Pé d'Estibère sont reliés entre eux par un ruisseau. Pour plus d'information sur ces lacs, on peut se reporter aux travaux de Capblancq & Laville (1968, 1983). Le lac d'Estom, également dans le parc national des Pyrénées, est situé au fond de la vallée du Lutour non loin du massif de Vignemale. Tous ces lacs sont alimentés essentiellement par la fonte des neiges. Le lac de Bethmale se trouve dans une région karstique (Couserans, Ariège) : c'est un lac peu profond dont la quasi-totalité de la production primaire a lieu sur le fond tapissé de characées et très riche en matière organique d'origine végétale (feuilles provenant du bassin versant). Ce lac est alimenté par plusieurs sources.

Les échantillons, traités à l'acide sulfurique à chaud, ont été lavés trois fois à l'eau déminéralisée après décantation. Pour les observations au microscope photonique (MP), les diatomées, déposées sur une lamelle, ont été séchées puis montées dans la résine synthétique Naphrax. Les observations ont été effectuées avec un microscope Nacet NS 400 équipé d'un interféromètre Nomarski. Les photographies ont été prises avec une caméra JVC3CCDKY-F58. Pour les

Tableau 1. Principales caractéristiques des neuf lacs prospectés. *: variabilité du pH au cours d'une journée.

<i>Lacs prospectés</i>	<i>Altitude (m)</i>	<i>Conductivité (μS/cm)</i>	<i>pH</i>	<i>Ca (mg/L)</i>	<i>Na (mg/L)</i>	<i>Mg (mg/L)</i>	<i>K (mg/L)</i>
Port Biehl	2 285	30	7-8,5*	3,8	0,40	0,07	0,15
Bastan supérieur	2 260	48	6,8	8,2	1,50	0,17	0,80
Bastan du milieu	2 215	90	7,0	7,3	22,00	0,20	13,50
Bastan inférieur	2 150	70	7,4	15,3	1,30	0,98	1,10
Anglade	2 175	32	7-8*	7,2	0,85	0,08	0,40
Pé d'Estibère	2 100	59	7-8*	13,0	1,40	0,30	0,80
Barroude	2 355	126	7,5	18,0	0,50	0,53	1,00
Estom	1 804	34	7,5	5,1	3,80	0,56	2,50
Bethmale	1 055	230-240	7,5-8,5*	100,0	–	24,00	22,00

observations au microscope électronique à balayage (MEB), les diatomées nettoyées ont été déposées sur une lamelle fixée à un support par un adhésif double face. Le matériel était métallisé avec une fine couche de platine et examiné avec un microscope JEOL JSM 6490.

La terminologie suivie est celle de Ross *et al.* (1979), Cox & Ross (1981) et Krammer (2002, 2003).

OBSERVATIONS

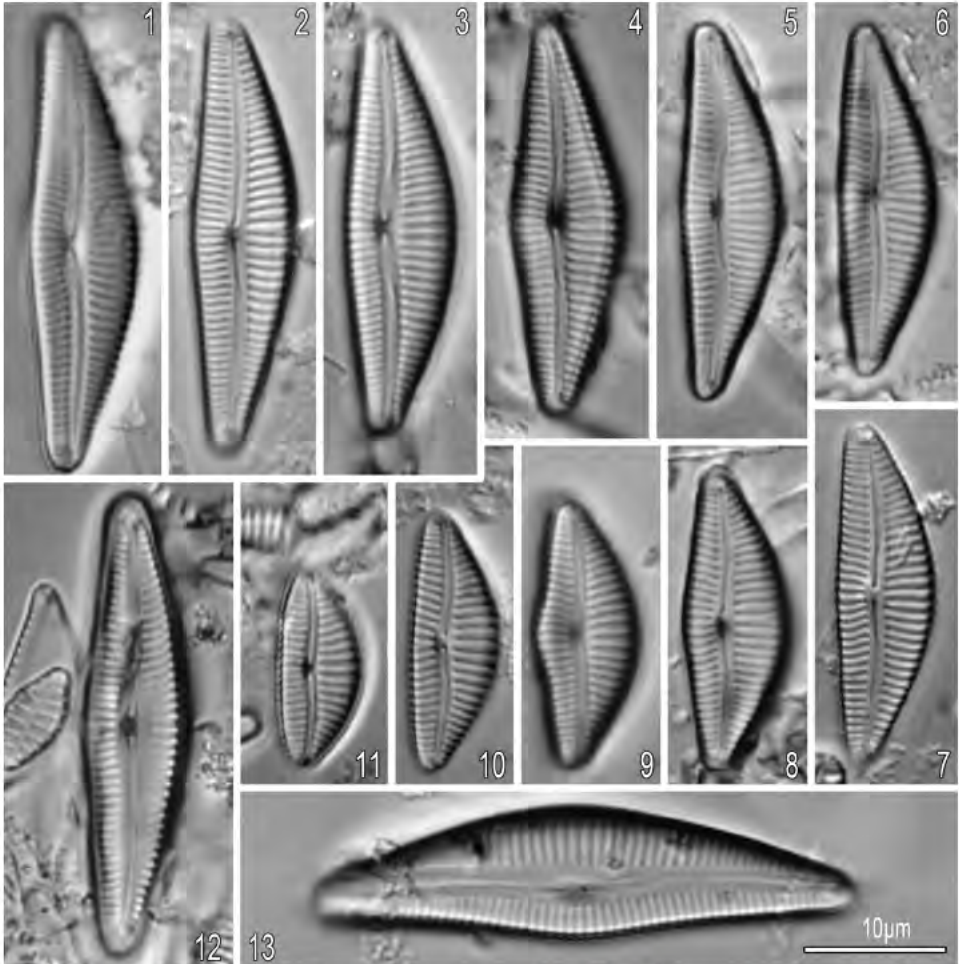
***Cymbopleura pyrenaica* Le Cohu et Lange-Bertalot sp. nov.**

Figs 1-18

Descriptio

Valvae distincte dorsiventrals, semilanceolatae vel interdum semirhomboidae cum margine dorsali convexa usque ad fortiter convexam et margine ventrali fere semper convexa in media parte. Apices non protracti sed simpliciter rotundati sunt. Longitudo 13,8-39 μm; latitudo 5,6-9,5 μm; ratio longitudo/latitudo 2,5-4,2 (n=92). Area axialis angusta. Area centralis nulla vel vix formata. Raphe lateralis, ad aream centram paululum reverso-lateralis et ad apices sensim filiformis, sed saepe simpliciter curvata dorsaliter, cum extremis proximalibus paululum bulbiformibus et fissuris terminalibus fortiter uncinatis ad latus dorsale. Striae modice radiatae, indistincte punctatae, in media parte 12-17/10 μm, ad apices usque ad 20/10 μm. In microscopio electronico: species notata forma mutabili areolarum, 35-40/10 μm.

Holotype: PC 0612175 Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.



Figs 1-13. Observation de *Cymbopleura pyrenaica* au MP. 1-11. Variations de la morphologie des valves à partir du matériel type (lac de Barroude). 12. Valve post-initiale. 13. Specimen à longueur maximale pour l'espèce (Lac de Bethmale).

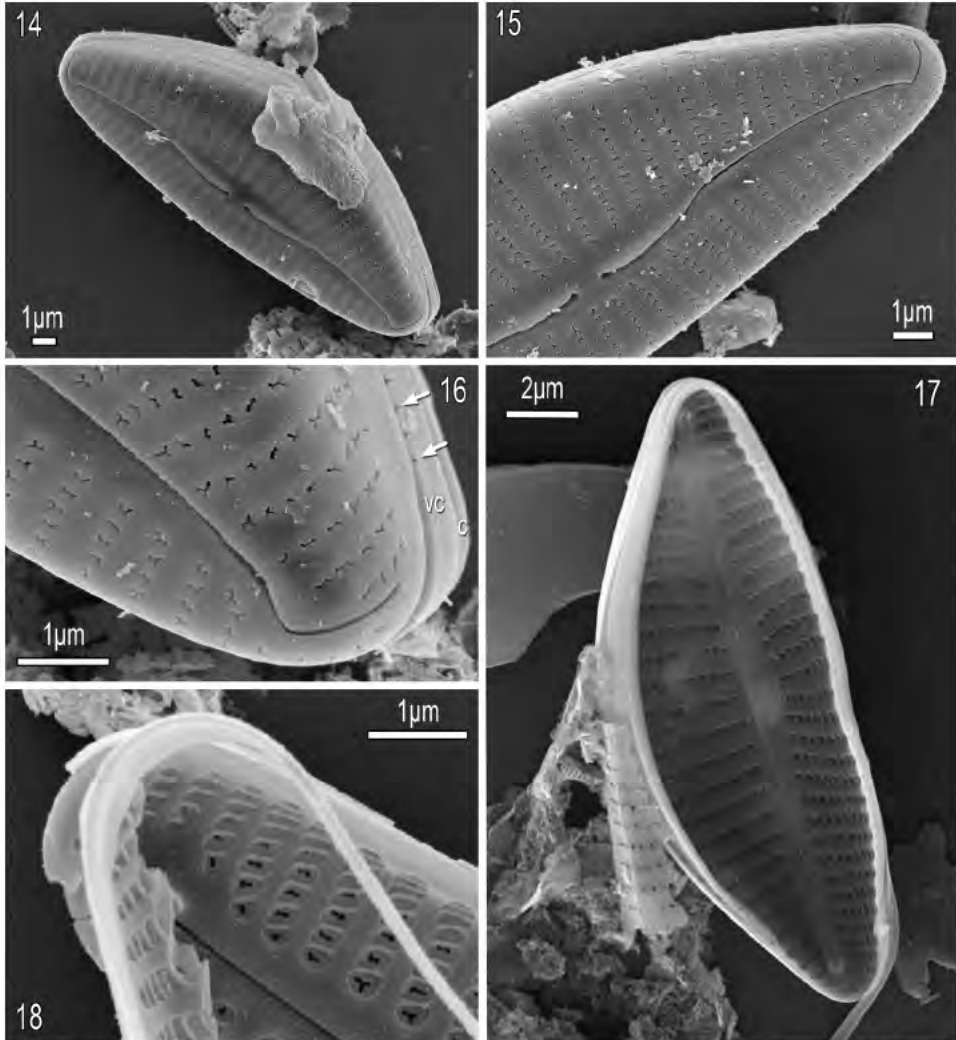
Isotype : BR 4232 Jardin botanique national de Belgique, Meise

Locus typicus : Lac de Barroude, Hautes-Pyrénées, latitude 42°43'57,62N; longitude 0°08'36,99E

Étymologie : "pyrenaica" fait référence à la chaîne des Pyrénées.

Description

Valves distinctly dorsiventral, semilanceolate to rhomboid-lanceolate with dorsal margin moderately to strongly arcuate and ventral margin almost always tumid in the centre. Ends obtusely rounded and not protracted. Length 13,8-39 µm; width 5,6-9,5 µm, Length/Width ratio : 2,5-4,2 (n=92). Axial area narrow. Central area absent or not well defined. Raphe lateral, narrowing towards the distal ends, weakly reverse-lateral near the proximal ends, but often appearing



Figs 14-18. Observation de *Cymbopleura pyrenaica* au MEB. 14. Vue externe semi-latérale. 15. Vue externe : course du raphé et variabilité morphologique des aréoles. 16. Vue externe d'une extrémité : ligne de pores (flèches) à l'intersection partie externe-partie interne de la valvocopula (VC), copula (C); absence de champ apical de pores. 17. Vue interne d'une valve. 18. Détail d'une vue interne montrant les fines arêtes obliques surmontant les vimines.

simply dorsally curved; proximal raphe ends barely expanded; terminal fissures strongly dorsally deflected. Striae slightly radiate throughout, indistinctly punctate. 12-17/10 µm in the middle part, up to 20/10 µm towards the ends. SEM. Species characterized by the shape variability of the areolae, 35-40/10 µm.

Description au microscope photonique

Les valves sont distinctement dorsiventrals, semi-lanceolées (Figs 1-3, 5-7), parfois lancéolées-rhomboidales (Figs 4, 8, 9); les extrémités sont arrondies et non

rostrées (L : 13,8-39 ; l : 5,6-9,5 ; L/l maximum : 4,2 ; n = 92). Le bord dorsal est modérément convexe (Figs 1,2) à fortement arqué (Figs 4, 6, 8, 9). Le bord ventral est le plus souvent légèrement convexe (Figs 1-3, 5-7), parfois proéminent dans la partie médiane (Figs 4, 8, 9) et chez les petits individus presque rectiligne (Figs 10, 11). L'aire axiale est étroite ; l'aire centrale est absente ou à peine esquissée sur le côté ventral (Figs 3, 4, 7). Le plus souvent les deux branches du raphé apparaissent épaissies et incurvées dorsalement (Figs 1, 6, 7, 9-11) ; les extrémités proximales (Fig. 3) forment une boucle difficilement visible (type reverse-latéral, Krammer 2002) et se terminent par des pores centraux le plus souvent à peine différenciés. Les parties distales s'amincissent et se terminent par des fissures terminales inclinées dorsalement (Fig. 4). Les stries (12-17/10 μm) sont faiblement radiantes sur toute leur longueur et légèrement plus resserrées vers les extrémités de la valve ; le nombre de stries sur le côté ventral est toujours supérieur à celui du côté dorsal. La figure 12 représente probablement une cellule post-initiale. Le plus grand spécimen (Fig. 13) a été observé dans le lac de Bethmale alors que les figures 1-12 illustrent les variations morphologiques des valves dans le lac de Barroude (localité type).

Description au microscope électronique à balayage

En vue externe, le raphé est nettement déporté du côté dorsal sur une grande partie de sa course ; dans sa partie proximale, il s'infléchit vers le côté ventral et se termine par des pores centraux légèrement orientés dorsalement (Figs 14, 15) ; les fissures terminales sont fortement inclinées vers le bord dorsal et se terminent en bordure de la face valvaire (Fig. 16). Les stries sont constituées d'aréoles de morphologie variable (Figs 15, 16) et se prolongent sans interruption sur une partie du manteau (Figs 14, 15). Les extrémités des valves sont dépourvues de champs apicaux de pores (Fig. 16). En vue interne, la fissure du raphé est continue et les extrémités distales se terminent dans de petits hélictoglosses (Fig. 17). Les aréoles (35-40 / 10 μm) sont séparées par de larges vimines surmontées par de fines arêtes orientées obliquement (Fig. 18). Deux bandes connectives ont pu être mises en évidence, la valvocopula présentant une ligne de pores à l'intersection partie externe-partie interne (Fig. 16, flèches).

Distribution et écologie

Outre le lac de Barroude où cette espèce a été le plus fréquemment observée, *C. pyrenaica* sp. nov. est présente sporadiquement dans d'autres lacs oligotrophes d'altitude (Tableau 1) tels les lacs de Port Biehl, Bastan supérieur, Estibère, Anglade. Elle a été également trouvée dans le lac de Bethmale où le plus grand spécimen a été observé (Fig. 13) ; les prélèvements ont été réalisés sur le fond du lac tapissé de characées et riche en matière organique d'origine végétale. *C. pyrenaica* peut tolérer un large éventail de conductivités (32-230 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et de concentrations en Ca^{++} (7-100 mg/l). Dans le lac de Barroude, *C. pyrenaica* est accompagnée d'espèces comme *Denticula tenuis* Kützing (très abondante), *Delicata delicatula* (Kütz.) Krammer, *Encyonema obscurum* (Krasske) D.G. Mann, *Encyonema kuelsii* Lange-Bertalot et Krammer, *Encyonema caespitosum* Kützing, *Encyonopsis subminuta* Krammer et Reichardt, *Diploneis oculata* (Bréb.) Cleve, *D. petersenii* Hustedt, *Achnanthydium caledonicum* Lange-Bertalot, *Navicula leistikowii* Lange-Bertalot, *N. oligotraphenta* Lange-Bertalot et Hofmann, *N. subalpina* Reichardt, *N. wildii* Lange-Bertalot, *Punctastriata* cf. *linearis* Williams et Round.

Cymbopleura inaequalis* (Ehr.) Krammer*Figs 19-21**

Au MP, les rares spécimens rencontrés sont conformes à la description de Krammer (2003) ; l'un d'entre eux (Fig. 19) présente toutefois des extrémités moins prononcées et quelque peu raccourcies. Au MEB, seule une vue interne a pu être observée (Fig. 20). Le raphé, continu, contourne le nodule central sur le côté dorsal. Les aréoles sont plus ou moins arrondies et les vimines sont surmontées par une arête orientée obliquement (Fig. 21). Une valvocopula avec une ligne de pores entre la partie interne et externe a pu être observée (Fig. 20, flèches).

Mesures observées sur 10 individus ; L : 96-114 μm ; l : 33-36 μm ; nombre de stries : 5-7 ; nombre d'aréoles : 16-18/10 μm .

Distribution et écologie

Selon Krammer (2003), c'est une espèce largement distribuée dans les lacs et les rivières de la zone tempérée. Levkov *et al.* (2007) la signalent dans le lac Ohrid et Metzeltin & Lange-Bertalot (2007) en Amérique du Sud. Comme mentionné plus haut, elle est très rare dans les lacs pyrénéens (lacs d'Anglade, du Pé d'Estibère, de Bethmale, de Barroude et d'Estom). Ce sont des lacs oligotrophes (Tableau 1). Belloc (1893) aurait déjà signalé *C. inaequalis* sous le nom de *Cymbella erhenbergii* Kützing (Cambra *et al.*, 1991).

Cymbopleura apiculata* Krammer*Figs 22-26**

Au MP (Figs 22, 23), *C. apiculata* se différencie d'espèces proches par la configuration de l'aire centrale, le nombre d'aréoles en 10 μm et le rapport L/l. Les extrémités proximales du raphé sont toujours en forme de crochet (Fig. 24). Au MEB, seule une vue interne a pu être observée. Le raphé, continu, contourne le nodule central côté dorsal (Fig. 25). Les aréoles, plus ou moins arrondies, sont séparées par des vimines surmontées d'une fine arête orientée dans le sens apical (Fig. 26).

Mesures observées sur 8 individus ; L : 85-92 μm ; l : 23-27,6 μm , nombre de stries : 8-9/10 μm ; nombre de aréoles : 18-20/10 μm .

Distribution et écologie

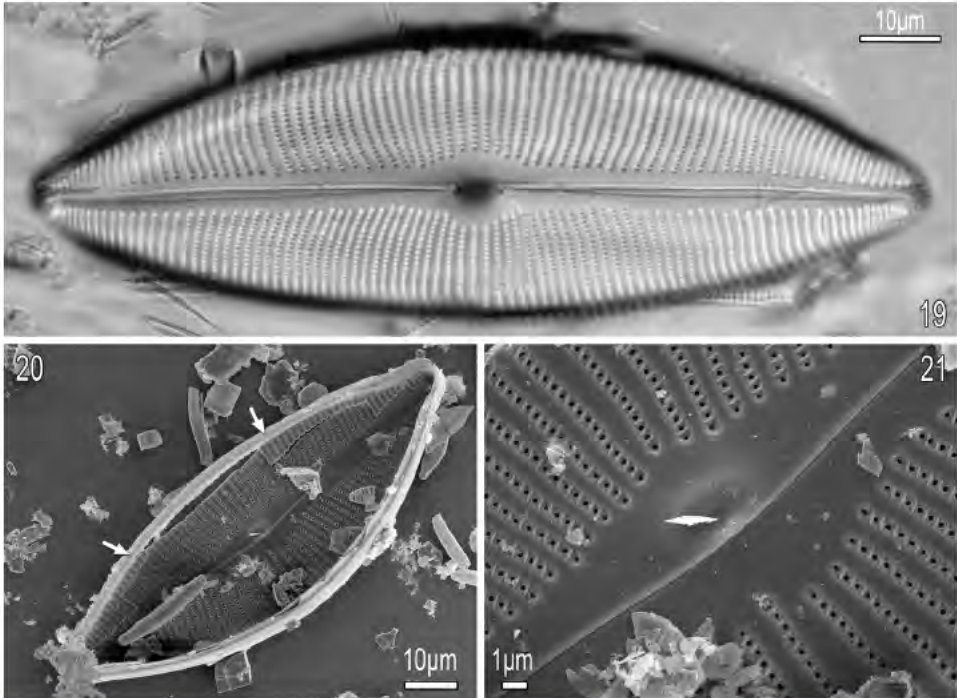
Selon Krammer (2003), cette espèce, décrite d'un lac finlandais, est largement distribuée dans les eaux dystrophes à oligotrophes et de faible conductivité des régions nordiques ; en Europe centrale, elle apparaît dans des milieux mésotrophes à conductivité moyenne. Son aire de répartition est sans doute étendue puisqu'elle est signalée en Chine (You *et al.*, 2009). Dans les lacs des Pyrénées prospectés, cette espèce n'a été recensée que dans les lacs d'Anglade et du Pé d'Estibère (Tableau 1).

Cymbopleura subaequalis* (Grunow) Krammer*Fig. 27**

Cette espèce (Fig. 27) a été observée dans les lacs Pé d'Estibère, Estom, Barroude et Bethmale (8 individus recensés ; mesures observées : L : 23-34 μm ; l : 6,8-7,5 μm ; nombre de stries : 11-14/10 μm). Espèce cosmopolite selon Krammer (2003), elle a été signalée récemment en Amérique du Nord (Antoniades *et al.*, 2008) et dans les Alpes (Cantonati & Lange-Bertalot, 2010). Dans les Pyrénées, elle a été signalée par Sabater & Roca (1992).

Cymbopleura naviculiformis* (Auerswald) Krammer*Fig. 28**

Cette espèce (Fig. 28) n'a été recensée que dans le lac de Barroude (6 individus recensés ; mesures observées : L : 30-35 μm ; l : 8,5-10 μm ; nombre de



Figs 19-20. Observation de *Cymbopleura inaequalis*. 19. Vue valvaire au MP. 20. Vue interne au MEB: valvocopula avec une ligne de pores (flèches) à l'intersection partie interne-partie externe. 21. Détail de la Fig. 20 : vimines surmontées de fines crêtes obliques.

stries : 12-14/10 µm). C'est une espèce très largement distribuée du Nord au Sud (Van de Vijver *et al.*, 2002 ; Krammer, 2003 ; Siver *et al.*, 2005 ; Metzeltin *et al.*, 2005). Dans les Pyrénées, elle a été signalée à plusieurs reprises (Hustedt, 1939 ; Allorge & Manguin, 1941 ; Margalef, 1954 ; Savouré & Le Cohu, 1965 ; Carter, 1970 ; Besch *et al.*, 1979).

***Cymbopleura cf. incerta* (Grunow) Krammer**

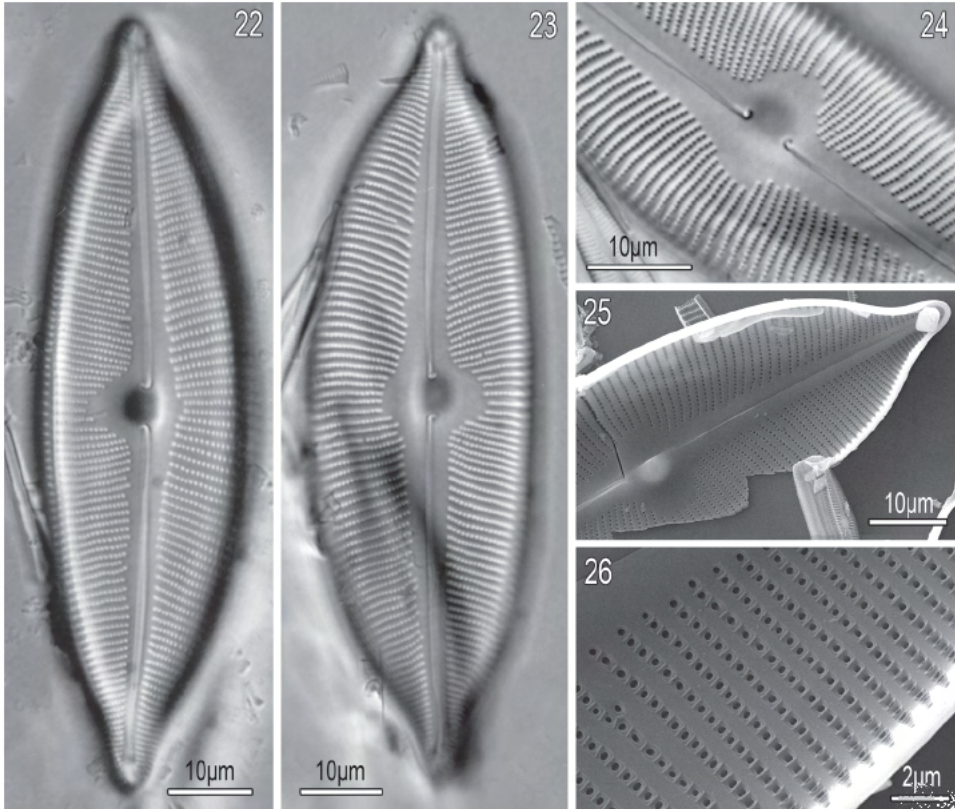
Fig. 30

Cette espèce (Fig. 29) a été observée en une seule occasion dans le lac d'Anglade.

***Cymbopleura cf. incertiformis* Krammer**

Figs 30-31

Cette espèce (Figs 30, 31) n'a été recensée que dans les lacs d'Anglade et du Pé d'Estibère, les seuls lacs prospectés entourés d'une ceinture d'hypnacées et de sphaignes (mesures observées sur 12 individus : L : 34-56 µm ; l : 7-8,8 µm ; nombre de stries : 15-17/10 µm ; nombre de aréoles # 30/10 µm). Au MEB (Figs 32, 33), le raphé est déporté côté dorsal sur sa plus grande longueur ; les fissures terminales sont fortement inclinées vers le côté dorsal ; les extrémités proximales sont légèrement infléchies vers le côté ventral. Les stries sont composées de petites aréoles étirées dans le sens transapical. Cette espèce est largement distribuée dans les régions subarctique, nordique et alpine (Krammer, 2003) ; elle a été récemment signalée au Canada (Antoniades *et al.*, 2008).

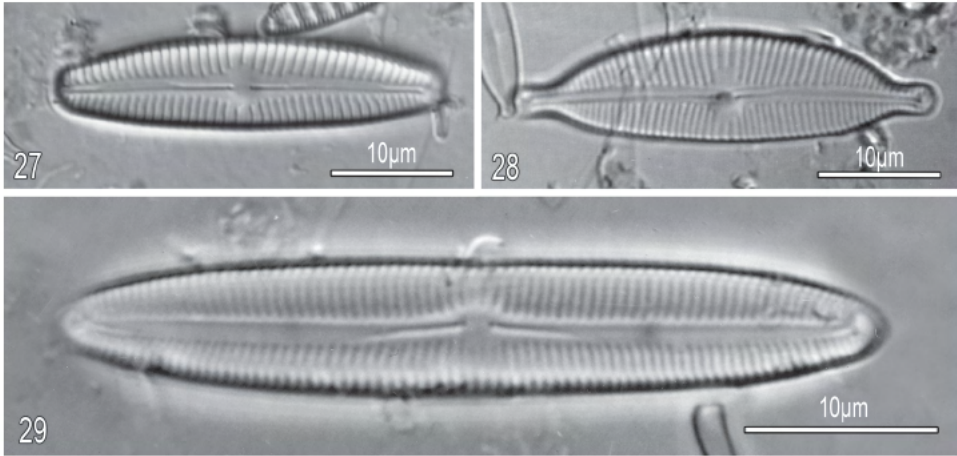


Figs 22-26. Observation de *Cymbopleura apiculata*. 22-23. Vues valvaires au MP. 24. Détail de l'aire centrale montrant les extrémités proximales du raphé en croise. Vue valvaire au MP. 25. Vue interne au MEB. 26. Détail de la Fig. 25 : vimines surmontées de fines arêtes perpendiculaires aux interstries.

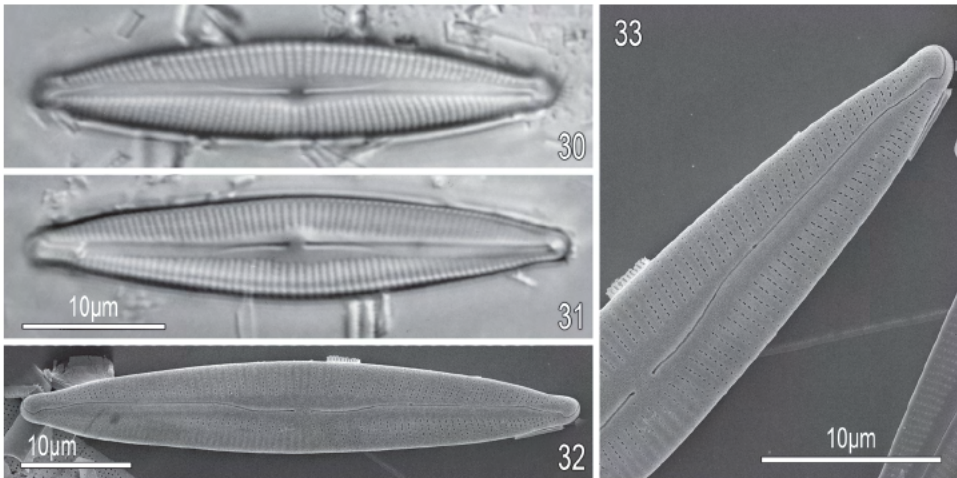
DISCUSSION

L'absence de stigma et de champs apicaux de pores permet de ranger sans ambiguïté *Cymbopleura pyrenaica* sp. nov. dans le genre *Cymbopleura*. En vue externe, la morphologie irrégulière des aréoles singularise cette espèce au sein du genre *Cymbopleura* ; seules *C. anglica* (Lagerstedt) Krammer, *C. inaequalis* et *C. austriaca* (Grunow) Krammer présentent des aréoles ayant une configuration quelque peu semblable (Krammer, 2003, pl. 6, fig. 2, pl. 29, figs 2, 3 et pl. 71, fig. 3). En vue interne, la présence de fines arêtes surmontant les vimines et orientées obliquement est également observée chez *C. inaequaliformis* Krammer (Krammer 2003, pl. 28, fig. 7), chez *C. pertruncata* Levkov et Metzeltin (Levkov et al., 2007, pl. 146, fig. 5) et chez *C. laeviformis* Krammer (Le Cohu & Azémar, 2011).

Au MP, *C. pyrenaica* se rapproche de *Cymbella laevis* Naegeli par la morphologie, les dimensions et même le nombre de stries (Tableau 2) ; toutefois les deux espèces peuvent être éventuellement distinguées par le rapport maximum L/l : 4,2 chez la première, 5,7 chez la seconde. Au MEB, le premier caractère qui



Figs 27-29. Observation de quelques autres espèces de *Cymbopleura* présentes dans les lacs prospectés. 27. *Cymbopleura subaequalis*. 28. *Cymbopleura naviculiformis*. 29. *Cymbopleura* cf. *incerta*.



Figs 30-33. Observation de *Cymbopleura incertiformis*. 30-31. Vues valvaires observées au MP. 32. Vue externe observée au MEB. 33. Vue externe observée au MEB montrant la course du raphé et les aréoles étirées transapicalement.

permet de les distinguer est l'absence de champ apical de pores chez *C. pyrenaica*. Krammer (2002) donne une figure (pl. 192, fig. 12) qui correspond sans doute à *C. pyrenaica*. Un critère morphologique supplémentaire (Tableau 2) permet de les différencier : en vue externe, les aréoles sont réniformes, trifides ou cruciformes chez *C. pyrenaica* alors qu'elles sont arrondies chez *C. laevis* ; en vue interne, les fines arêtes sur les vimines sont absentes chez *C. laevis*. Par ailleurs, les deux espèces diffèrent par le nombre d'aréoles en 10 µm : 35-40 chez *C. pyrenaica*, 29-32 chez *C. laevis*.

Tableau 2. Comparaison de *Cymbopleura pyrenaica* avec les taxons les plus proches. – : aucune information disponible au MEB.

	<i>Cymbopleura pyrenaica</i>	<i>Cymbella laevis</i>	<i>Cymbopleura rhomboidea</i> var. <i>angusta</i>	<i>Cymbopleura laeviformis</i>
Longueur (L) des valves	13,8-39 µm	19-43 µm	23-58 µm	27-46 µm
Largeur (l) des valves	5,6-9,5 µm	5,4-8 µm	10-13 µm	8,5-10,7 µm
Nombre de stries / 10 µm	12-17	12-14	8-10	11-13
Rapport maximum L/l	4,2	5,7	4,2	4,3
Nombre d'aréoles / 10 µm	35-40	29-32	27-36	30-35
Morphologie des aréoles en vue externe (MEB)	Réniformes Cruciformes Trifides	Arrondies	–	Quadrangulaires
Aréoles en vue interne (MEB)	Fines arêtes obliques sur les vimines	Vimines simples	–	Quatre fines arêtes encadrant chaque aréole

Au MP, *C. pyrenaica* peut également faire penser à *Cymbopleura rhomboidea* Krammer var. *angusta* Krammer ; elle s'en distingue par la longueur, la largeur et accessoirement par le nombre d'aréoles en 10 µm (Tableau 2).

L'espèce de *Cymbopleura* la plus proche de *C. pyrenaica* est *Cymbopleura laeviformis* Krammer. Elle s'en différencie le plus souvent par la longueur, la largeur, le nombre de stries et le nombre d'aréoles en 10 µm (Tableau 2). Au MEB, en vue externe, les aréoles sont quadrangulaires chez *C. laeviformis* alors que celles de *C. pyrenaica*, déjà décrites ci-dessus, sont de morphologie variable. En vue interne, chez *C. pyrenaica*, seules les vimines sont surmontées de fines arêtes obliques alors qu'elles sont encadrées de 4 fines arêtes chez *C. laeviformis* (Le Cohu & Azémar, 2011). *C. pyrenaica* et *C. laeviformis* diffèrent également par leur écologie, la seconde étant aérophile et plutôt inféodée aux rochers suintants.

Au MP, *Cymbopleura inaequalis* se différencie sans ambiguïté des deux espèces les plus proches, *C. inaequaliformis* Krammer et *C. albanica* Metzeltin et Miho, par la largeur et le nombre d'aréoles en 10 µm. Au MEB, en vue interne, les fines arêtes surmontant les vimines et orientées obliquement sont analogues à celles observées chez *C. inaequaliformis* (Krammer, 2003), *C. pertruncata* (Levkov et al., 2007) et *C. laeviformis* (Le Cohu & Azémar, 2011).

Au MP, *Cymbopleura apiculata* est très proche de *C. subapiculata* Krammer, deux espèces dont la localité-type est un lac finlandais de Laponie. La première espèce se différencie de la seconde par la longueur (45-113 µm au lieu de 49-81 µm), le rapport L/l (3,5 au lieu de 3), le nombre d'aréoles (18-23 /10 µm au lieu de 20-24 /10 µm) ainsi que par la configuration de l'aire centrale. *C. apiculata* et *C. cuspidata* (Kütz.) Krammer ont également une morphologie voisine ; elles peuvent être différenciées par les dimensions (L : 45-113 µm ; l : 22-27 µm chez *C. apiculata* et L : 28-61 µm ; l : 14-17 µm chez *C. cuspidata*), le nombre de stries (8-10 / 10 µm chez *C. apiculata* et 8-12 /10 µm chez *C. cuspidata*) ainsi

que par les extrémités proximales du raphé. *C. apiculata* a le même type de terminaisons proximales du raphé (en crosse) que *C. subcuspidata* (Krammer) Krammer mais elle s'en distingue par la morphologie des valves plus arquées dorsalement, la configuration de l'aire centrale et les extrémités des valves plus acuminées. Au MEB, en vue interne, chez *C. apiculata* (Fig. 26), les aréoles sont séparées par des vimines surmontées de fines arêtes orientées perpendiculairement aux interstries (virgae); ce type de structure se retrouve chez d'autres espèces comme *C. anglica* (Lagerstedt) Krammer, *C. lata* (Grunow) Krammer et *C. naviculiformis* (Krammer, 2003, pl. 7, fig. 2; pl. 21, figs 3, 4; pl. 85, fig. 1) ainsi que chez *C. cuspidata* (Levkov *et al.*, 2007, pl. 151, figs 7, 8).

Au MP, nos spécimens de *Cymbopleura incertiformis* (Figs 30, 31), espèce qui fait partie du groupe *C. incerta* proposé par Krammer (2003), semblent conformes à la diagnose et aux figures de Krammer (2003). Par contre, au MEB (Figs 32, 33), si les aréoles étirées transapicalement sont similaires à celles de *C. incerta*, elles diffèrent des aréoles présentées par Krammer (2003, pl. 113, figs 20-21) pour *C. incertiformis*, aréoles qui, à quelques exceptions près, sont allongées dans le sens apical. *C. incertiformis* demande donc des investigations complémentaires.

Dans tous les lacs prospectés, le genre *Cymbopleura* apparaît avec une très faible occurrence; le lac de Barroude est le seul où la gamme des spécimens observés (à partir de plusieurs préparations) nous a permis d'établir la variabilité morphologique de *Cymbopleura pyrenaica* sp. nov.

RÉFÉRENCES

- ALLORGE P. & MANGUIN E., 1941 — Algues d'eau douce des Pyrénées basques. *Bulletin de la société botanique de France* 88: 159-191.
- ANTONIADES D., HAMILTON P. B., DOUGLAS S. V. & SMOL J. P., 2008 — The freshwater floras of Prince Patrick, Ellef Ringnes, and Northern Ellesmere Islands from the Canadian arctic archipelago. *Iconographia diatomologica* 17: 1-649.
- BELLOC M. E., 1893 — Aperçu général de la végétation des lacs dans les Pyrénées. *Association française pour l'avancement des sciences, Congrès de Pau* 21 (1): 412-432.
- BESCH W. K., BACKHAUS D., CAPBLANCQ J. & LAVANDIER P., 1972 — Données écologiques sur les algues benthiques de haute montagne dans les Pyrénées I : Diatomées. *Annales de limnologie* 8 (2): 103-118.
- CAMBRA J., 1987 — Flore et végétation algologique des eaux continentales de la réserve naturelle des vallées d'Ordesa (Pyrénées aragonaises). *Candollea* 1: 475-490.
- CAMBRA J., SABATER S. & TOMAS X., 1991 — Diatoms check-list from catalonian countries (Eastern Spain). *Bulleti de la institutio Catalona d'historia natural* 59: 5-39.
- CANTONATI M. & LANGE-BERTALOT H., 2010 — Diatom diversity of springs in the Berchtesgaden national park (north-eastern Alps, Germany), with the ecological and morphological characterization of two species new to science. *Diatom research* 25: 251-280.
- CAPBLANCQ J. & LAVILLE H., 1968 — Étude morphométrique et physico-chimiques de neuf lacs du Massif de Néouvielle (Hautes-Pyrénées). *Annales de limnologie* 4 (3): 275-324.
- CAPBLANCQ J. & LAVILLE H., 1983 — Le lac de Port Bielh (Pyrénées). Exemple de fonctionnement d'un écosystème lacustre de haute montagne. In: Lamothe M. & Bourlière F. (eds), *Problèmes d'écologie: structure et fonctionnement des écosystèmes limniques*. Paris: Masson, pp. 51-79.
- CARTER J.R., 1970 — Diatoms from Andorra. *Nova Hedwigia* 31: 605-632.
- COX E. J. & ROSS R., 1981 — The striae of pennate diatoms. In: Ross R. (ed.), *Proceedings of the sixth international diatom symposium*. Koenigstein, O. Koeltz scientific books, pp. 267-276.
- GOMA J., RIMET F., CAMBRA J., HOFFMANN L. & ECTOR L., 2005 — Diatom communities and water quality assessment in mountain rivers of the upper Segre basin (La Cerdanya, Oriental Pyrenees). *Hydrobiologia* 551: 209-225.

- HUSTEDT F., 1939 — Diatomeen aus den Pyrenäen. *Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft* 56: 547-572.
- KRAMMER K., 2002 — Diatoms of Europe, vol. 3 : *Cymbella*. Ruggell, A.R.G. Gantner, 584 p.
- KRAMMER K., 2003 — Diatoms of Europe, vol. 4 : *Cymboplectra*, *Delicata*, *Navicymbula*, *Gomphocymbellopsis*, *Afrocybella*. Ruggell, A.R.G. Gantner, 530 p.
- KULIKOVSKIY M., LANGE-BERTALOT H., WITKOWSKI A. & DOROFYUK N., 2009 — Morphology and taxonomy of selected cymbelloid diatoms from a Mongolian *Sphagnum* ecosystem with a description of three species new to science. *Fottea* 9 (2): 223-232.
- LE COHU R. & TUDESQUE L., 2008 — Morphologie et biogéographie de vingt et une espèces de diatomées des Pyrénées françaises. *Bulletin de la société d'histoire naturelle de Toulouse* 144: 5-26.
- LE COHU R. & AZEMAR F., 2011 — Étude morphologique de quelques Cymbellaceae des Pyrénées françaises incluant la description d'une espèce nouvelle, *Delicata couseranensis* sp. nov. *Cryptogamie, Algologie* 32: 131-155.
- LEVKOV Z., KRSTIC S., METZELTIN D. & NAKOV T., 2007 — Diatoms of Lakes Prespa and Ohrid. *Iconographia diatomologica* 16: 1-611.
- MARGALEF R., 1948 — Flora, fauna y comunidades bióticas de las algas del Pireneo de la Cerdaña. *Monographias del instituto de estudios Pirenaicos* 11: 1-226.
- MARGALEF R., 1952 — La vida en las aguas dulces de Andorra. *Monographias del instituto de estudios Pirenaicos* 63: 1-107.
- MARGALEF R., 1954 — Materiales para una flora de las algas des NE de España V : Bacillariophyta. *Collectanea botanica* 4: 53-79.
- MERINO V., GARCIA J., HERNANDEZ-MARINÉ M. & FERNANDEZ M., 1994a — Morphology and ultrastructure of *Gomphoneis rhombica* (Fricke) comb. nov. *Diatom research* 9 (2): 335-347.
- MERINO V., GARCIA J. & HERNANDEZ-MARINÉ M., 1994b — Use of diatoms for pollution monitoring in the Valira basin (Andorra). In: Marino M. & Montresor M. (eds), *Proceeding of the thirteenth international diatom symposium*. Bristol, Biopress, pp. 107-119.
- METZELTIN D., LANGE-BERTALOT H. & GARCIA-RODRIGUEZ F., 2005 — Diatoms of Uruguay. *Iconographia diatomologica* 15: 1-736.
- METZELTIN D. & LANGE-BERTALOT H., 2007 — Tropical diatoms of South America II. Special remarks on biogeographic disjunction. *Iconographia diatomologica* 18: 1-877.
- METZELTIN D., LANGE-BERTALOT H. & SONINKHISHIG N., 2009 — Diatoms in Mongolia. *Iconographia diatomologica* 20: 1-684.
- RIMET F., GOMA J., CAMBRA J., BERTUZZI E., CANTONATI M., CAPPELETTI C., CIUTTI F., CORDONNIER A., COSTE M., DELMAS F., TISON J., TUDESQUE L., VIDAL H. & ECTOR L., 2007 — Benthic diatoms in Western European streams with altitude above 800 m : characterization of the main assemblages and correspondence with ecoregions. *Diatom research* 22 (1): 147-188.
- ROSS R., COX E. J., KARAYEVA N.I., MANN D.G., PADDOCK T.B.B., SIMONSEN R. & SIMS P.A., 1981 — An amended terminology for the siliceous components of the diatom cell. *Nova Hedwigia* 64: 512-533.
- SABATER S. & ROCA J.R., 1992 — Ecological and biogeographical aspects of diatom distribution in Pyrenean springs. *British phycological journal* 27: 203-213.
- SAVOURE B. & LE COHU R., 1965 — Contribution à la flore algologique des Pyrénées. 2. Les algues de quelques suintements rocheux du Massif de Néouvielle. *Annales de limnologie* 1 (3): 469-482.
- SIVER P.A., HAMILTON P.B., STACHURA-SUCHOPLES K. & KOCIOLEK P., 2005 — Diatoms of North America. The freshwater flora of Cape Cod. *Iconographia diatomologica* 14: 1-463.
- TOMAS X. & SABATER S., 1985 — The diatom flora of the Llobregat river and its relation to water quality. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 22: 2348-2352.
- VAN DE VIJVER B., FRENOT Y. & BEYENS L., 2002 — Freshwater diatoms from Ile de la Possession (Crozet Archipelago, Subantarctica). *Bibliotheca diatomologica* 46: 1-412.
- YOU Q.M., WANG Q. X. & SHI Z. X., 2008 — Newly recorded species in Cymbellaceae (Bacillariophyta) in China. *Acta hydrobiologica Sinica* 32 (5): 735-740.