



Open Archive Toulouse Archive Ouverte (OATAO)

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is a publisher-deposited version published in: <http://oatao.univ-toulouse.fr/>
Eprints ID: 11574

Identification number: DOI : 10.7872/crya.v32.iss2.2011.131

Official URL: <http://dx.doi.org/10.7872/crya.v32.iss2.2011.131>

To cite this version:

Le Cohu, René and Azémar, Frédéric *Etude morphologique de quelques Cymbellaceae des Pyrénées françaises incluant la description d'une espèce nouvelle : Delicata couseranensis sp. nov.* (2011) *Cryptogamie Algologie*, vol. 32 (n° 2). pp. 131-155. ISSN 0181-1568

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator:
staff-oatao@inp-toulouse.fr

Étude morphologique de quelques Cymbellaceae des Pyrénées françaises incluant la description d'une espèce nouvelle : *Delicata couseranensis* sp. nov.

René LE COHU & Frédéric AZÉMAR *

Université de Toulouse ; UPS, INP ; EcoLab (Laboratoire d'écologie
fonctionnelle) ; 118 route de Narbonne, F-31062 Toulouse, France ; et CNRS ;
EcoLab ; F-31062 Toulouse, France

(Reçu le 30 mai 2010, accepté le 5 octobre 2010)

Résumé – Les lacs et les rochers suintants des Pyrénées françaises abritent des communautés diatomiques diversifiées. Les taxons de la famille des Cymbellaceae sont particulièrement nombreux et l'étude morphologique, à l'aide du microscope photonique et du microscope électronique à balayage, de quelques espèces sélectionnées est présentée dans ce travail. L'une des espèces, appartenant au genre *Delicata* est décrite comme étant nouvelle pour la science. *Delicata couseranensis* sp. nov. est proche de *Delicata judaica* (Lange-Bertalot et Krammer) Krammer et Lange-Bertalot par la morphologie ; elle en diffère par les dimensions, le rapport longueur (L) / largeur (l) et le nombre de puncta en 10 µm. Par ailleurs, sept espèces récemment décrites sont examinées : *Cymbella perparva* Krammer, *Cymbella maggiana* Krammer, *Cymbella simonsenii* Krammer, *Cymbella neoleptoceros* Krammer var. *tenuistriata* Krammer, *Cymbella subhelvetica* Krammer, *Cymbella lange-bertalotii* Krammer et *Cymbopleura laeviformis* Krammer. Ces espèces sont comparées aux espèces morphologiquement proches et des données sur leur distribution géographique et leur écologie sont fournies.

Diatomées / *Delicata couseranensis* / *Cymbella* / *Cymbopleura* / Pyrénées

Abstract – Morphological studies of selected taxa in the Cymbellaceae from French Pyrenees including the description of a new species : *Delicata couseranensis* sp. nov. Lakes and wet rocks in the French Pyrenees are inhabited by diversified diatom communities. Taxa of Cymbellaceae are particularly numerous. Morphological studies using light- and scanning electron microscopy of selected species are presented herein. One of them belongs to the genus *Delicata* and is described as a new species, *Delicata couseranensis* sp. Nov. The new species is close to *Delicata judaica* (Lange-Bertalot et Krammer) Krammer et Lange-Bertalot in morphology but differs in the dimensions, the length/breadth ratio and the number of puncta in 10 µm. The detailed morphology of seven recently described species is also examined: *Cymbella perparva* Krammer, *Cymbella maggiana* Krammer, *Cymbella simonsenii* Krammer, *Cymbella neoleptoceros* Krammer var. *tenuistriata* Krammer, *Cymbella subhelvetica* Krammer, *Cymbella lange-bertalotii* Krammer and *Cymbopleura laeviformis* Krammer. The taxonomic affinities of all these taxa are discussed and data on their ecology and biogeography are given.

Diatoms / *Delicata couseranensis* / *Cymbella* / *Cymbopleura* / Pyrenees Mountains

* Correspondence and reprints: azemar@cict.fr
Communicating editor: Pierre Compère

INTRODUCTION

Pendant longtemps, presque toutes les diatomées asymétriques naviculoides (à l'exception du genre *Amphora*) ont été placées dans le genre *Cymbella* (Krammer & Lange-Bertalot, 1986). Krammer (1997, 2002, 2003), se basant sur la morphologie des valves, la structure du raphé, le mode de vie, l'absence ou la présence de champs apicaux de pores et plusieurs autres critères de moindre importance, a subdivisé le genre *Cymbella sensu* Krammer & Lange-Bertalot (1986) en dix genres. Krammer (2002, 2003) a réalisé le premier inventaire des genres *Cymbella* (120 espèces), *Cymbopleura* (116 espèces) et *Delicata* (15 espèces) et a décrit de nombreuses nouvelles espèces, parfois même plusieurs résultant de la subdivision d'une seule espèce. Ces dernières années, les genres *Cymbella* (Metzeltin *et al.*, 2005 ; Levkov *et al.*, 2007 ; Van de Vijver & Lange-Bertalot, 2008 ; Van de Vijver & Cocquyt, 2009 ; Cantonati *et al.*, 2010), *Cymbopleura* (Levkov *et al.*, 2007 ; Metzeltin & Lange-Bertalot, 2007) et *Delicata* (Metzeltin *et al.*, 2005 ; Metzeltin & Lange-Bertalot, 2007) se sont enrichis de quelques espèces. Il faut remarquer que tous les changements apportés par Krammer (2002, 2003) occasionnent des difficultés pour définir la distribution géographique et écologique des espèces dont la plupart sont maintenant référées dans la littérature sous un nom qui n'est plus adéquat et dont la synonymie n'est pas toujours transparente.

Jusqu'à maintenant les diatomées des Pyrénées n'ont fait l'objet que d'études parcellaires (Hustedt, 1939 ; Allorge & Manguin, 1941 ; Margalef, 1948, 1952, 1954 ; Savouré & Le Cohu, 1965 ; Carter, 1970 ; Besch *et al.*, 1972 ; Cambra, 1987 ; Tomas & Sabater, 1985 ; Cambra *et al.*, 1991 ; Sabater & Roca, 1992 ; Merino *et al.*, 1994 a et b ; Goma *et al.*, 2005 ; Rimet *et al.*, 2007). De récentes investigations (Le Cohu & Tudesque, 2008) portant sur des lacs et des rochers suintants, ont montré que les Cymbellaceae et en particulier les genres *Cymbella*, *Encyonopsis*, *Delicata*, *Encyonema* et très épisodiquement *Cymbopleura* sont très bien représentées et souvent dominantes en terme de biomasse. A partir de récoltes qui portent principalement sur deux lacs et un rocher suintant, l'objet de ce travail est :

- 1) de décrire une nouvelle espèce : *Delicata couseranensis*,
- 2) d'apporter un complément d'information sur la morphologie, la distribution géographique et l'écologie de six espèces de *Cymbella* et d'une espèce de *Cymbopleura*, toutes récemment décrites par Krammer (2002, 2003).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Deux lacs et un rocher suintant ont été particulièrement prospectés. Le lac Bastan supérieur, situé dans les Pyrénées centrales (alt. 2260 m, massif de Néouvielle) est alimenté essentiellement par la fonte des neiges. C'est un lac oligotrophe faiblement minéralisé typique de haute montagne (pH : 6,9 ; cond. : 50 μ S/cm ; Ca : 8 mg/l, Mg : 0,17 mg/l, K : 0,83 mg/l). Le lac de Bethmale (alt. 1 055 m, département de l'Ariège) est alimenté essentiellement par une source au fond du lac et accessoirement par la fonte des neiges ; 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). La conductivité est de l'ordre de 230 μ S/cm et la

concentration en Ca autour de 100 mg/l. Pendant l'été, ce lac peut être désoxygéné à l'interface sédiment-eau pendant de courtes périodes, ce qui entraîne des relargages d'azote et de phosphore. Le pH est voisin de 8.

Le rocher suintant (longitude : 01°05'32"E ; latitude : 42°51'54"N) est couvert de mousses ; il est situé en bordure de la route (D17) qui remonte la vallée de Bethmale, environ 500 m avant le lac du même nom. Il est soumis à des conditions hydriques très variables en fonction du débit du ruisseau qui le traverse (cond. 200-210 µS/cm).

Les récoltes concernent essentiellement les diatomées du périphyton ; les échantillons ont été prélevés par grattage de galets et de rochers dans le lac Bastan supérieur, au filet traîné sur le fond dans le lac de Bethmale et par grattage, expression de mousses et récolte de quelques mousses sur le rocher suintant.

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 Nachet NS400 équipé d'un interféromètre à polarisation Nomarski. Les photographies ont été prises avec une caméra JVC 3 CCD KY – F58. Pour les observations au microscope 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 à l'or palladium et examiné avec un microscope JEOL JSM 6490.

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

OBSERVATIONS

***Delicata couseranensis* Le Cohu et Lange-Bertalot sp. nov.**

Diagnose latine

*Valvae modice dorsiventrals, elliptico-lanceolatae, cum apicibus rotundatis et saepius vix protractis. Longitudo : 22-34,5 µm ; latitudo : 4-5,7 µm ; maxima ratio longitudinis/latitudinis = 7. Area axialis angusta, ad nodulum centrale paululum dilatata ; area centralis nulla vel vix delineata et asymmetrica. Raphe leviter curvata, ad apices versus sensim filiformis, cum extremis proximalibus sine poris centralibus aspectabilibus vel vix bulbiformibus et fissuris terminalibus fortiter uncinatis ad dorsale latus. Striae parallelae in media parte, deinde leviter radiatae : 18-21 in 10 µm in media parte, ad apices usque ad 26 in 10 µm. Puncta solum discernenda in microscopio electronico : 50-55 in 10 µm. Similis est *Delicata judaica* sed ab ea specie *Delicata couseranensis* differt ex ratione longitudinis/latitudinis, minore latitudine et densitate superiore punctorum. In microscopio electronico, structura juste ut typica in genere *Delicata* observata est.*

Holotype : PCO171165 – Muséum National d'Histoire Naturelle - Paris

Isotype : BR-4193 – Jardin Botanique National de Belgique - Meise

Localité type : vallée de Bethmale, bord de la route départementale D17 (longitude : 01°05'32"E, latitude : 42°51'54"N). Département de l'Ariège, France.

Étymologie : « couseranensis » fait référence à une partie du département de l'Ariège appelée Couserans.

English diagnosis

Valves slightly dorsiventral, elliptical-lanceolate, with apices broadly rounded occasionally barely protracted. Length : 22-34.5 μm ; breadth : 4-5.7 μm ; maximum Length (L)/Breadth (B) = 7. Axial area narrow slightly widening towards the central nodule ; central area absent or hardly outlined and asymmetrical. Raphe slightly curved narrowing towards the apices and becoming reverse-lateral towards the proximal ends. Central pores indiscernible or hardly bulbous ; terminal fissures strongly dorsally deflected. Striae parallel in the middle part then hardly radiate : 18-21/10 μm in the middle portion becoming up to 26/10 μm towards the apices. Puncta only discernible in SEM 50-55/10 μm . *Delicata couseranensis* is close to *Delicata judaica* but differ in the L/B ratio, the lower breadth and a higher number of puncta in 10 μm . In the SEM, the usual morphological features of the genus *Delicata* are observed.

Description au microscope photonique

Les valves sont légèrement dorsiventrals, lancéolées-elliptiques aux extrémités arrondies (Figs 1, 3, 5, 8) pouvant être légèrement étirées (Figs 2, 4, 6, 7). Les deux branches du raphé, incurvées dorsalement sur leur plus grande longueur, s'amincissent à proximité des pôles ; les fissures terminales inclinées dorsalement sont le plus souvent à peine visibles (Figs 2, 3, 4) ; les terminaisons proximales s'infléchissent vers le côté ventral et se terminent par des pores centraux indifférenciés (Figs 1, 2, 3, 6, 7, 8) parfois légèrement bulboux (Figs 4, 5). L'aire axiale, étroite, s'élargit dans la partie médiane avec parfois une esquisse d'aire centrale légèrement asymétrique marquée par un léger raccourcissement des stries soit dorsales soit ventrales (Figs 1, 2, 5, 7). Les stries, parallèles dans la partie médiane de la valve, deviennent ensuite à peine radiantes et sont plus rapprochées à proximité des pôles (24-26/10 μm comptées sur 5 μm). Le rapport L/l varie de 5,5 à 7.

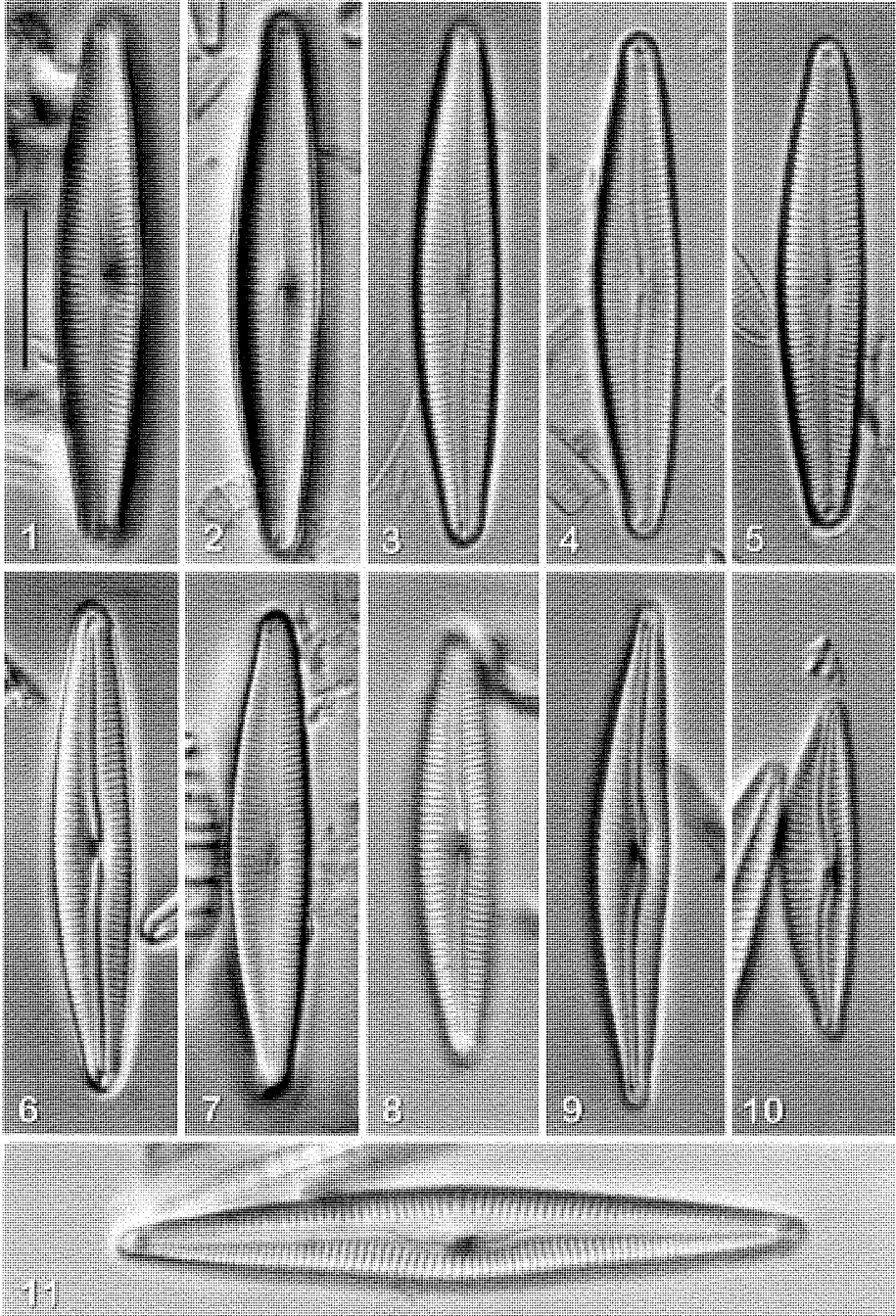
Description au microscope électronique à balayage

En vue externe, le raphé apparaît déplacé dorsalement sur sa plus grande longueur (Fig. 12), les fissures terminales étant fortement inclinées vers le côté dorsal (Figs 12, 13). Après s'être infléchies vers le côté ventral, les deux branches du raphé montrent une partie proximale presque parallèle au bord ventral et se terminent par des pores centraux indifférenciés (Fig. 14). En vue interne, le raphé est continu et contourne le nodule central par le côté dorsal (Fig. 15). Le raphé (Krammer 1982) est de type oblique (Fig. 16).

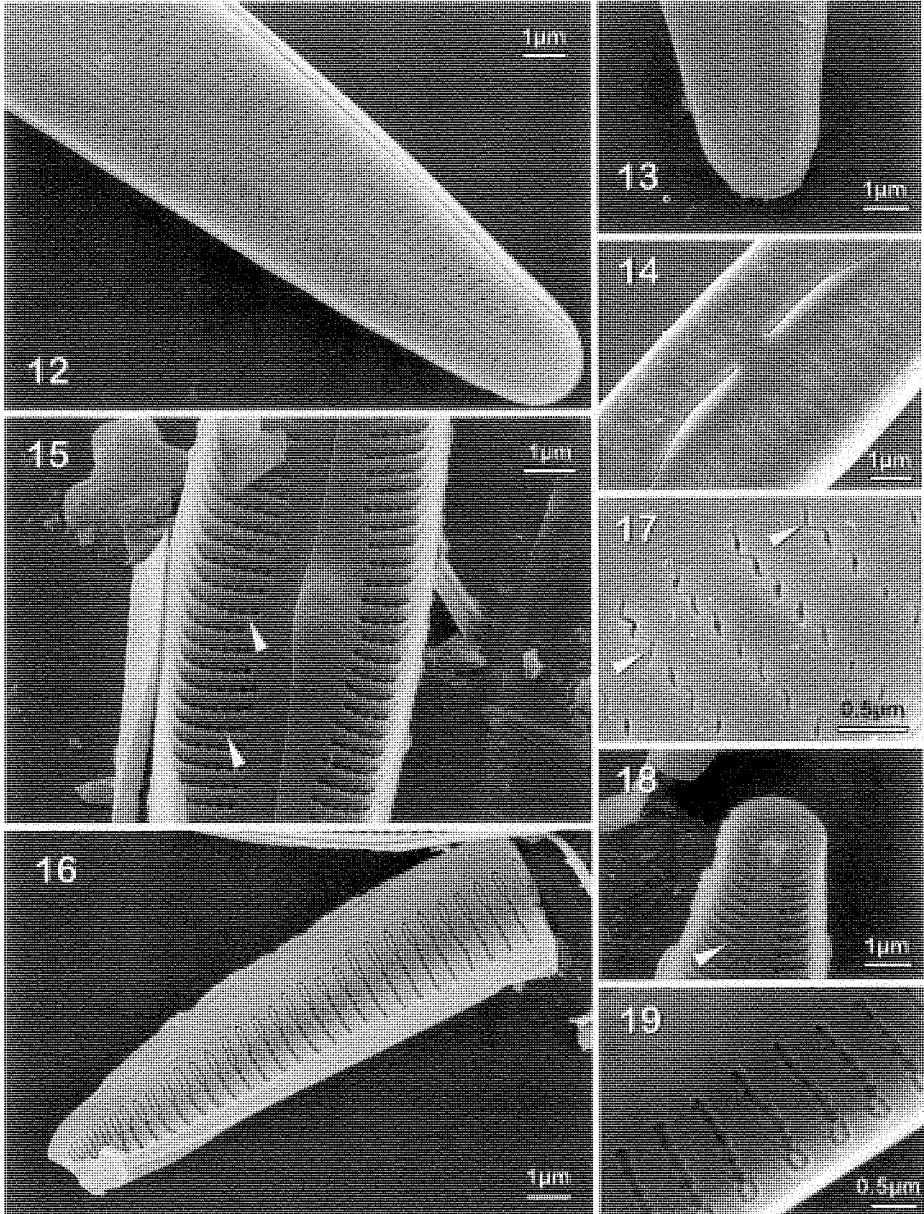
En vue externe, les stries ont un aspect torsadé plus ou moins continu (Figs 14, 17). Les aréoles sont fermées (Fig. 17, têtes de flèches) et obliques par rapport à l'axe transapical. Aux extrémités, les stries deviennent franchement discontinues et apparaissent sous la forme d'aréoles plus ou moins allongées (Fig. 13). En vue interne, les stries montrent une structure différente sur la face valvaire et le manteau (Figs 16, 19). Elles ont un aspect toruleux sur la face valvaire avec les aréoles surmontées par des extensions siliceuses (Figs 15, 18, têtes de flèches). Sur le manteau, les stries apparaissent sous la forme d'une double rangée d'aréoles séparée par un bourrelet siliceux médian (Figs 16, 19).

Distribution et écologie

Pour le moment, la distribution de *Delicata couseranensis* est confinée à la station où elle a été récoltée. Cette station (alt. 1 000 m) peut se définir comme un rocher « suintant » où se sont développées des mousses et où se déverse un petit ruisseau (cond. 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$) soumis à de fortes variations de débit en fonction



Figs 1-11. *Delicata couseranensis* sp. nov. M.P. **1-8**. Variabilité de la valve au sein de la population type. Figs 9-11. *Delicata delicatula*. **9, 10**. *Delicata delicatula* var. *delicatula*. **11**. *D. delicatula* var. *alpestris*. Échelle : 10 μ m.



Figs 12-19. *Delicata couseranensis*. MEB. **12.** Vue externe montrant la course du raphé. **13.** Vue externe de l'extrémité d'une valve montrant la fissure terminale et les aréoles plus ou moins allongées à l'apex. **14.** Vue externe de l'aire centrale montrant les pores centraux indifférenciés et les stries torsadées. **15.** Vue interne de l'aire centrale montrant le raphé continu et les excroissances au-dessus des valves (têtes de flèches). **16.** Vue interne d'une valve brisée montrant la structure des stries sur la face valvaire et le manteau ainsi que la fente oblique du raphé. **17.** Détail d'une vue externe des stries avec des aréoles fermées (têtes de flèches). **18.** Détail de l'extrémité d'une valve en vue interne : terminaison du raphé sur l'hélicoglosse et structure des stries à l'apex. **19.** Vue interne montrant la structure des stries sur la face valvaire et le manteau.

de la présence ou de l'absence de neige. C'est donc un milieu soumis à de fortes fluctuations hydriques. *D. couseranensis* peut être considérée comme une espèce à tendance aérophile. Elle est d'ailleurs accompagnée par des espèces comme *Cymbopleura laeviformis* Krammer de même que *Ellerbeckia arenaria* (Moore) Crawford (Krammer & Lange-Bertalot 2008) qui peut se trouver dans ce type de milieu.

Cymbella perparva Krammer

Description au microscope photonique

Les spécimens rencontrés sont modérément convexes dorsalement avec un bord ventral très légèrement tumide dans la partie médiane (Figs 20-25) ; les valves s'amincissent progressivement vers les extrémités souvent légèrement étirées. L'aire axiale est étroite et linéaire. L'aire centrale est marquée par la présence de 1 à 4 stigmas à l'extrémité des stries médianes ventrales faiblement raccourcies (Fig. 21) et souvent par 2 ou 3 stries dorsales également écourtées (Figs 20, 22, 23). Le raphé est latéral et devient filiforme vers les extrémités avec des fissures terminales clairement orientées dorsalement (Figs 22, 23) ; les terminaisons proximales (type « reverse-lateral » Krammer 2002) forment une boucle plus ou moins visible (Figs 22, 24) qui se termine par des pores centraux plus ou moins distincts. Les stries deviennent plus radiantées aux abords des pôles (Figs 20-25). La ponctuation des stries est plus ou moins visibles suivant les individus.

Mesures observées : L : 28-36 μm ; l : 6,9-8 μm ; nombre de stries en 10 μm : 11-12 ventrales ; 9-10 dorsales ; nombre de ponctuations : 26-30/10 μm ; variation du rapport L/l : 4,1-4,5.

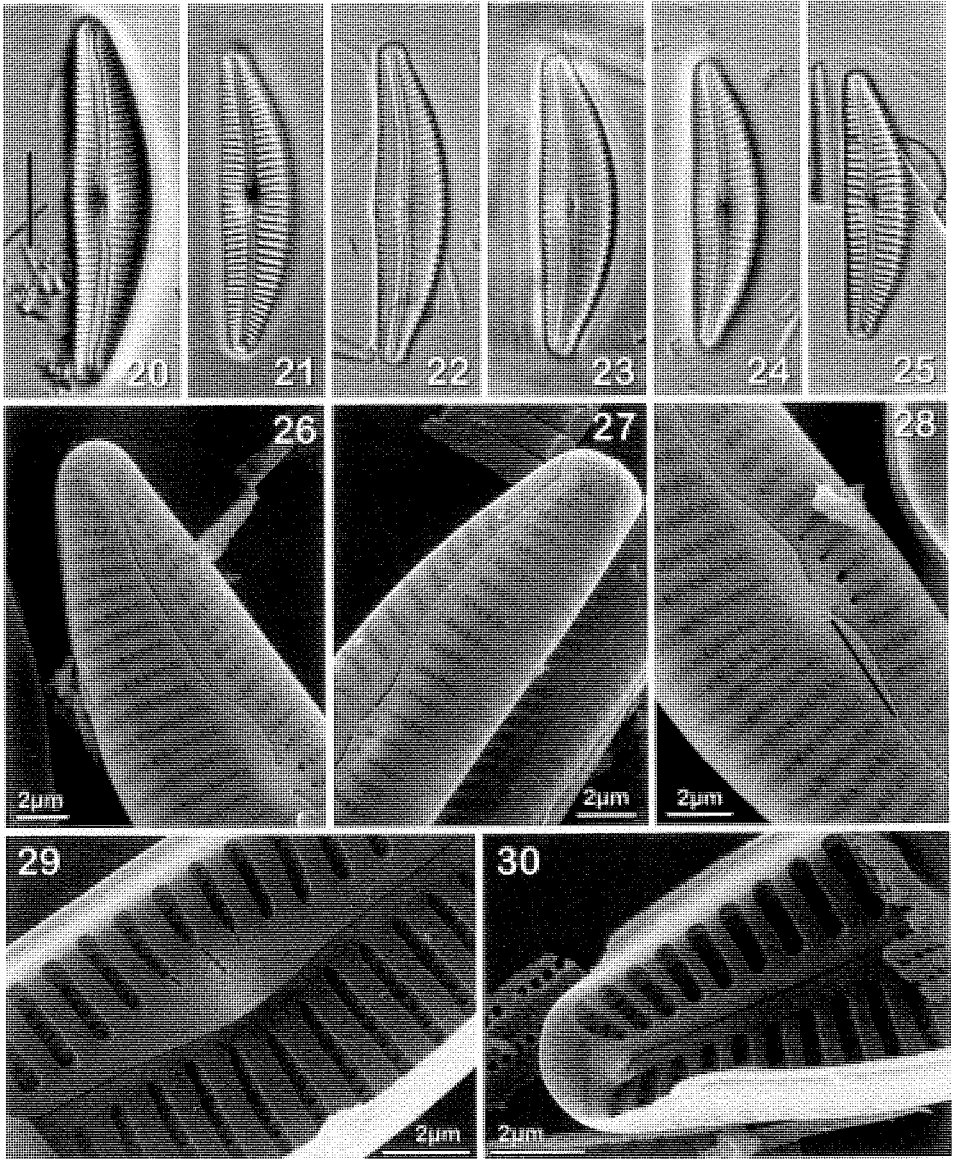
Description au microscope électronique à balayage

En vue externe, le raphé est déporté dorsalement sur sa plus grande longueur (Figs 26, 27) et présente des fissures terminales abruptement inclinées vers le côté dorsal (Fig. 26) ; la partie proximale telle que définie à la figure 28 dessine une anse largement ouverte se terminant par des pores centraux orientés dorsalement (Fig. 28). En vue interne, le raphé est continu et contourne le nodule central par le côté secondaire de la valve (Fig. 29) ; il se termine dans un hélictoglosse légèrement surélevé prolongé par un épaissement siliceux qui correspond à la fissure terminale (Fig. 30).

En vue externe, les stries sont constituées de fines aréoles allongées (lineolae) qui se prolongent sur le manteau sur une courte distance (Figs 26, 27) ; en vue interne, elles sont séparées par de très larges vimines (Figs 29, 30). Les champs apicaux de pores sont disposés en rangées parallèles (Figs 27, 30). Les stigmas peuvent être de taille différente (Fig. 29). En vue externe, ils sont arrondis (Fig. 28) ; en vue interne, ils sont allongés transapicalement et bordés de fines granulations (Fig. 29).

Distribution et écologie

Cymbella perparva est largement distribuée en Europe (Balkans, Allemagne, lacs des Alpes) et a été signalée en Inde (Krammer, 2002). Récemment, elle a été rencontrée en Chine (Li *et al.*, 2007). C'est donc une espèce à large répartition géographique. Elle se trouve dans des eaux oligotrophes pouvant être riches en calcium, ce qui est le cas du lac de Bethmale (Ca #100 mg/L) où cette espèce a été récoltée sur le fond du lac riche en matière organique d'origine végétale. Elle



Figs 20-30. *Cymbella perparva*. MP. 20-25. Variation de la valve. Échelle : 10 μm . MEB. 26. Vue externe montrant la course du raphé. 27. Vue semi-latérale montrant une ou deux rangées d'aréoles sur le manteau et un champ apical de pores. 28. Vue externe de l'aire centrale : pores centraux à peine différenciés, quatre stigmas et la partie proximale du raphé (trait). 29. Vue interne de l'aire centrale montrant le raphé continu, la structure des stigmas et les larges vimines. 30. Vue interne d'un champ apical de pores, l'hélictoglosse et le nodule terminal prolongé latéralement par un épaissement siliceux correspondant à la fissure terminale.

est adaptée à des températures inférieures à 15 °C et à des variations des concentrations en azote (0-0,5 mg/L) et en phosphore (0-30 µg/L). Elle représente 2,6 % du peuplement diatomique, les espèces dominantes étant : *Staurosira venter* (Ehr.) Cleve et Möller (12,5 %), *Achnanthydium gracillimum* (Meister) Mayama (11 %), *Fragilaria ulna* (Nitzsch) Lange-Bertalot Sippen *angustissima* (Grun.) Lange-Bertalot (8,7 %), *Delicata delicatula* (Kütz.) Krammer (8,5 %).

Cymbella maggiana Krammer

Description au microscope photonique

Les valves sont dorsiventrals avec un bord dorsal fortement arqué et un côté ventral très légèrement convexe dans la partie médiane (Figs 31-34) ; elle s'amincissent assez brusquement pour donner des extrémités plus ou moins longuement étirées, émoussées et très faiblement arrondies. L'aire axiale, étroite, s'élargit dans la partie médiane où elle esquisse une concavité ventrale délimitant l'aire centrale. Cette concavité centrale est marquée par des stries faiblement raccourcies surmontées de 2 (Fig. 31) à 3 stigmas (Fig. 35). Le raphé est de type « reverse-lateral » (Krammer, 2002). Les extrémités proximales forment une boucle se terminant par des pores centraux généralement peu marqués (Figs 31, 35) ; les fissures terminales sont très nettement orientées dorsalement (Figs 31-33) mais ce n'est pas toujours visible clairement (Fig. 34). Les stries, nettement ponctuées, sont parallèles dans la partie médiane, très faiblement radiantes sur leur plus grande longueur puis deviennent plus serrées et plus radiantes vers les extrémités.

Mesures observées : L : 45-67 µm ; l : 11-13 µm ; nombre de stries en 10 µm : 11 côté ventral, 9-10 côté dorsal ; nombre de ponctuations : 20-21/10 µm ; variation du rapport L/l : 3,9-5,2.

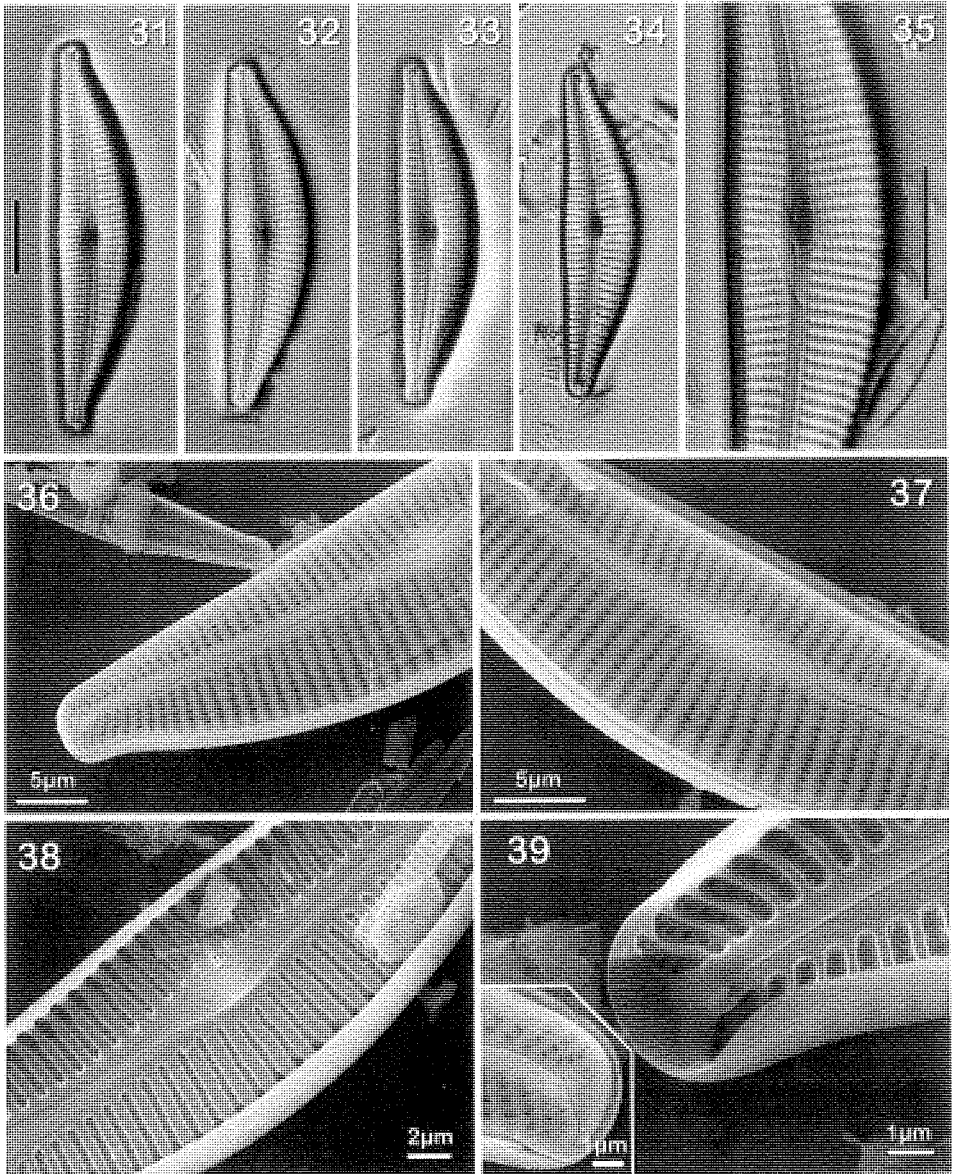
Description au microscope électronique à balayage

En vue externe, le raphé, déporté dorsalement sur sa plus grande longueur, montre des fissures terminales abruptement inclinées vers le côté dorsal (Fig. 36). À l'approche des extrémités proximales, le raphé dessine une anse d'abord fortement inclinée vers le côté ventral puis longe les stries ventrales avant de se terminer environ au 1/3 de la largeur de l'aire centrale par des pores centraux orientés dorsalement (Fig. 37). En vue interne, le raphé est continu et contourne le nodule central par le côté secondaire de la valve (Fig. 38) ; sa partie distale se termine dans un petit hélictoglosse prolongé par le nodule terminal et le renforcement siliceux correspondant à la fissure terminale (Fig. 39).

En vue externe (Fig. 37), les stries sont constituées d'aréoles fermées et allongées dans le sens apical ; intérieurement, elles sont séparées par de très larges vimines (Fig. 38). En vue externe, les stigmas sont fermés et légèrement étirés transapicalement (fig 37) ; intérieurement ils dessinent une fente bordée de fines indentations (Fig. 38). Il faut observer que les stigmas peuvent être de taille différente (Figs 37, 38). Un champ apical de pores, disposés en rangées parallèles, est présent à chaque extrémité (Fig. 39).

Distribution et écologie

Cymbella maggiana a été décrite dans une rivière du Tessin (Suisse) et a été rencontrée à plusieurs reprises dans des rivières oligotrophes de cette région (Krammer, 2002). Dans les Pyrénées, pour le moment, cette espèce a été trouvée seulement au fond du lac de Bethmale riche en matière organique d'origine végétale où elle représente 1 % du peuplement diatomique. Elle a donc un profil écologique très voisin de celui de *C. perparva*.



Figs 31-39. *Cymbella maggiana*. MP. **31-34**. Variation de la valve. **35**. Aire centrale avec trois stigmas et la partie proximale du raphé (« reverse-lateral ») en boucle. Echelle : 10 µm. MEB. **36**. Vue externe montrant la course du raphé et le champ apical de pores. **37**. Vue externe de l'aire centrale : partie proximale du raphé avec pores centraux à peine différenciés et trois stigmas. **38**. Vue interne de l'aire centrale montrant le raphé continu, la structure de deux stigmas et les très petites ouvertures des aréoles. **39**. Vue interne de l'extrémité d'une valve : hélicto-glosse, nodule terminal prolongé par un épaissement siliceux correspondant à la fissure terminale et champ apical de pores. Encart : vue externe d'un champ apical de pores.

Cymbella simonsenii* KrammerDescription au microscope photonique*

Les valves (Figs 40-43), modérément dorsiventrals, présentent un côté ventral légèrement convexe pouvant devenir tumide dans la partie médiane chez les plus grands individus (Figs 40, 44). Le raphé est latéral sur la plus grande partie de sa longueur et devient filiforme dans sa partie distale avec des fissures terminales incurvées dorsalement (Fig. 40) ; la partie proximale forme une boucle (type « reverse-lateral » selon Krammer, 2002) terminée par de petits pores centraux différenciés. L'aire centrale est marquée par des stries ventrales légèrement raccourcies et surtout par la présence de 1 à 3 stigmas (Fig. 44) allongés dans le sens transapical, ce qui est une des caractéristiques de l'espèce. Les stries, très distinctement ponctuées et faiblement radiantes, deviennent plus radiantes et plus resserrées vers les extrémités.

Mesures observées : L : 70-115 μm ; l : 13,5-15,5 μm ; nombre de stries : 7-9/10 μm ; variation du rapport L/l : 4,5-7,7 ; nombre de ponctuations : 15/10 μm .

Description au microscope électronique

En vue externe, le raphé apparaît déporté côté dorsal sur sa plus grande longueur (Fig. 45) ; dans sa partie distale, il s'infléchit nettement vers le côté ventral puis se redresse pour donner des fissures terminales inclinées du côté dorsal et se terminant sur le manteau (Fig. 46) ; dans sa partie proximale, il s'incurve ventralement en anse de panier pour se terminer par de petits pores centraux légèrement orientés vers le côté ventral (Fig. 47). Les stries sont constituées de fines aréoles fermées très allongées dans le sens apical et souvent légèrement incurvées, elles présentent souvent des irrégularités dans leur disposition (Figs 46, 47) ; ce qui est rare, les stigmas ne se différencient pratiquement pas morphologiquement des aréoles sauf par leur orientation transapicale (Fig. 47). À chaque extrémité, un champ apical de pores est présent (Fig. 46, tête de flèche).

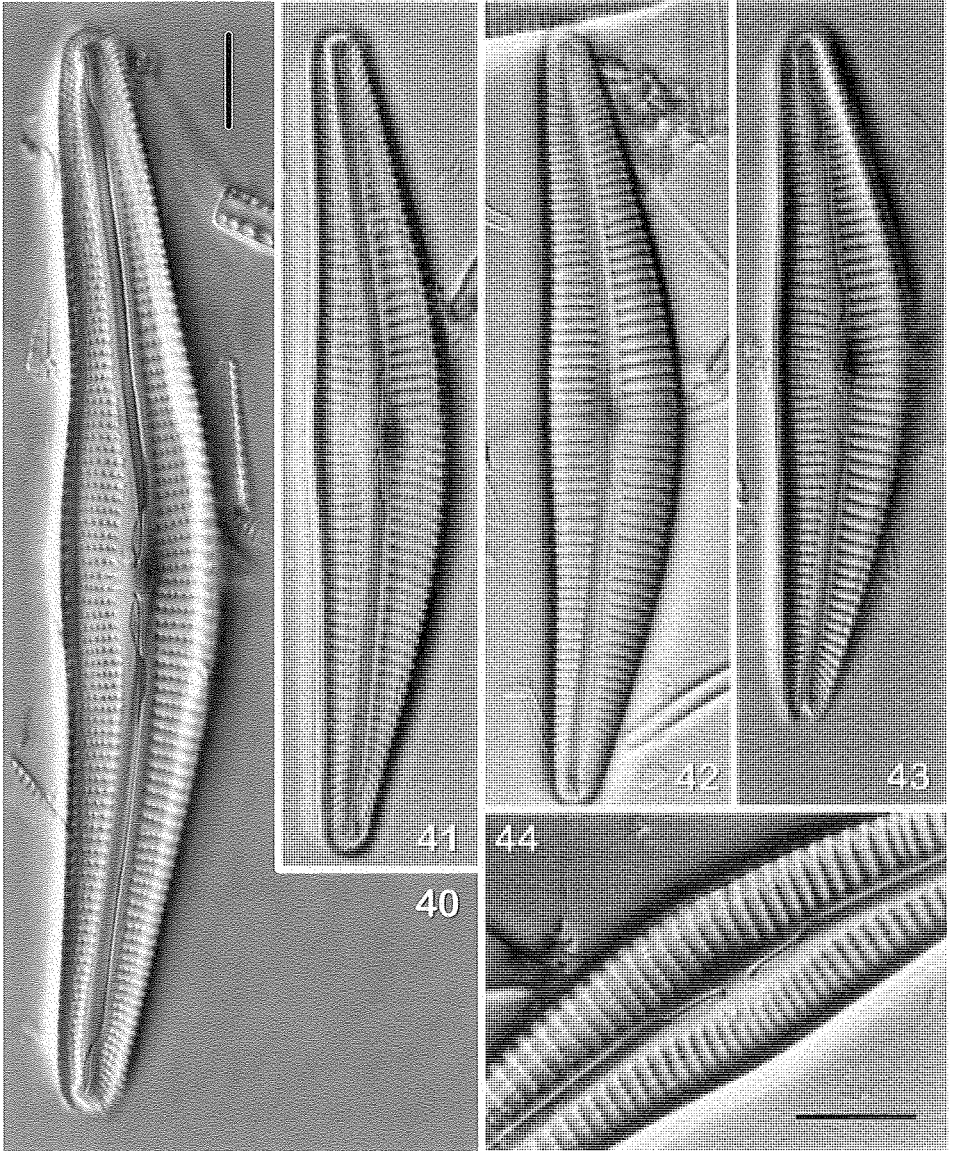
En vue interne (Fig. 48), le raphé est continu et contourne le nodule central par le côté secondaire de la valve ; sa partie distale se termine dans un hélicoglosse surélevé, le nodule terminal étant prolongé par un épaissement siliceux correspondant à la fissure terminale (Fig. 49). Les aréoles sont séparées par de très larges vimines (Figs 48, 50). Les champs apicaux de pores sont organisés en rangées parallèles séparées par de fines arêtes (Fig. 49). Les stigmas se présentent sous forme de fentes allongées bordées de fines granulations (Fig. 50).

Distribution et écologie

Selon Krammer (2002), *Cymbella simonsenii* se rencontre souvent dans les rivières et lacs des Alpes et dans beaucoup de lacs des régions karstiques des Balkans ; elle préfère les eaux oligotrophes, riches en Ca avec une conductivité moyenne. Dans les Pyrénées, pour le moment, elle n'a été recensée que dans le fond du lac de Bethmale et présente le même profil écologique que *C. perparva* et *C. magiana*.

Cymbella neoleptoceros* Krammer var. *tenuistriata* KrammerDescription au microscope photonique*

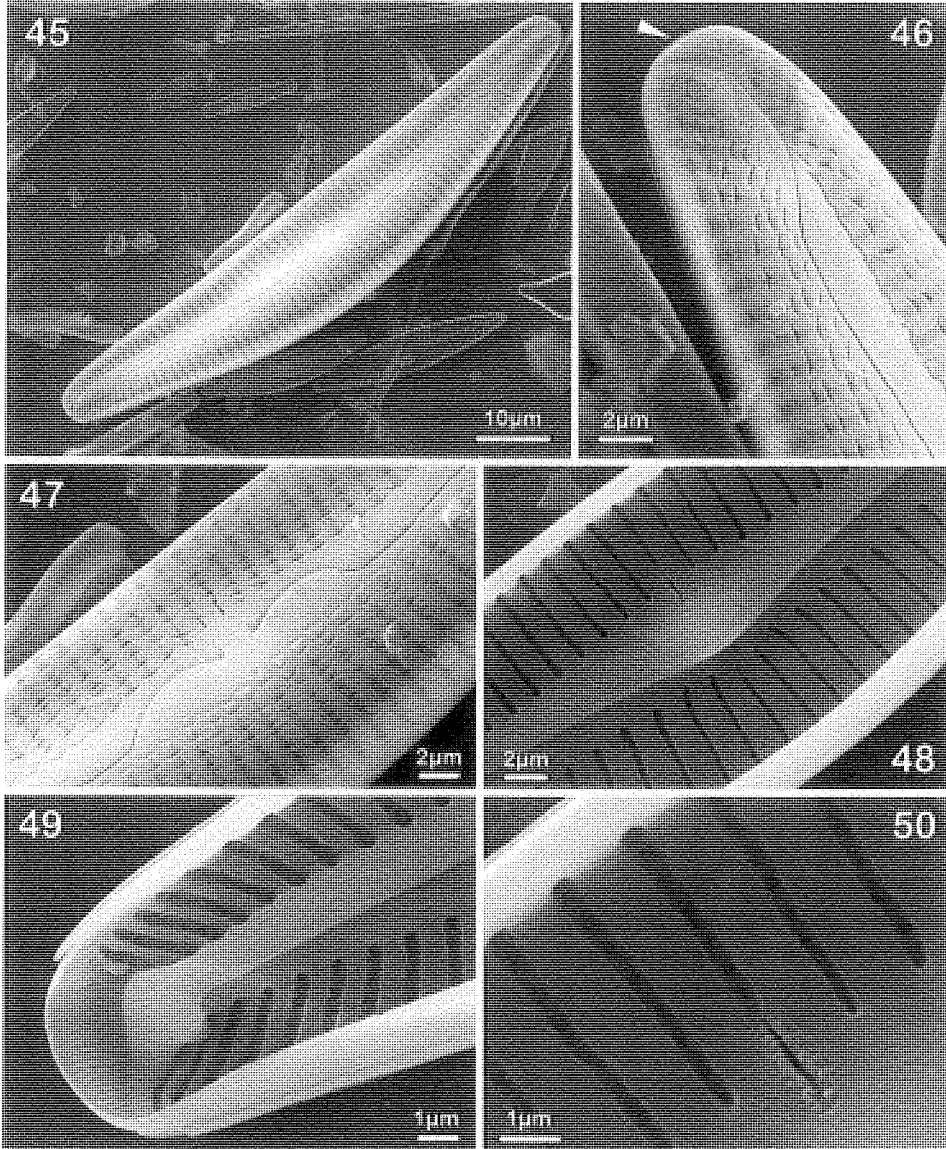
Les valves (Figs 51-58) sont dorsiventrals-lancéolées avec un côté dorsal plus fortement arqué chez les petits individus. Le côté ventral est légèrement convexe dans la partie médiane (Figs 51-58). L'aire axiale, presque parallèle au bord ventral, s'élargit progressivement avec des stries très légèrement raccourcies



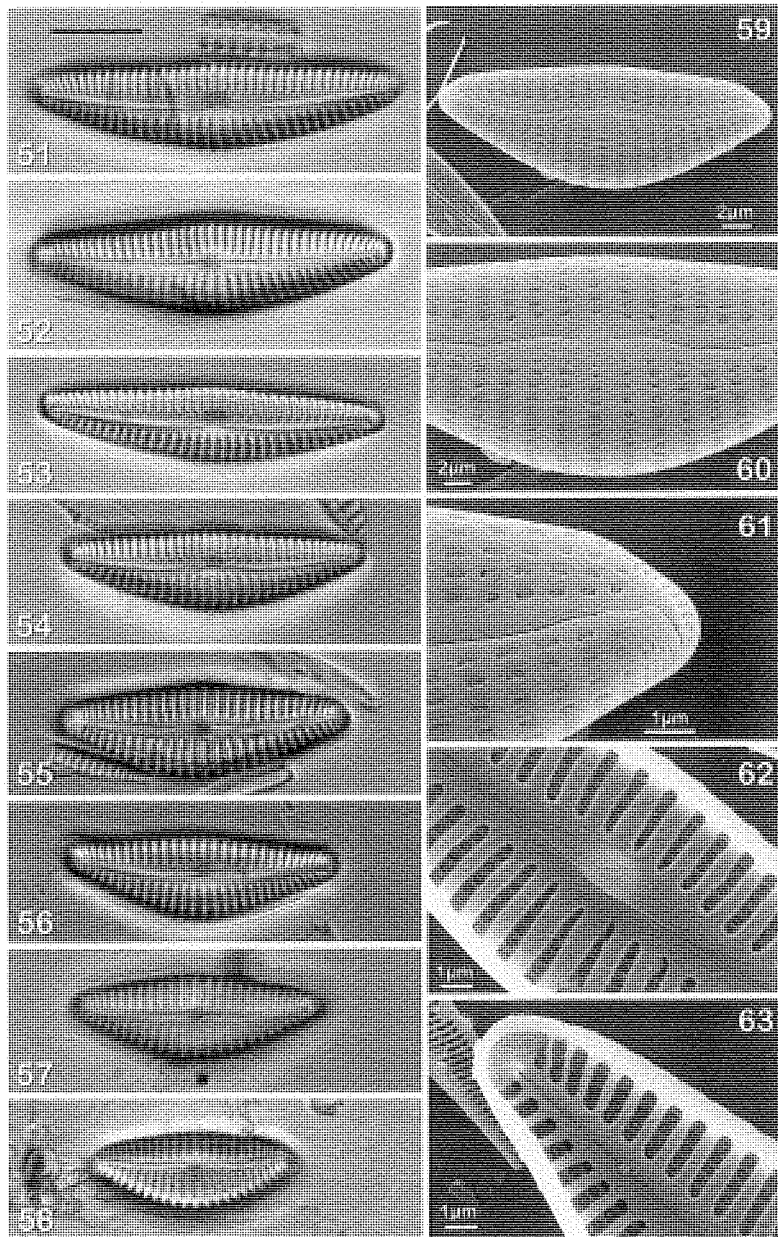
Figs 40-44. *Cymbella simonsenii*. MP. 40-43. Variation de la valve. 44. Aire centrale avec la partie proximale du raphé en boucle ("reverse-lateral") et un stigma allongé. Échelle : 10 μ m.

dans la partie médiane délimitant une aire centrale très peu différenciée. Le raphé est latéral ; il devient plus ou moins filiforme dans les parties proximales et distales ; la partie proximale est presque rectiligne et parallèle au côté ventral ; les pores centraux sont indifférenciés et placés au milieu de l'aire centrale. Les stries sont très visiblement ponctuées et plus radiantes vers les extrémités.

Mesures observées : L : 22-42 μ m ; l : 8,5-10,5 μ m ; nombre de stries : 8-10/10 μ m ; variation du rapport L/l = 2,6-4,5 ; nombre de punctuations : 20-21/10 μ m.



Figs 45-50. *Cymbella simonsenii*. MEB. **45.** Vue externe montrant la course du raphé et les aréoles sur le manteau. **46.** Vue externe montrant la partie distale du raphé avec la fissure terminale, les fines aréoles légèrement incurvées et le champ apical de pores (tête de flèche). **47.** Vue externe de l'aire centrale : partie proximale du raphé avec de petits pores centraux infléchis vers le côté ventral et deux stigmas allongés légèrement incurvés. **48.** Vue interne de l'aire centrale : raphé continu, stigma et larges vimines. **49.** Vue interne de l'extrémité d'une valve : hélictoglosse, nodule terminal prolongé par un épaissement siliceux correspondant à la fissure terminale et champ apical de pores. **50.** Détail en vue interne des stries et d'un stigma.



Figs 51-63. *Cymbella neoleptoceros* var. *tenuistriata*. MP. 51-58. Variabilité morphologique des valves au sein d'un même lac. Échelle : 10 μ m. MEB. 59. Valve en vue externe. 60. Vue externe montrant la partie proximale du raphé avec les pores centraux indifférenciés orientés vers le côté ventral et la morphologie des aréoles. 61. Vue externe de l'extrémité d'une valve montrant l'arrangement du champ apical de pores de part et d'autre de la fissure terminale. 62. Vue interne de l'aire centrale : très court intermissio et aréoles fermées par un opercule (« papilla »). 63. Vue interne de l'extrémité d'une valve : hélictoglosse et nodule terminal prolongé par un épaissement siliceux correspondant à la fissure terminale qui partage le champ apical de pores en deux parties.

Description au microscope électronique à balayage

En vue externe, le raphé, nettement déporté du côté dorsal sur une grande partie de sa course, s'infléchit ensuite vers le côté ventral de la valve (Fig. 59). Dans sa partie proximale, le raphé se termine par des pores centraux indifférenciés orientés légèrement vers le côté ventral (Fig. 60). Dans sa partie distale, les fissures terminales, abruptement inclinées vers le côté dorsal, se terminent en bordure du manteau (Fig. 61) ; elles partagent les champs apicaux de pores, ordonnés en rangées parallèles, en deux parties (Fig. 61). En vue interne, le raphé présente un intermissio (Fig. 62), placé sur le bord dorsal du nodule central et beaucoup plus court qu'en vue externe. Au-delà du petit hélictoglosse, un diverticule siliceux, prolongeant le nodule terminal, correspond à la fissure terminale (Fig. 63).

Extérieurement les stries sont constituées d'aréoles allongées dans le sens apical, rappelant celles de nombreuses espèces du genre *Gomphonema* ; elles sont le plus souvent arquées et fermées par un hymen (Figs 60, 61). En vue interne, les aréoles, plus ou moins oblongues, sont obstruées en grande partie par un opercule (papilla *sensu* Krammer, 2002) et séparées par de larges vimines (Fig. 62). Il faut remarquer que les interstries sont plus larges que les stries (Figs 60, 62) sauf aux extrémités où les stries peuvent devenir plus larges (Fig. 63).

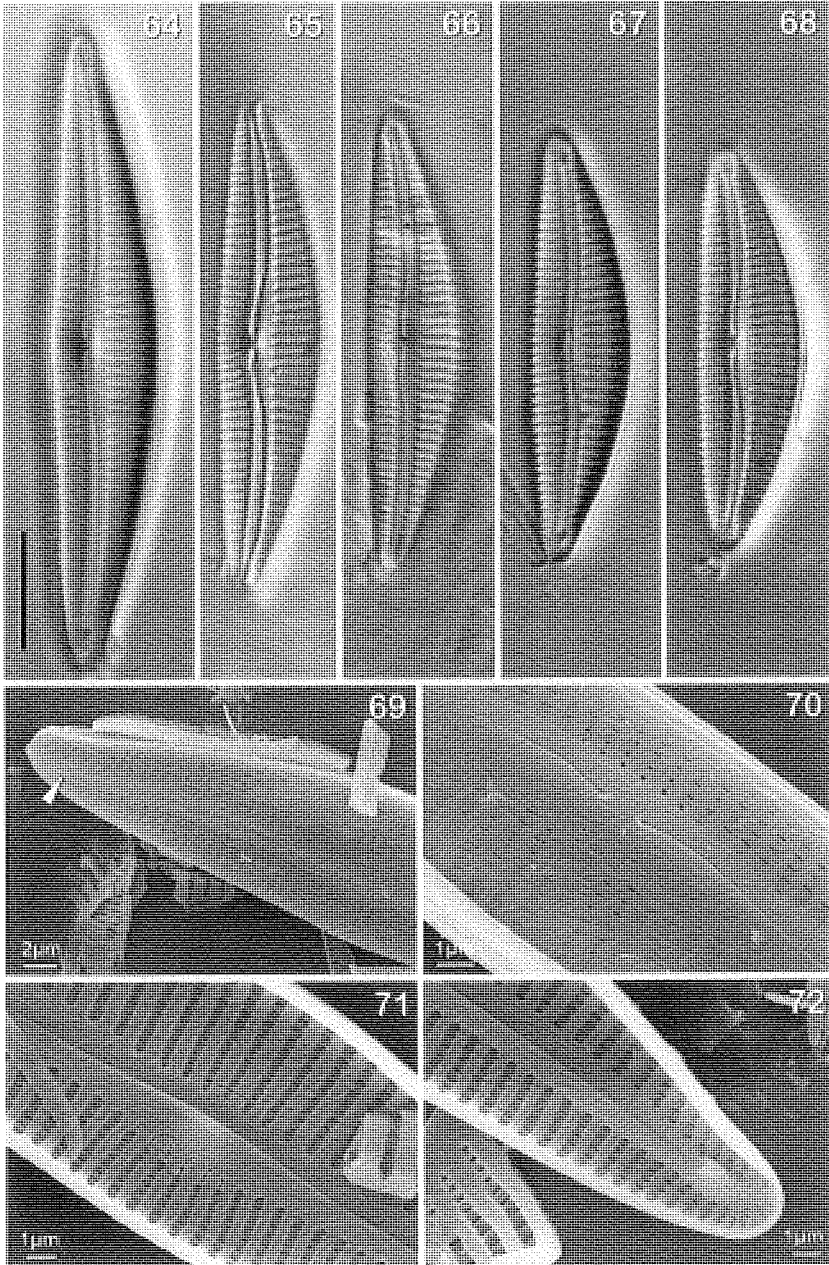
Modification de la diagnose (cf. discussion) : L : 22-54 μm ; l : 8-12,8 μm ; nombre de stries : 8-11/10 μm ; variation du rapport L/l = 2,6-4,5 ; nombre de ponctuations : 18-21/10 μm .

Distribution et écologie

Cymbella neoleptoceros et *C. neoleptoceros* var. *tenuistriata* sont présentes dans toute la zone tempérée, particulièrement dans les rivières et lacs des Alpes ; ce sont des taxons de milieux oligotrophes à mésotrophes, pouvant être particulièrement abondants dans les lacs des régions karstiques des Balkans (Krammer, 2002). Dans les Pyrénées, *C. neoleptoceros* var. *tenuistriata* a été rencontrée dans le lac Bastan supérieur où elle représente 1,1 % du peuplement diatomique, dans le lac de Bethmale mais aussi d'autres lacs (Le Cohu & Tudesque, 2008). Ce taxon peut donc se trouver dans un large éventail de valeurs de conductivité (50-230 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et de concentration en Ca (8-100 mg/l). *C. neoleptoceros* a peut-être déjà été signalée dans les Pyrénées sous le nom de *C. leptoceros* (Ehr.) Kütz. (Hustedt, 1939 ; Allorge & Manguin, 1941) mais il n'est pas sûr qu'il s'agisse du même taxon ; cela pourrait être *C. subleptoceros* Krammer. Dans le lac Bastan supérieur, *Denticula tenuis* Kütz. est l'espèce dominante (17 %) avec *Encyonopsis alpina* Krammer et Lange-Bertalot (8 %). Tous les autres taxons ont un pourcentage d'abondance inférieur à 5 %, les mieux représentés étant : *Achnanthydium caledonicum* (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot (2,6 %), *Cyclotella radiosa* (Grun.) Lemmermann (2,3 %), *Cymbella excisiformis* Krammer (2,5 %), *Delicata delicatula* (3 %), *Encyonopsis subminuta* Krammer et Reichardt (3 %) et *Staurosira venter* (4,5 %).

Cymbella subhelvetica Krammer*Description au microscope photonique*

Les valves sont distinctement dorsiventrals, lancéolées avec des extrémités étirées amincies (Figs 64-67) sauf les plus petits individus (Fig. 68). Le côté ventral est franchement tumide (Fig. 64), légèrement convexe (Figs 65-67) à quasiment rectiligne (Fig. 68). L'aire axiale est sensiblement de la même largeur sur toute sa longueur avec une aire centrale pouvant être esquissée sur le côté ventral (Figs 64-68). Le raphé est latéral et s'amincit vers les extrémités ; la partie



Figs 64-72. *Cymbella subhelvetica*. MP. **64-68.** Variation de la valve. Échelle : 10 μ m. MEB. **69.** Vue externe montrant la course du raphé avec un petit décrochement dans la partie distale (tête de flèche). **70.** Vue externe de l'aire centrale : partie proximale du raphé et cinq stigmas avec une seconde rangée d'aréoles différentes des autres morphologiquement. **71.** Vue interne de l'aire centrale : six stigmas, raphé continu et larges vimines. **72.** Vue interne de l'extrémité d'une valve : stries à l'apex, hélictoglosse et nodule terminal prolongé par un épaissement siliceux correspondant à la fissure terminale.

proximale se termine par des pores proches l'un de l'autre et peu marqués ; la partie distale présente des fissures terminales infléchies dorsalement (Figs 64-66). Les stries, faiblement radiantes puis légèrement convergentes vers les extrémités, sont le plus souvent clairement ponctuées. 4 à 6 stigmas, pas toujours facilement discernables, surmontent les stries de la partie médiane de la valve (Figs 64, 65).

Mesures observées : L : 36-60 μm ; l : 8,5-10,4 μm ; nombre de stries en 10 μm : 11-13 ventrales, 10-11 dorsales ; variation du rapport L/l = 3,8-5,9 ; nombre de puncta : 21-23/10 μm .

Description au microscope électronique à balayage

Le raphé (Fig. 69), déporté sur le côté dorsal, s'infléchit doucement ventralement dans sa partie distale et proximale ; les parties distales présentent un petit décrochement (Fig. 77, tête de flèche) et se terminent par les fissures terminales incurvées dorsalement (Fig. 69) ; la partie proximale s'incurve en pente douce vers le côté ventral puis vers le côté dorsal et se termine par des pores centraux peu développés (Fig. 70). En vue interne, le raphé contourne le nodule central (Fig. 71) côté secondaire de la valve et se termine dans un hélictoglosse suivi du nodule terminal qui se prolonge latéralement par un diverticule correspondant à la fissure terminale (Fig. 72).

En vue externe, les stries sont constituées d'aréoles fermées allongées dans le sens apical (Fig. 70). En vue interne, les aréoles, très fines, sont séparées par de très larges vimines (Figs 71, 72).

En vue externe, les stigmas, plus ou moins arrondis, sont fermés et le plus souvent doublés par une rangée « d'aréoles » morphologiquement modifiées et plus petites que les stigmas (Fig. 70). En vue interne, ils apparaissent sous forme de fentes allongées bordées de granulations (Fig. 71) et connectées avec les stries. Il faut noter l'absence de champs apicaux de pores.

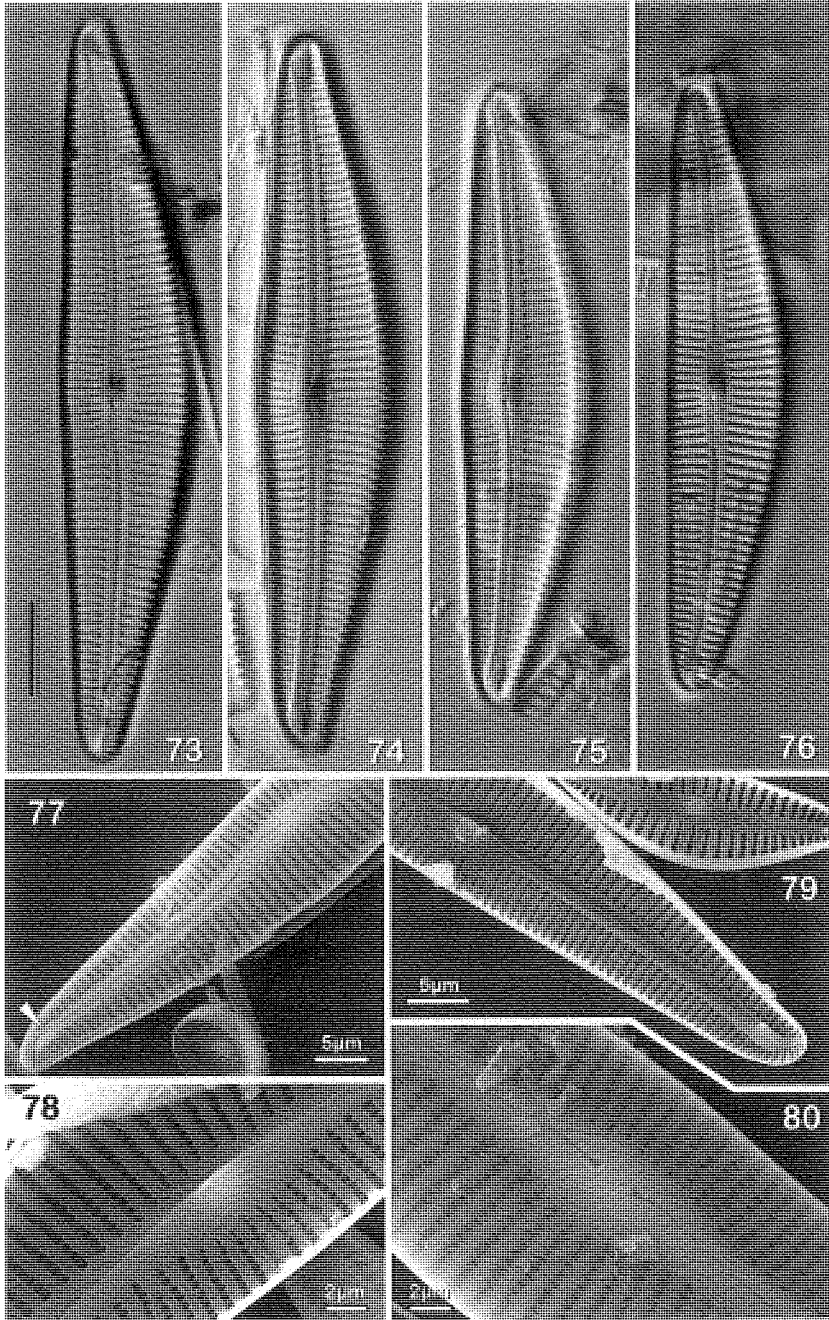
Distribution et écologie

Cymbella subhelvetica est largement répandue dans les hautes montagnes de la zone tempérée, le plus souvent dans les milieux oligotrophes (Krammer 2002). Récemment, elle a été signalée dans les montagnes de Chine (Quing-Min *et al.* 2008) ce qui laisse supposer une large aire de répartition géographique. Dans les Pyrénées, elle est présente dans le lac de Bethmale (< 0,5 %), dans le lac Bastan supérieur (1,9 %), mais aussi dans d'autres lacs d'altitude comme le lac de Port Biehl, les lacs Bastan moyen et inférieur, donc des lacs oligotrophes. Cette espèce supporte une large variation de conductivité (50 à 230 $\mu\text{S/cm}$) et des concentrations élevées en calcium.

Cymbella lange-bertalotii Krammer

Description au microscope photonique

Les valves (Figs 73-76) sont dorsiventrales, lancéolées avec des extrémités parfois légèrement étirées, amincies et tronquées-arrondies. Le côté ventral est légèrement à franchement convexe. L'aire axiale est sensiblement de même largeur sur toute sa longueur avec une aire centrale marquée par des stries ventrales raccourcies et surmontées de 5 à 6 stigmas bien visibles (Figs 74, 75, 76) ou non (Fig. 73). Le raphé est latéral sur la plus grande partie de sa course (Figs 73-76) ; les parties distales amincies s'infléchissent ventralement et se terminent par les fissures terminales orientées dorsalement (Figs 74, 75, 77). Les parties proximales paraissent légèrement infléchies vers le côté ventral et forment une



Figs 73-80. *Cymbella lange-bertalotii*. 73-76. MP, variation de la valve. Échelle : 10 μm. 77-80. MEB. 77. Vue externe montrant la course du raphé et un petit décrochement dans la partie distale (tête de flèche). 78. Vue interne de l'aire centrale : raphé continu et stigmas. 79. Vue interne : hélictoglosse, nodule terminal prolongé par un épaissement siliceux (fissure terminale) et apex avec stries. 80. Vue externe de l'aire centrale.

boucle plus ou moins visible ; les pores centraux sont bien marqués (Figs 73-76). Les stries, nettement ponctuées le plus souvent, sont faiblement radiantées puis convergentes vers les extrémités.

Mesures observées. L : 40-82 μm ; l : 10,5-14,5 μm ; Variation du rapport L/l = 4,9-5,9 ; nombre de stries : 9-10/10 μm ; nombre de puncta : 20-23/10 μm .

Description au microscope électronique à balayage

En vue externe, la course du raphé (Fig. 77) est très similaire à celle de *C. subhelvetica* (Fig. 69) avec le même décrochement orienté dorsalement juste avant la fissure terminale (Fig. 77, tête de flèche). En vue interne, le raphé, continu, contourne le nodule central côté secondaire de la valve (Fig. 78) et se termine dans un hélictoglosse surélevé suivi du nodule terminal prolongé par un bourrelet qui correspond à la fissure terminale (Fig. 79).

En vue externe, les stries sont constituées de fines aréoles allongées dans le sens apical (Fig. 80) ; en vue interne, elles apparaissent finement quadrangulaires et séparées par des vimines beaucoup plus larges (Fig. 78). En vue externe, les stigmas, plus ou moins arrondis, sont fermés et le plus souvent doublés par une rangée « d'aréoles » morphologiquement modifiées et plus petites que les stigmas (Fig. 80) ; en vue interne, ils apparaissent sous la forme d'une fente orientée transapicalement, bordée de granulations et directement en contact avec les stries (Fig. 78).

Il faut noter l'absence de champs apicaux de pores.

Distribution et écologie

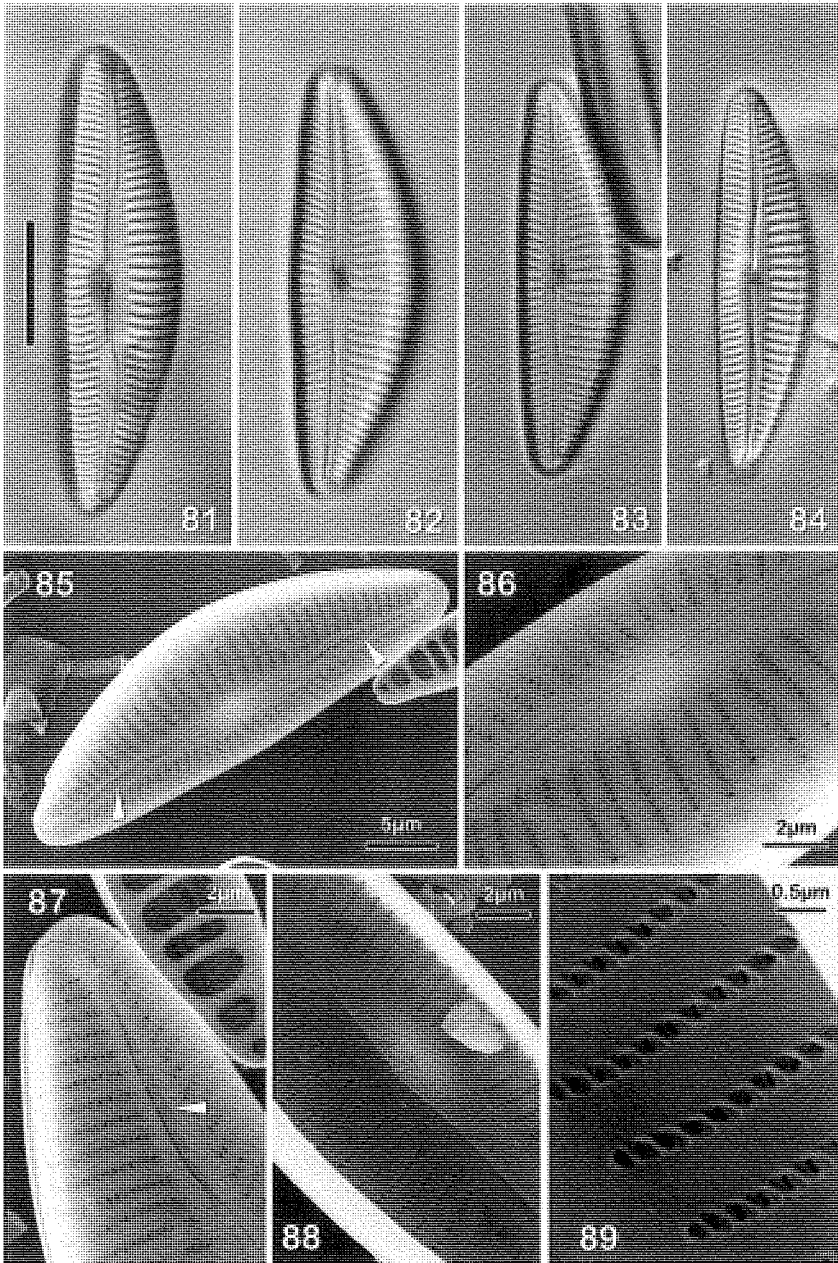
Cymbella lange-bertalotii est probablement une espèce cosmopolite qui peut se trouver dans des milieux qui vont de l'oligotrophie à l'eutrophie (Krammer, 2002). Pour le moment, elle est surtout signalée en Europe (Werum & Lange-Bertalot, 2004 ; Levkov *et al.*, 2007 ; Wojtal, 2009). Dans les Pyrénées, elle cohabite le plus souvent avec *C. subhelvetica* ; elle a été rencontrée dans le fond du lac de Bethmale (1,2 %), dans le lac Bastan supérieur (< 1 %) ainsi que dans d'autres lacs oligotrophes des Pyrénées avec une faible conductivité mais aussi sur rochers suintants.

Cymbopleura laeviformis Krammer

Description au microscope photonique

Les valves (Figs 81-84) sont distinctement dorsiventrals avec un côté ventral légèrement convexe ; elles s'amincissent progressivement vers les extrémités largement arrondies. L'aire axiale s'élargit faiblement dans sa partie médiane avec des stries ventrales raccourcies esquissant une aire centrale peu marquée. Le raphé est latéral sur environ la moitié de sa longueur ; il s'amincit sur une courte distance dans sa partie distale et assez longuement dans sa partie proximale. Les fissures terminales sont orientées dorsalement (Figs 82, 83). Les extrémités proximales (Fig. 81) forment une boucle (type « reverse-lateral » selon Krammer, 2002) qui n'est pas toujours visible (Figs 82-84). Les stries sont faiblement radiantées et légèrement plus resserrées vers les extrémités ; les punctuations sont généralement peu discernables.

Mesures observées : L : 32-47 μm ; l : 8-10,5 μm ; nombre de stries en 10 μm : 12-13 ventralement ; 10 dorsalement ; variation du rapport L/l = 3,5-4,1.



Figs 81-89. *Cymbopleura laeviformis*. **81-84.** MP, variation de la valve. Échelle : 10 µm. **85-89.** MEB. **85.** Vue externe de la valve. Les têtes de flèches indiquent le probable tracé interne du raphé. **86.** Vue externe de l'aire centrale : partie proximale du raphé avec petits pores centraux et aréoles fermées. **87.** Vue externe montrant la fissure terminale fortement incurvée et les aréoles en grande partie fermées. La tête de flèche indique le tracé probable interne du raphé. **88.** Vue interne de l'aire centrale avec le raphé continu. **89.** Détail des aréoles en vue interne : fines arêtes obliques surmontant les vimines.

Description au microscope électronique à balayage

En vue externe, les deux branches du raphé sont déportées dorsalement (Fig. 85) ; elles forment dans leurs parties proximales une anse largement ouverte et se terminent par des pores différenciés (Fig. 86). Les fissures terminales sont fortement inclinées et se terminent sur le bord du manteau (Fig. 87). En vue interne, la fente du raphé est continue et contourne le nodule central du côté secondaire de la valve (Fig. 88). En vue externe, les stries sont constituées de petites aréoles fermées quadrangulaires (Figs 86, 87). En vue interne, les aréoles, quadrangulaires, sont encadrées par quatre très fines arêtes ; celles qui correspondent aux vimines sont orientées obliquement (Fig. 89). Il faut observer que le nombre d'aréoles avoisine 35/10 μm , ce qui correspond aux observations de Krammer (2003).

Distribution et écologie

Selon Krammer (2003), *Cymbopleura laeviformis* est probablement répandue dans les eaux oligotrophes des régions nordiques et alpines ; c'est une espèce aérophile associée aux rochers suintants et aux mousses humides, ce qui correspond bien au type de station où elle a été recensée (rocher suintant). Elle a été trouvée à la même station que *Delicata couseranensis* sp. nov.

DISCUSSION

Delicata delicatula et accessoirement la variété *alpestris* Krammer sont les deux seuls taxons du genre *Delicata* présents dans le lac de Bethmale ou d'autres lacs pyrénéens. Dans le lac de Bethmale ils représentent 8,7 % et 2 % du peuplement diatomique. Par contre ils sont absents du rocher suintant où a été découvert *D. couseranensis* sp. nov. Cette espèce se distingue aisément de *D. delicatula* (Figs 9, 10) et de la variété *alpestris* (Fig. 11) par la morphologie des valves et accessoirement par la course du raphé et la configuration de l'aire centrale. En fonction de la morphologie et du nombre de stries l'espèce qui semble la plus proche de *D. couseranensis* est *Delicata judaica* (Lange-Bertalot et Krammer) Krammer et Lange-Bertalot connue seulement d'une rivière proche de la mer morte (Krammer, 2003). *D. couseranensis* se différencie de *D. judaica* 1) par des dimensions inférieures, notamment la largeur ; 2) par le rapport L/l, le rapport minimum (5,5) étant proche du rapport maximum chez *D. judaica* ; 3) par un nombre d'aréoles en 10 μm nettement supérieur (50-55 au lieu de 32-36). 4) par les extrémités généralement plus étirées et le côté dorsal moins arqué. Les lieux de récolte suggèrent aussi que l'écologie des deux espèces est différente. Au MEB, *D. couseranensis* présente des structures conformes au genre *Delicata* (Krammer, 2003).

Cymbella perparva peut être facilement confondue avec *Cymbella parva* (W.Sm.) Kirchn., surtout les petits individus. Les dimensions se chevauchent plus ou moins mais *C. parva* présente un seul stigma et un côté dorsal plus convexe que celui de *C. perparva*. Certains spécimens de *C. excisiformis* var. *nonprotracta* (Krammer, 2002, pl. 73, Figs 13, 14) présentent aussi une certaine analogie avec *C. perparva* mais *C. excisiformis* var. *nonprotracta* a un rapport L/l bien supérieur à celui de *C. parva*. En fait, lors de l'examen d'une population, le nombre de stigmas, outre les critères usuels, se révèle être le meilleur indicateur qui permet

d'orienter la détermination. Levkov *et al.* (2007) donnent une illustration de *C. perparva* au MEB ; elle corrobore nos propres observations notamment en ce qui concerne la course du raphé et la présence de stigmas de taille différente.

Au MP, *C. maggiana* se distingue de *C. vulgata* Krammer et de *C. pervarians* Krammer, apparemment les deux espèces les plus proches selon Krammer (2002), par la morphologie des extrémités mais aussi par la structure des stries avec des ponctuations nettement plus marquées que chez les deux autres espèces. Tous les spécimens observés avaient au moins 2 stigmas, certains en avaient jusqu'à 4 alors que Krammer (2002) donne de 1 à 3.

Au MP, outre les caractères usuels, *C. simonsenii* a pu être déterminée assez aisément grâce à la morphologie des stigmas ; certains individus peuvent faire penser à certains spécimens de *Cymbella cymbiformis* Agardh (pl. 63, Figs 2, 3, Krammer, 2002) par la morphologie des valves et même celle des stigmas, toutefois l'aire centrale est beaucoup plus marquée chez *C. cymbiformis* et de plus, au MEB, la structure interne des aréoles est différente. Nos observations au MEB confirment celles de Krammer (2002) notamment au niveau de la morphologie externe des aréoles, de leur organisation plus ou moins régulière et de l'orientation vers le côté ventral des pores centraux.

Les spécimens de *C. neoleptoceros* rencontrés dans le lac Bastan supérieur ont été rapportés à la variété *tenuistriata* en fonction de leur morphologie bien que des différences minimales aient été observées par rapport à la diagnose de Krammer (2002) : largeur : 8,5-10,5 µm au lieu de 9,4-12,7 µm ; nombre de stries : 8-11/10 µm au lieu de 10-11/10 µm. Tous les individus représentés (Figs 51-58), provenant de la même récolte, forment un continuum analogue à celui illustré par Krammer (2002, pl 160, Figs 1-6) ; de plus la valeur maximale du rapport L/l = 4,5 observée est voisine de celle de la variété *tenuistriata* (4,2 valeur calculée à partir de Krammer 2002) ; celui de l'espèce est 3,5. Par ailleurs, Krammer (2002) utilise comme critère déterminant pour séparer la variété de l'espèce la largeur des stries et des interstries. Chez l'espèce, les stries sont plus larges que les interstries ; chez la variété, stries et interstries ont la même largeur. Les spécimens du lac Bastan supérieur montrent des stries plus étroites que les interstries (Figs 60, 62) à l'exception des extrémités où elles peuvent être plus larges que les interstries (Fig. 63). L'ensemble de ces observations nous a conduit à élargir la diagnose de la variété *tenuistriata*. Par ailleurs, au MP, il est évident que, pris isolément, la plupart des spécimens illustrés (Figs 51-58) pourraient être identifiés comme *C. neoleptoceros*. Les spécimens de *C. neoleptoceros* var. *tenuistriata* des Pyrénées présentent de grandes similitudes morphologiques avec *C. subleptoceros* Krammer (Krammer, 2002, pl. 154, Figs 2-17) ; de plus, le rapport L/l maximum de cette dernière espèce est analogue à celui qui peut être calculée pour la variété *tenuistriata*. Toutefois, la variété *tenuistriata* se distingue aisément de *C. subleptoceros* 1) par les extrémités largement arrondies alors que, chez *C. subleptoceros*, elles sont étroitement arrondies et presque acuminées ; 2) par le nombre de ponctuations et leur visibilité au MP. Au MEB, il faut noter que la présence d'un très court intermissio semble être la norme chez les espèces du groupe *leptoceros* (Krammer, 2002) notamment chez *C. subleptoceros* et *C. hustedtii* Krasske (Krammer, 2002).

Avant Krammer (2002), *C. subhelvetica* et *C. lange-bertalotii* étaient englobées dans la même espèce : *Cymbella helvetica* Kütz. (Germain, 1981 ; Krammer & Lange-Bertalot, 1986 ; Lange-Bertalot & Metzeltin, 1996). Au MP, ces deux taxons ne sont pas toujours aisés à séparer, en particulier quand les dimensions se chevauchent et que la morphologie des extrémités n'est pas typique. D'ailleurs pour Krammer (2002), *C. lange-bertalotii* reste un large

complexe de morphotypes et de taxons qui demandent des investigations complémentaires. Levkov *et al.* (2007) distinguent 2 morphotypes, l'un du lac Ohrid, l'autre du lac Prespa ; le premier, bien que l'aire centrale y soit plus prononcée, est le plus proche des spécimens rencontrés dans les Pyrénées. Au MEB, *C. subhelvetica* et *C. lange-bertalotii* sont quasiment similaires du point de vue structurel (Krammer, 2002 ; Levkov *et al.*, 2007). En vue externe, aucun caractère ne les différencie ; la course du raphé, par exemple, présente le même décrochement dans la partie distale (Figs 69, 77). Krammer (2002) pense que les ouvertures des stigmas et les extrémités proximales sont plus petites chez *C. lange-bertalotii* que chez *C. subhelvetica* mais nous ne pouvons confirmer ces remarques (Figs 67, 68, 75, 77). En vue interne, une légère différence entre les deux espèces peut être détectée même si elle peut être biaisée en fonction de l'inclinaison des valves: la courbure de la course du raphé au voisinage du nodule central semble plus accentuée chez *C. lange-bertalotii* que chez *C. subhelvetica* (Figs 78, 71).

Cymbopleura laeviformis est proche de *Cymbopleura korana* Krammer (Krammer, 2003, pl. 74, Figs 1-8) notamment par la morphologie du raphé mais elle s'en distingue par les dimensions, le nombre de stries ainsi que par le nombre de ponctuations en 10 μm . *C. laeviformis* fait également penser à *C. rhomboidea* var. *angusta* (Krammer, 2003, pl. 75, Figs 6-8) mais elle s'en différencie par la course du raphé, la moins grande dorsiventralité et une longueur moindre. Il faut remarquer que la partie double du raphé visible au MP (Figs 81-84) est également visible au MEB (Figs 85, 87, têtes de flèches) ; ce qui suggère que le raphé est oblique. Au MEB, la présence de vimines obliques (Fig. 89) par rapport à l'axe apical est également observée chez *Cymbopleura pertruncata* Levkov & Metzeltin (Levkov *et al.*, 2007).

Quatre des six espèces décrites dans ce travail possèdent l'ensemble des critères définissant le genre *Cymbella*. *C. subhelvetica* et *C. lange-bertalotii* se singularisent par l'absence de champs apicaux de pores. Par rapport au genre *Cymbopleura*, la présence de stigmas peut être considérée comme le critère morphologique discriminant qui justifie que ces deux espèces soient placées dans le genre *Cymbella* par Krammer (2002). *C. neoleptoceros* se caractérise par l'absence de stigmas. Cette dernière espèce présente une autre particularité qui concerne les aréoles. En vue externe, la morphologie des aréoles rappelle celle de beaucoup d'espèces de *Gomphonema* ; en vue interne, les aréoles, plus ou moins arrondies, sont fermées par un opercule (papilla *sensu* Krammer, 2002), structure également observée chez *C. cymbiformis*, *C. arctica* (Lagerstedt) A. Schmidt et *C. schimanskii* Krammer (Krammer, 2002) ainsi que chez *C. dorsenotata* Oestrup (Le Cohu & Tudesque, 2008).

En vue externe, chez toutes les espèces décrites, la course du raphé est conforme à celle du genre *Cymbella* (Krammer, 2002 ; Levkov *et al.*, 2007 ; Le Cohu & Tudesque, 2008) et comporte une grande partie déportée dorsalement. Les espèces peuvent parfois se différencier par la plus ou moins grande courbure de la partie proximale telle que définie antérieurement et parfois par l'orientation des pores centraux (Figs 28, 37, 47, 60). En vue interne, un intermissio, placé sur le côté dorsal du nodule central, a été mis en évidence seulement chez *C. neoleptoceros* ; chez les cinq autres espèces de *Cymbella*, le raphé contourne le nodule central côté dorsal. Dans tous les cas, la comparaison de la course du raphé en vue externe et en vue interne suggère une séparation du tracé du raphé ; la partie proximale en vue externe, telle que définie Fig. 28, est donc une simple encoche dans le paroi de la face valvaire et est donc analogue à une fissure terminale (Round *et al.*, 1990).

Étant donné les énormes changements intervenus à la suite des travaux de Krammer (2002, 2003) dans la systématique des genres *Cymbella* et *Cymbopleura*, la distribution géographique de tous les nouveaux taxons n'est pas facile à définir. On peut penser que *Cymbella perparva*, *C. maggiana* et *C. simonsenii* ainsi que *Cymbopleura laeviformis* sont des espèces nouvelles pour les Pyrénées. *C. lange-bertalotii* a été signalée sous le nom de *C. helvetica* var. *gracilis* Meister (Cambra *et al.*, 1991). *Cymbella helvetica* est citée à plusieurs reprises (Hustedt, 1939 ; Allorge & Manguin, 1941 ; Savouré & Le Cohu, 1965 ; Cambra *et al.*, 1991 ; Sabater & Roca, 1992) et sous ce nom se cache sans doute plusieurs fois *C. compacta* Oestrup., *C. subhelvetica* ou *C. lange-bertalotii*. *Cymbella leptoceros* (Ehr.) Kütz. apparaît également plusieurs fois dans des listes (Hustedt, 1939 ; Allorge & Manguin, 1941 ; Savouré & Le Cohu, 1965 ; Cambra *et al.*, 1991) ; l'absence de figures ne nous permet pas d'affirmer si c'est le même taxon que nous avons rencontré, *C. leptoceros* pouvant se rapporter à au moins deux taxons : *C. subleptoceros* et *C. neoleptoceros*.

C. perparva, *C. maggiana* et *C. simonsenii* ont été rencontrées, pour le moment, seulement sur le fond du lac de Bethmale ; ce sont donc des espèces ayant tendance à préférer les eaux riches en Ca (100 mg/l) et pouvant se développer sur un substratum riche en matière organique d'origine végétale. *Cymbopleura laeviformis* semble être inféodée à un seul milieu : rochers suintants avec mousses soumis à de fortes variations hydriques.

Remerciements. Nous remercions C. Deshay pour son assistance au microscope à balayage.

RÉFÉRENCES

- ALLORGE P. & MANGUIN E., 1941 — Algues d'eau douce des Pyrénées basques. *Bulletin de la société botanique de France* 88: 159-191.
- BESCH W.K., BACKAUS D., CAPBLANCO 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 de la vallée d'Ordesa (Pyrénées aragonaises). *Candollea* 2: 475-490.
- CAMBRA J., SABATER S. & TOMAS X., 1991 — Diatom check-list from catalonian countries (Eastern Spain). *Bulleti de la institutio Catalona d'història natural* 59: 5-39.
- CANTONATI M., LANGE-BERTALOT H., SCALFI A. & ANGELI N., 2010 — *Cymbella tridentina* sp. nov. (Bacillariophyta), a crenophilous diatom from carbonate springs of the Alps. *Journal of the North American benthological society* 29(3): 775-788.
- CARTER J.R., 1970 — Diatoms from Andorra. *Nova Hedwigia* 31: 605-632.
- COX E.J. & ROSS R., 1981 — The striae of pennate diatom. In Ross R. (ed.), *Proceedings of the 6th International Diatom Symposium*, Koenigstein, Koeltz Scientific Books, pp. 267-276.
- GERMAIN H., 1981 — *Flore des diatomées*. Paris, Boubée, 444 p.
- GOMÁ J., RIMET F., CAMBRA J., HOFFMANN L. & ECTOR L., 2005 — Diatom communities and water quality assessment in mountain rivers of 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., 1982 — Observations on the raphe slit of some bacillariophyceae and ideas on its function. *Archiv für Hydrobiologie. Suppl.* 63, 2 (*Algological Studies* 31): 177-188.
- KRAMMER K., 1997 — Die Cymbelloiden Diatomeen. Teil 1. Allgemeines, *Encyonema* part. *Bibliotheca diatomologica* 36: 1-382.
- KRAMMER K., 2002 — Diatoms of Europe, vol. 3: *Cymbella*. Ruggel, ARG Gantner Verlag K.G., 584 p.
- KRAMMER K., 2003 — Diatoms of Europe, vol. 4: *Cymbopleura*, *Delicata Navicymbella*, *Gomphocymbellopsis*, *Afrocymbella*. Ruggel, ARG Gantner K.G., Verlag K.G., 530 p.

- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H., 1986 — Bacillariophyceae. 1 Teil: Naviculaceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D. (eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 2/1, Stuttgart & New-York, Gustav Fischer Verlag, 876 p.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H., 2008 — Bacillariophyceae. 3 Teil/ part 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl J., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D., eds *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Heidelberg, Spectrum Akademischer Verlag, 598 p.
- LANGE-BERTALOT H. & METZELTIN D., 1996 — Ecology, diversity, taxonomy. Indicators of oligotrophy. *Iconographia diatomologica* 2: 1-390.
- 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.
- LEVKOV Z., KRSTIC S., METZELTIN D. & NAKOV T., 2007 — Diatoms of lakes Prespa and Ohrid. *Iconographia diatomologica* 16: 1-611.
- LI Y., GONG Z., XIE P. & SHEN J., 2007 — Floral survey of the diatom genera *Cymbella* and *Gomphonema* (Cymbellales, Bacillariophyta) from the Jolmolungma mountain region of China. *Cryptogamie, Algologie* 28(3): 209-244.
- 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* 69: 1-107.
- MARGALEF R., 1954 — Materiales para una flora de las algas del NE de España V: Bacillariophyta. *Collectanea botanica* 4: 53-79.
- MERINO V., GARCIA J., HERNÁNDEZ-MARINÉ M. & FERNÁNDEZ M., 1994a — Morphology and ultrastructure of *Gomphonema rhombica* (Fricke) comb. nov. *Diatom research* 9 (2): 335-347.
- MERINO V., GARCIA J., HERNÁNDEZ-MARINÉ M. & FERNÁNDEZ M., 1994b — Use of diatoms for pollution monitoring in the Valira Basin (Andorra). In: Marino M. & Montresor M. (eds), *Proceedings of the Thirteenth International Diatom Symposium*. Bristol, Biopress limited: 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 biogeography disjunction. *Iconographia diatomologica* 18: 1-877.
- QUING-MIN Y., WANG Q. X. & SHI Z. X., 2008 — Newly recorded species in Cymbellaceae (Bacillariophyta) in China. *Acta hydrobiologica sinica* 32(8): 735-740.
- RIMET F., GOMÁ J., CÂMBRA J., BERTUZZI E., CANTONATI M., CAPPELLETTI C., CIUTTI F., CORDONIER A., COSTE M., DELMAS F., TISON J., TUDESQUE L., VIDAL H. & ECTOR L. 2007 — Benthic diatoms in western European streams with altitudes above 800 M: Characterisation of the main assemblages and correspondence with ecoregions. *Diatom research* 22(1): 147-188.
- ROUND F.E., CRAWFORD R.M. & MANN D.G., 1990 — *The diatoms. Biology and Morphology of the genera*. Cambridge, Cambridge University Press, 747 p.
- SABATER S. & ROCA J.R., 1992 — Ecological and biogeographical aspects of diatom distribution in Pyrenean springs. *British phycological journal* 27: 203-213.
- SAVOURÉ 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.
- 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. & LANGE-BERTALOT H., 2008 — *Cymbella amelicana* sp nov a new large *Cymbella* species from swedish rivers. *Diatom research* 23(2): 511-518.
- VAN DE VIJVER B. & COCQUYT C. 2009 — Four new diatom species from La Calera hot spring in the Peruvian Andes (Colca Canyon). *Diatom research* 24(1): 209-223.
- WERUM M. & LANGE-BERTALOT H., 2004 — Diatoms in springs from Central Europa and elsewhere under the influence of hydrobiology and anthropogenic impacts. *Iconographia diatomologica* 13: 1-417.
- WOJTAL A., 2009 — The diatoms of Kobyłanka stream near Krakow (Wyzyna Krakowska – Czestochowska Upland, S. Poland). *Polish botanical journal* 54(2): 129-323.