

Note algologique 4 : observation de Ochromonas crenata Klebs (Chrysophyceae) dans l'étang de Paradis Plage à Colombier (lac de Neuchâtel), Suisse

Autor(en): **Jenni, Bernard / Straub, François**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **141 (2021)**

PDF erstellt am: **09.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-976597>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

NOTE ALGOLOGIQUE 4: OBSERVATION DE *OCHROMONAS CRENATA* KLEBS (*CHRYSOPHYCEAE*) DANS L'ÉTANG DE PARADIS PLAGE À COLOMBIER (LAC DE NEUCHÂTEL), SUISSE

BERNARD JENNI ¹ & FRANÇOIS STRAUB ^{2,3}

¹ Microbiolvideos, rue de la Pistoule 40, 2036 Cormondrèche, Suisse.
bjenni@microbiolvideos.ch

² PhycoEco, rue des XXII-Cantons 39, 2300 La Chaux-de-Fonds, Suisse.
fstraub@phycoeco.ch

³ Musée d'histoire naturelle, av. L.-Robert 63, 2300 La Chaux-de-Fonds, Suisse.

Résumé

La découverte de protistes intéressants dans l'étang de Paradis Plage à Colombier au bord du lac de Neuchâtel a suscité l'enregistrement de séquences vidéo qui ont été diffusées sur YouTube. Parmi les micro-organismes observés, la chrysophycée *Ochromonas crenata* a particulièrement retenu notre attention. Nous décrivons ici les caractéristiques de cet étang et les problèmes liés à l'identification de cette chrysophycée. Pour terminer, nous passons en revue la littérature concernant ses occurrences.

Abstract

The discovery of interesting protists in the Paradise Plage pond in Colombier, on the shore of Lake Neuchâtel, led to the recording of video sequences which were published on YouTube. Among the micro-organisms observed, the chrysophyceae *Ochromonas crenata*, particularly caught our attention. We describe here the characteristics of this pond and the problems linked to the identification of this chrysophyceae. Finally, we review the literature related to its occurrences.

Zusammenfassung

Die Entdeckung interessanter Protisten im Teich von Paradis Plage in Colombier am Ufer des Neuenburgersees führte zur Aufnahme von Videosequenzen, die auf YouTube veröffentlicht wurden. Unter den beobachteten Mikroorganismen erregte die Chrysophyceae *Ochromonas crenata*, unsere besondere Aufmerksamkeit. Wir beschreiben hier die Merkmale dieses Teiches und die Probleme, die mit der Identifizierung dieser Chrysophyceae verbunden sind. Abschließend geben wir einen Überblick über die Literatur zu dessen Vorkommen.

Mots-clés

Algue, Chrysophyceae, *Ochromonas*, épipélon, étang, lac de Neuchâtel, biodiversité.

ABRÉVIATIONS

FNS: Fonds national suisse de la recherche scientifique.

°f: dureté totale de l'eau en degré français. Le degré français équivaut à 10 mg/l de CaCO₃.

HAP: hydrocarbures aromatiques polycycliques.

PEC: *Probable Effect Concentration* - valeur définissant le seuil à partir duquel des effets environnementaux sont attendus avec une forte probabilité.

TEC: *Threshold Effect Concentration* - concentration en dessous de laquelle il est peu probable que des effets toxiques soient observés.

MS: matière sèche.

FHD: *Full High Definition* - haute définition intégrale.

Px: pixel.

INTRODUCTION

L'intérêt du premier auteur pour l'observation de micro-organismes au microscope photonique s'est éveillé lors d'un projet au FNS concernant les interactions trophiques entre bactéries (modifiées génétiquement) et protozoaires, organismes constituant les premiers maillons de la chaîne alimentaire. Ayant archivé un bon nombre de séquences vidéo sur disque dur, il a pensé qu'il serait avisé de les partager et a créé une chaîne sur YouTube associée à son site internet (JENNI, B., réf. a). En tant que biologiste d'orientation expérimentale, l'observation de micro-organismes dans les étangs l'a conduit à étudier des aspects de la microbiologie qui dépassent le cadre de la morphologie et de la taxonomie.

Dès 2018, il a effectué des prélèvements à l'endroit marqué d'une étoile sur la figure 1 (coordonnées orthogonales suisses: 2556957 1201848). Ce lieu d'échantillonnage s'est

révélé être un biotope riche en micro-organismes intéressants, parmi lesquels *Achromatium oxaliferum*, *Pinnularia neomajor* var. *inflata*, *Coleps hirtus*, *Salpingoeca frequentissima*, *Phacus helicoides*, *Phacus laugicauda*, *Lagerheimia ciliata*, et une remarquable tetrasporale non encore identifiée. En 2020, il a découvert l'espèce flagellée que nous décrivons dans cette note parmi d'autres chrysophycées (fig. 4 et 5).

L'ÉTANG DE PARADIS PLAGE
À COLOMBIER

Cet étang (coordonnées: 46°57'58.7"N/6°52'23.0"E) n'est pas naturel. Il a été créé en 1975 par isolation de l'ancienne crique qui était autrefois la plage de Colombier, sur la rive nord-ouest du lac de Neuchâtel. Cette sorte de lagune située devant le camping a été séparée du lac par une digue de sable en partie gazonnée qui constitue la plage actuelle. La surface de cette pièce d'eau est d'environ 7900 m² et sa profondeur maximale de 0,7 à 1,5 m. Le plan d'eau se trouve à une altitude de 430 m alors que la cote théorique du lac est à 429,5 m.

L'étang fait partie des installations nécessaires à l'exploitation de la pisciculture cantonale inaugurée en 1976 et située plus au sud: l'eau d'élevage des alevins est pompée à 25 m de profondeur dans le lac de Neuchâtel, puis évacuée dans cet étang par une vanne d'alimentation. L'eau stagne un moment dans l'étang, puis, après décantation, est rejetée dans le lac par un déversoir (fig. 1, flèches).

De plus, on ne peut pas exclure qu'une infiltration des eaux de l'étang vers le lac ait lieu par le biais de la nappe phréatique. Le taux de renouvellement de l'eau de l'étang suit celui de l'évacuation des eaux de la pisciculture. Il est assez faible, avec un maximum de 17 m³/h en hiver. Le jet d'eau situé au centre n'a qu'une fonction décorative, mais favorise éventuellement l'oxygénation du système.

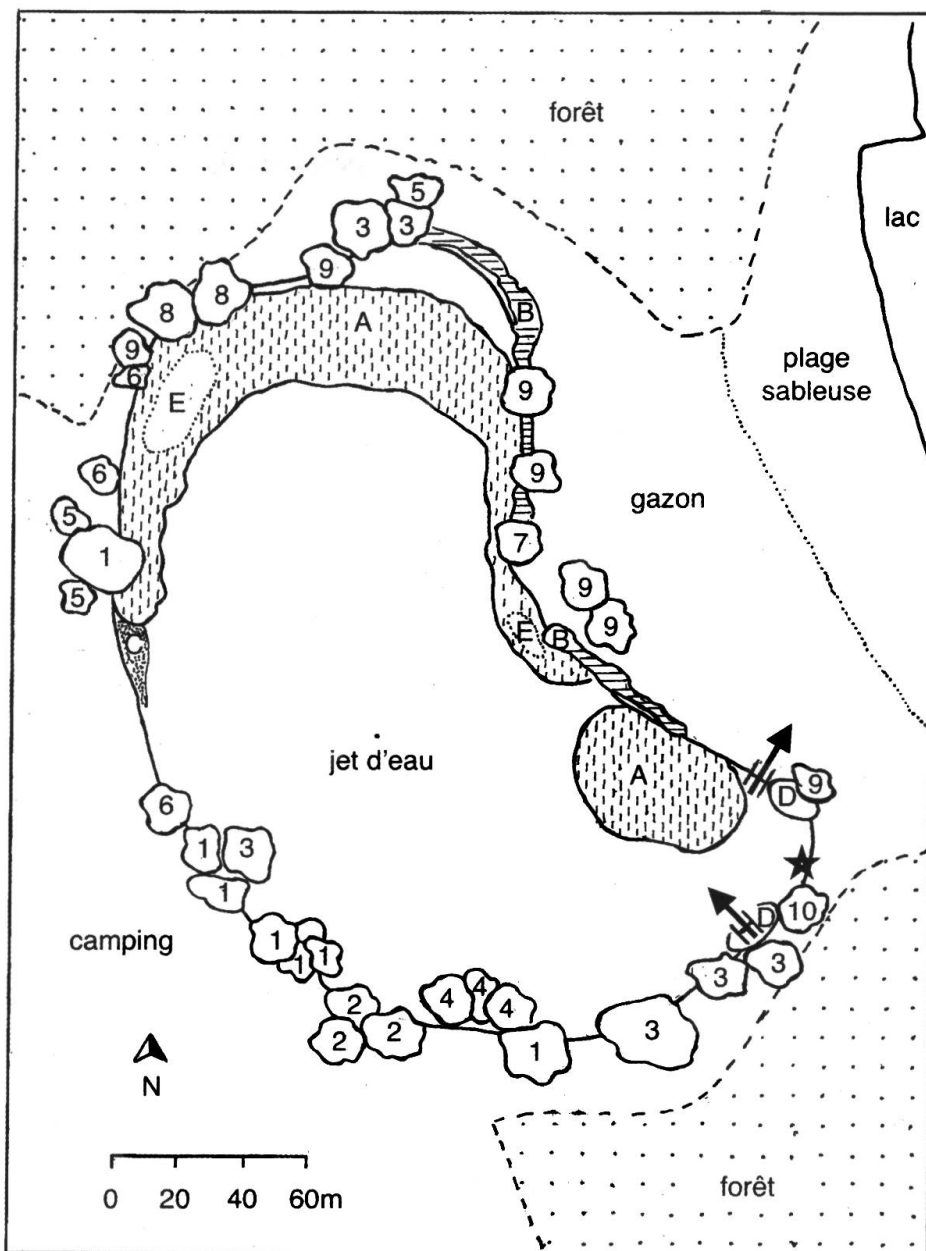


Figure 1. Plan de l'étang de Paradis Plage.

Massifs herbacés et arbustifs : A) roselières à roseau commun (*Phragmites australis*); B) haie mixte à aubépine (*Crataegus monogyna*), cornouiller sanguin (*Cornus sanguinea*), jeunes frênes (*Fraxinus excelsior*), saule cendré (*Salix cinerea*), sureau (*Sambucus nigra*), ronce (*Rubus cf. fruticosus*) et lierre (*Hedera helix*); C) touffes de laïches et joncs (*Carex acutiformis* et *Juncus inflexus*); D) bambous (probablement *Pseudosasa japonica*); E) touffes de massettes (*Typha latifolia*).

Arbres : 1) peupliers noirs (*Populus nigra*); 2) trembles (*Populus tremula*); 3) frênes (*Fraxinus excelsior*); 4) bouleaux blancs (*Betula pendula*); 5) pins sylvestres (*Pinus silvestris*); 6) aulnes glutineux (*Alnus glutinosa*); 7) merisier (*Prunus avium*); 8) ormes (probablement *Ulmus glabra*); 9) saules communs (*Salix alba*); 10) érable sycomore (*Acer pseudoplatanus*).

Flèches : alimentation et déversement de l'eau. Étoile : emplacement des prélèvements.

À l'ouest, le plan d'eau est bordé par de grands arbres qui étaient déjà présents autrefois. Il s'agit principalement de peupliers, trembles, pins et bouleaux, arbres que l'on retrouve dans les forêts avoisinantes. À l'est, la rive est occupée par une haie mixte et par quelques saules communs. Dans l'étang, au nord et à l'est, une roselière à roseau commun et à massette s'est développée. Pour l'instant seule une petite touffe de grandes laïches et de joncs est appelée à s'accroître le long de la rive orientale.

Bien que l'impression générale de ce biotope renvoie plus à un aménagement jardiné qu'à un milieu naturel (surtout sur les rives sud et est), l'allure de la végétation peut paraître sauvage à certains endroits (fig. 2). Avec le temps, et pour autant qu'on laisse les massifs se développer sans trop intervenir, l'aspect des lieux pourrait devenir plus proche du naturel.

L'étang n'a jamais été curé. Il n'a été vidé qu'une seule fois depuis sa création, opération ayant donné lieu à l'inspection du fond. Le sédiment est vaseux et visiblement riche en matières organiques. À l'origine, ce plan d'eau était destiné à l'élevage de poissons, en particulier de brochets (*Esox lucius*). Cette idée a été abandonnée et actuellement, il n'y subsiste vraisemblablement que quelques carpes (*Cyprinus carpio*) et grosses tanches (*Tinca tinca*).

Le Service de l'énergie et de l'environnement du canton de Neuchâtel a procédé le 23 octobre 2014 à une série d'analyses du sédiment portant sur 8 métaux, 15 substances organiques toxiques (HAP) et le cyanure (MUSTER, 2015). Les teneurs de 4 métaux lourds (chrome, nickel, plomb et zinc) dépassent légèrement la valeur seuil TEC. En revanche, le taux de cuivre total avec 338 mg/kg MS dépasse même la valeur PEC, qui est de 149 mg/kg MS (BEAUVAIS-FLÜCK *et al.*, 2012). Ce métal provient sans doute des vignes situées en



Figure 2. Vue sur l'étang et le massif de bambous entourant la vanne d'alimentation depuis le lieu d'échantillonnage.

moyenne à 1-2 km de l'étang, en amont du camping, par infiltrations souterraines. En effet, c'est un composant de la bouillie bordelaise (carbonate de cuivre ou sulfate de cuivre) utilisée abondamment en viticulture contre les moisissures. Les teneurs des 15 HAP testés, ainsi que la somme de leurs concentrations sont inférieures aux valeurs seuils TEC pour ces composés. Le taux de cyanure est $< 0,03$ mg/l. Ces analyses sont précieuses parce que de nombreuses chrysophycées sont des algues benthiques. Leurs kystes se déposent et germent à la surface des sédiments.

Une analyse de l'eau aurait constitué un complément souhaitable à notre étude, mais selon le Service de l'énergie et de l'environnement, elle n'a jamais été effectuée. C'est pourquoi nous avons réalisé nos propres mesures de pH et de carbonates à l'aide de tests rapides colorimétriques. Selon nos résultats, le pH se situe autour de 7,5. Le taux de carbonates est d'environ 17,8 degrés français (°f). En outre, sachant que les eaux de cet étang proviennent de la pisciculture cantonale et que le sédiment est visiblement riche en matières organiques, nous pouvons supposer que ces eaux sont eutrophes.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les échantillons d'eau (environ 200 ml) contenant un peu de sédiments et quelques débris végétaux sont récoltés au bord de l'étang à l'aide d'un bocal à confiture de 250 ml fixé d'une manière artisanale sur un manche télescopique articulé. Le ou les bocaux fermés non hermétiquement sont maintenus au laboratoire à température ambiante derrière une fenêtre orientée sud-ouest. L'observation au microscope s'effectue le même jour et ensuite de manière sporadique selon les micro-organismes présents et notre intérêt à suivre leur évolution.

Les chrysophycées de cette publication ont été observées les 5 et 6 juin 2020 dans un échantillon prélevé le 13 mars de cette même année.

Les préparations microscopiques sont faites simplement: une goutte prélevée au fond du bocal au moyen d'une pipette en plastique à large embout (diamètre 4 mm) est déposée entre lame et lamelle. Toute coloration est en principe évitée, de sorte à pouvoir observer les organismes

dans leur état naturel. Les différentes méthodes de contraste optique ainsi que l'enregistrement de courtes séquences vidéo permettent d'observer l'organisme en mouvement et de se passer le plus souvent des colorants.

Pour ce travail, les vidéos (FHD, 1920 x 1080 px, 25 ou 50 trames/s) sont enregistrées avec un appareil reflex Canon EOS 90D fixé sur un microscope Leica DMRB avec un adaptateur LMscope. Le contraste interférentiel permet la mise en évidence optimale des différents organismes et organites cellulaires en un rendu pseudo-tridimensionnel. Un dispositif de projection de diapositives (accessoire Leica) sert à superposer, dans l'image microscopique, une échelle micrométrique calibrée. L'échelle de 10 μm superposée sur les images est utilisée pour les prises de vues avec un objectif à immersion (Leitz/Leica PL fluotar 100x/1.30, oil, PH3). Sur les trames de vidéo recadrées, cette échelle est reportée par traitement graphique et les mesures sont effectuées avec la version en ligne du programme Mesurim2 (fig. 3).

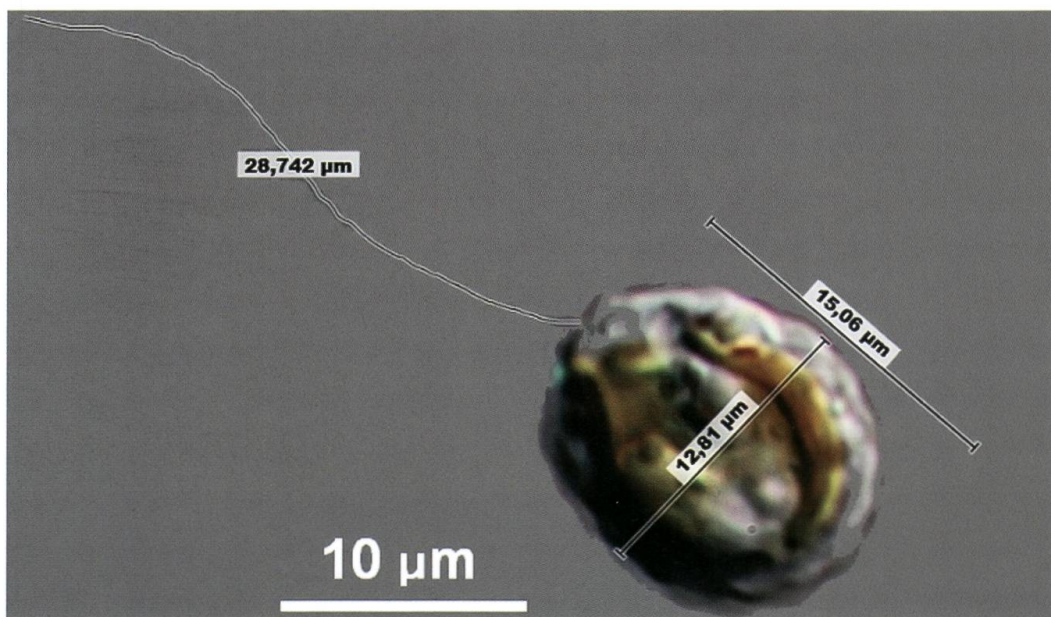


Figure 3. Exemple de mensurations d'une cellule et de son long flagelle réalisées avec l'application Mesurim2.

DESCRIPTION DE L'ALGUE FAISANT L'OBJET DE CETTE ÉTUDE

Dans l'un des prélèvements, nous avons trouvé, parmi des algues vertes et de nombreuses diatomées, plusieurs algues jaune doré (*Chrysophyceae*), dont *Lagynion delicatulum* Skuja (fig. 4) et *Chrysamoeba radians* Klebs (fig. 5).

Mais une population a retenu notre attention. Il s'agit de cellules flagellées (monades) de forme sphérique ou ovoïde, dont l'enveloppe apparaît ondulée et verruqueuse. Caractéristiques également, les grosses verrues et les globules plus petits visibles en bordure des cellules (périplasma) (fig. 12). Les structures les plus grosses déforment le bord des cellules, ce qui leur donne cette forme ondulée (fig. 6 et 7). Les cellules ont une longueur moyenne de 12-16 μm et une largeur de 10-12 μm . Elles se déforment en s'aplatissant si le film d'eau entre la lame et la lamelle s'amincit, ce qui indique qu'elles ne possèdent pas de paroi mais ne sont entourées que par leur membrane ectoplasmique (fig. 8 et 9). Elles possèdent un seul chloroplaste en forme de bande repliée sur elle-même (fig. 8). La couleur jaune doré typique des chrysophycées est due à la présence d'un pigment appelé fucoxanthine. Deux flagelles sont présents, le plus long (fig. 9 et 10), utilisé pour la locomotion est $\geq 2x$ la longueur de la cellule, le deuxième flagelle est très court (3-4 μm), et difficile à observer car le plus souvent « collé » au corps de la cellule (fig. 7). Les deux flagelles sortent de l'apex, et, s'ils sont visibles simultanément, ils forment toujours un angle important entre eux (fig. 6). Un stigma lenticulaire bien visible semble relié à une extrémité du chloroplaste (fig. 11). Une seule vacuole pulsatile dont on voit bien la contraction et la dilatation semble présente chez plusieurs individus que nous avons filmés. Chez certains individus cependant, il semble que deux vacuoles pulsatiles proches l'une de l'autre soient présentes (fig. 8 et 10).

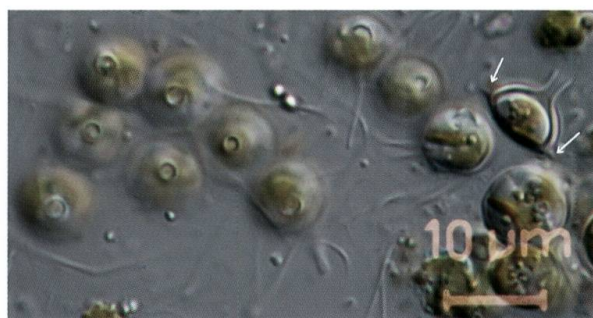


Figure 4. Groupement de cellules de *Lagynion delicatulum* Skuja vues d'en haut avec l'ouverture de la loge (enveloppe incolore cellulosique). Flèches: les épines caractéristiques de l'espèce sont visibles sur la cellule en forme de carafe en vue latérale. Image extraite de la vidéo JENNI, B. (réf. b).



Figure 5. Au centre, cellule amiboïde à pseudopodes radiants et chloroplaste en bande courbée de *Chrysamoeba radians* dont on voit aussi très bien le flagelle sinueux caractéristique de l'espèce. Image extraite de la vidéo JENNI, B. (réf. c).

L'incertitude provient du fait que ces vacuoles sont très petites, l'une d'elles pourrait par conséquent être confondue avec une vésicule du périplasma. De plus, les cellules bougent en permanence, si bien que la mise au point des prises de vues sur cet (ces) organe(s) est difficile à réaliser.

La vidéo présentant *O. crenata* (JENNI, B., réf. d) permet de visualiser le mouvement de

ces flagellés. Il faut toutefois tenir compte des artefacts possibles liés à la lumière du microscope et à la mince couche d'eau entre la lame et la lamelle. Une pellicule d'eau plus généreuse permet d'obtenir des mouvements plus naturels, au détriment de la qualité photographique. L'idéal eût été l'utilisation d'un microscope inversé, ce qui n'a malheureusement pas été fait. La vidéo de YouTube est constituée de plusieurs séquences juxtaposées. Certaines séquences laissent deviner que le volume de liquide à disposition des flagellés dans la préparation est suffisant : ils tournoient alors sur eux-mêmes et prennent une forme plus sphérique. Ils peuvent accélérer brusquement en avant et en arrière sur de courtes distances. Il est possible que ce tournoiement soit le résultat d'une réaction de photosensibilité. Lorsque la couche d'eau s'amincit par évaporation, les flagellés deviennent plus lents et présentent des mouvements de glissement à la surface de la lame. Ce mouvement de translation s'arrête quand les cellules sont déformées par le manque de liquide.

IDENTIFICATION

Une description et un dessin convaincants de KRISTIANSSEN, J. & PREISIG, H. R. (2011) ainsi que des images magnifiques trouvées sur le site internet de Michael PLEWKA nous ont tout d'abord orientés vers *Ochromonas verrucosa* Skuja 1939, une chrysophycée dont la couleur du chloroplaste et la taille importante des vésicules verruqueuses périplasmiques sont caractéristiques. Ces vésicules contiennent de la leucosine, une substance de réserve typique de ce groupe d'algues. Par la suite, nous avons procédé à une détermination analytique parmi les espèces verruqueuses en utilisant les flores de PASCHER (1913), de HUBER-PESTALOZZI (1941), de STARMACH (1985). Nous avons également comparé nos individus à *O. tuberculata* D. J. HIBBERD (1970).

Nos individus sont des cellules isolées, libres, à deux flagelles, non aplaties et à un seul chloroplaste, ce qui nous

autorise effectivement à les placer dans le genre *Ochromonas*, en nous basant sur les références citées. Le périplasme occupé par des vésicules irrégulièrement disposées, le chloroplaste en forme de bande repliée, le stigma bien visible, les dimensions relativement petites du corps cellulaire pendant muni d'un long flagelle (tableau I), sont les caractères qui nous ont dirigés vers *Ochromonas crenata* Klebs, car ils correspondent globalement à sa diagnose (KLEBS, 1892b). À première vue, ces caractères correspondent également à la description que donne SKUJA (1939) de sa nouvelle espèce *Ochromonas verrucosa*. Il mentionne cependant que *O. verrucosa* se distingue de *O. crenata* par ses dimensions plus grandes, la forme plus allongée des cellules, les verrues plus abondantes et plus régulièrement disposées, et les flagelles proportionnellement plus courts. Lorsqu'il évoque *O. crenata*, cet auteur se réfère à des individus de taille plus petite que ceux décrits par G. Klebs, ce qui correspond à notre peuplement. D'après la diagnose de HIBBERD (1970), *Ochromonas tuberculata* a la même taille que nos individus, mais la longueur du long flagelle est proportionnellement nettement moindre, ce qui l'élimine de nos considérations.

Une seule incertitude subsiste pour notre identification : le nombre de vacuoles pulsatiles présentes. Sur le vivant, directement sous le microscope, nous avons l'impression de n'en voir qu'une seule près de l'apex dans certaines cellules et dont la contraction brusque est bien visible. Dans d'autres cellules, nous avons l'impression d'en voir deux, mais l'observation n'est pas aisée. De plus, les cellules vivantes bougent en permanence, il faut donc régler la netteté constamment. Nous nous sommes parfois demandé s'il ne s'agissait pas d'une seule vacuole avec deux compartiments. À ce propos, KLEBS (1892b), PASCHER (1913), HUBER-PESTALOZZI (1941), et STARMACH (1985) indiquent qu'*O. crenata* ne posséderait qu'une seule vacuole pulsatile à l'avant, contrairement à *O. verrucosa* qui en posséderait deux.

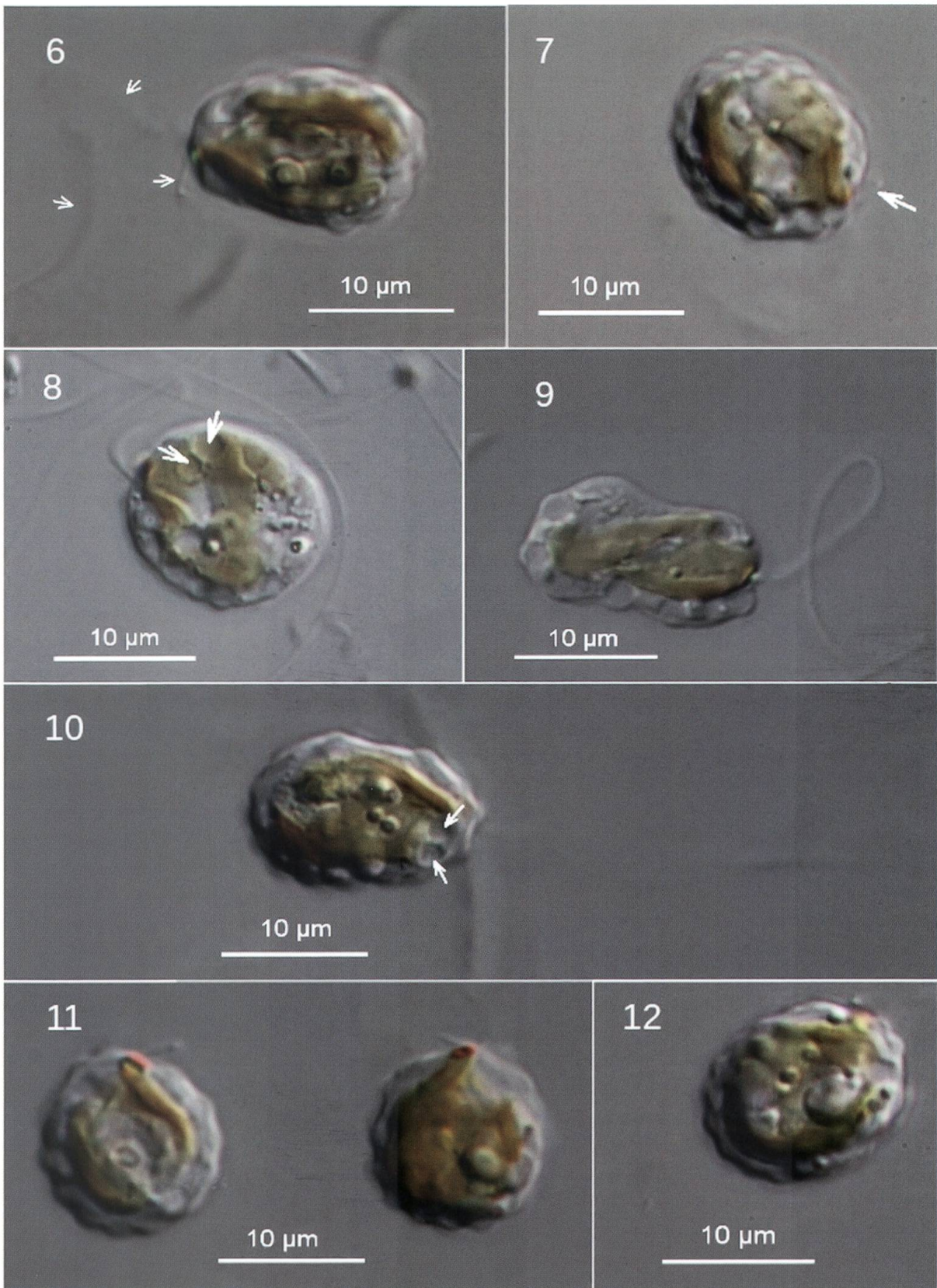


Figure 6 à 12. Description de l'algue.

Figure 6. Cellule avec ses deux flagelles (flèches). L'un est long et flexueux, l'autre est court et raide. L'ondulation de la membrane ectoplasmique est due à la présence de vésicules.

Figure 7. Cellule dont on voit particulièrement bien en bordure les vésicules qui déforment la membrane ectoplasmique et le flagelle court (flèche).

Figure 8. Cellule aplatie (évaporation de l'eau dans la préparation microscopique). Les deux flèches montrent éventuellement deux vacuoles pulsatiles, à moins que l'organe circulaire du haut ne soit l'une des vésicules du périplasme. Le cliché montre aussi le chloroplaste en forme de bande repliée sur elle-même.

Figure 9. Autre cellule aplatie. Celle-ci paraît déformée. En outre, le chloroplaste paraît plus étalé. Grâce à l'aplatissement on distingue mieux les vésicules du périplasme. Le long flagelle est bien visible.

Figure 10. Cellule dont on devine le long flagelle et vers l'apex deux organes circulaires (flèches) qui pourraient être deux vacuoles pulsatiles.

Figure 11. Montage photographique qui montre la même cellule en vue ventrale à gauche et dorsale à droite. Le stigma (tache rouge) situé vers l'apex de la cellule semble fixé au chloroplaste. La vue ventrale (à gauche) révèle parfaitement la forme en bande repliée du chloroplaste. Le flagelle court est aussi bien visible.

Figure 12. Dans le périplasme, on distingue aussi des globules plus petits que les vésicules déformantes. Ce sont des gouttelettes de lipides, très fréquentes chez les chrysophycées.

Tableau I. Dimensions mesurées des cellules et des flagelles en comparaison avec les données de divers auteurs.

Espèce et référence	Longueur L (µm)	Largeur (µm)	Flagelle 1 (µm)	Flagelle 2 (µm)
Ce travail :	12 à 16	10 à 12	28 à 46	3 à 4
<i>O. crenata</i> in KLEBS 1892	14 à 20			
<i>O. crenata</i> in PASCHER 1913	14 à 20		2 x L = 28 à 40	
<i>O. crenata</i> in LINDAU 1914	14 à 20		2 x L = 28 à 40	
<i>O. crenata</i> in SKUJA 1939	11 à 17	10 à 15	1,5 à 2 x L = 16,5-25,5 à 22-34	0,5 x L = 5,5 à 8,5
<i>O. crenata</i> in STARMACH 1985	14 à 20	10 à 15	2 x L = 28 à 40	¼ à ½ L = 3-3,5 à 4-5
<i>O. verrucosa</i> in SKUJA 1939, HUBER-PESTALOZZI 1941, STARMACH 1985	19 à 27	12 à 18	1,5 x L = 28,5 à 40,5	⅓ à ¼ L = 4-6 à 9-7
<i>O. tuberculata</i> in HIBBERD 1970	12 à 18	10 à 14	1 x L = 12 à 18	3

En revanche, comment comprendre ce que veut dire SKUJA (1939) quand il s'exprime au sujet de *O. crenata* en ces termes: «*Kontraktile Vakuolen konnten nicht beobachtet werden, doch sind sie sicher vorhanden?*» Comme il utilise le pluriel, on peut supposer qu'il estime que l'espèce en possède deux. Mais très modestement il indique qu'il n'a pas pu les voir. Cela nous réconforte, d'autant que cet auteur est bien connu pour ses excellentes observations et ses magnifiques dessins!

Pour une meilleure mise en évidence de ces organes et de leurs mouvements de contraction et de dilatation, nous avons extrait toutes les trames des fichiers vidéo (25 trames par seconde). De nombreux logiciels gratuits sont capables de faire cela, par exemple IrfanView ou VLC media player. Il est ainsi plus aisé d'observer les changements en effectuant un déroulement manuel des trames successives. En suivant les cellules image par image, nous avons clairement pu constater que certaines n'ont qu'une vacuole pulsatile et que d'autres en ont deux. Pour être certain d'observer une vacuole pulsatile et la distinguer d'une vésicule périplasmique, il faut repérer sa contraction brusque. En revanche, le mouvement de dilatation étant plus lent, on peut le confondre avec la variation du diamètre apparent d'une vésicule voisine au cours de la mise au point. Cette incertitude peut être levée si l'on reprend l'indication de LUND (1942, p. 287) sur les *Ochromonas*: leur vacuole pulsatile unique serait formée par la fusion d'une grande vacuole avec une ou plusieurs petites vacuoles. À ce propos il faut aussi signaler que HIBBERD (1970, p. 123) dans sa diagnose de *O. tuberculata*, indique que son espèce possède habituellement (*sic*) deux vacuoles pulsatiles, mais que ces vacuoles résultent de la coalescence de plusieurs plus petites. Il est donc tout à fait concevable que ces cellules semblent contenir soit une soit deux vacuole(s) pulsatile(s) selon le moment de l'observation.

Malgré cette incertitude, nous identifions la chrysofycée faisant l'objet de cette étude

morphologique comme étant *Ochromonas crenata*.

Toutefois, nous sommes conscients du fait que le genre *Ochromonas sensu lato* tel qu'il est répertorié dans les flores classiques est polyphylétique. Par conséquent, les analyses génétiques futures engendreront des remaniements taxonomiques et la mise en évidence de nouveaux genres, afin de satisfaire la classification phylogénétique (ANDERSEN *et al.*, 2017).

OCCURRENCES DE *OCHROMONAS CRENATA*

En présentant ci-dessous une liste des occurrences de *O. crenata* basée sur la littérature, nous n'avons pas la prétention d'être exhaustifs. Nous tentons simplement de préciser les conditions dans lesquelles cette espèce se développe. Dans les flores générales dont la dition couvre l'Europe centrale, les indications géographiques et écologiques ne sont pas très précises: STARMACH (1985) se contente d'indiquer que l'espèce serait principalement printanière et disséminée en Europe centrale; PASCHER (1913) et HUBER-PESTALOZZI (1941) mentionnent seulement que l'on trouve cette algue dans des étangs et autres pièces d'eau stagnante, et que W. Conrad l'aurait trouvée en eau légèrement salée en Belgique, mais ne livrent pas plus de précisions géographiques. REITH (1970) ne cite comme référence que PASCHER (1913) et HUBER-PESTALOZZI (1941).

O. crenata figure sur la liste algologique d'Allemagne (MAUCH *et al.*, 2003), mais les occurrences n'y sont pas indiquées. Selon le site internet EOL, cette espèce est aussi mentionnée sur les listes des Pays-Bas et de Russie.

Dans sa diagnose originale de *O. crenata*, le botaniste allemand Georg Albrecht Klebs, qui fut professeur de botanique à l'université de Bâle entre septembre 1887 et septembre 1898, ne précise pas en quel endroit

il a trouvé cette espèce (KLEBS, 1892b). Par contre, dans son introduction à ses études sur les flagellés (KLEBS, 1892a, p. 292), il indique clairement que ses observations proviennent de prélèvements réalisés dans des étangs de la région bâloise. Malheureusement, il ne donne pas d'indication plus précise, si bien que la station type de son espèce n'est pas connue.

DE WILDEMAN (1895), dans son *Catalogue de la flore algologique de la Suisse*, ne mentionne au sujet de *O. crenata* que les travaux de Klebs.

En Suisse toujours, les chercheurs E. Bourquin-Lindt, H. Flück, R. Chodat, A. Kurz, H. R. Christen, E. Messikommer, et plus récemment F. Cosandey, ont effectué des études portant sur l'ensemble des groupes d'algues, et de flagellés pour certains d'entre eux. Ces auteurs décrivent certaines chrysophycées, mais à notre connaissance pas *Ochromonas crenata*. L'identification à l'espèce des petits flagellés au microscope inversé à partir de matériel fixé au lugol est quasiment impossible. C'est pourquoi on trouve souvent la mention incomplète «*Ochromonas* sp.» dans la littérature sur le phytoplancton (p. ex. PAVONI, 1963 ; GUTHRUF-SEILER, 2019).

En revanche, on doit à H. R. PREISIG (1979) une très belle étude de 8 étangs de gravières du canton de Zurich. *O. crenata* a été trouvée dans ces 8 pièces d'eau en faible quantité et de manière inconstante au cours de l'année. Ses préférences saisonnières n'ont toutefois pas été précisées. Ces étangs de gravières, en particulier ceux dans lesquels l'espèce est le mieux implantée, se caractérisent par un déséquilibre du rapport azote/phosphore. Les concentrations en nitrates varient fortement en fonction du développement du phytoplancton. Elles peuvent parfois être très élevées (jusqu'à 12,9 mg N-NO₃/l), tandis que les concentrations en orthophosphate sont très faibles dans la colonne d'eau (souvent < 0,1 µg/l). Ces faibles concentrations de phosphore sont peut-être dues au fort développement des

cyanobactéries et des diatomées sur le fond des pièces d'eau. En effet, ces organismes sont connus pour accumuler ce nutriment. Dans certains de ces étangs, les concentrations en chlorures (parfois de 13,5 à 28 mg/l) pourraient indiquer une pollution d'origine agricole. Le pH des eaux basiques de tous ces étangs varie habituellement entre 7,1 et 7,8, mais en été, il peut parfois monter jusqu'à 8,9 en surface à cause de la forte production de phytoplancton.

En Allemagne, LEMMERMANN (1899) mentionne la présence de *O. crenata* dans le lac de Plön en Saxe. LINDAU (1914) indique qu'elle vit dans des eaux stagnantes fortement végétalisées, sans préciser leurs localisations. En revanche en Forêt-Noire, DOFLEIN (1921) mentionne l'avoir probablement observée, mais doute lui-même de son identification.

En Autriche, Ettl (1968) a reporté la présence de *O. verrucosa* dans le Tyrol. Il l'a observée en eaux acides parmi d'autres *Ochromonas* acidophiles. Cependant, il ne mentionne pas *O. crenata*.

En Belgique, CONRAD (1931) a trouvé l'espèce plusieurs fois entre 1927 et 1928 dans l'étang du Vieux-Héverlé-lez-Louvain. La cellule végétative de *O. crenata* qu'il présente dans sa publication (figure II/50) correspond bien à celles de notre population. Cependant, en référence à DOFLEIN (1921), il attribue à cette espèce le kyste représenté sur sa figure II/51. Or F. Doflein lui-même doutait de son identification. Ce kyste correspond en fait à *O. pinguis*, décrit plus tard par CONRAD (1930) lui-même. L'erreur est signalée par HUBER-PESTALOZZI (1941). CONRAD (1942) mentionne encore plusieurs fois la présence de cette espèce dans le vieil Escaut, ainsi que dans des fossés situés près du vieil Escaut et du Buitenpolder. CONRAD & KUFFERATH (1954) ont trouvé *O. crenata* dans une mare du Rottegat près de Lilloo (Belgique) en octobre 1938 dans des eaux légèrement salées α-mésosalobes. Toujours en Belgique, dans le

massif des Hautes-Fagnes, COMPÈRE (1966) reporte la présence abondante de *O. crenata* dans un groupement à *Sphagnum rufescens*. Le dessin qu'il en donne montre effectivement une cellule à un chloroplaste en bande repliée. Il décrit cependant des longueurs cellulaires de 20 à 25 µm. Considérant ces dimensions et le milieu acide dans lequel cette population a été trouvée, on peut se demander s'il ne s'agit pas plutôt de *O. verrucosa*.

En Tchéquie, GREGER (1924) a observé *O. crenata* dans un groupe d'étangs de la région de Komotau-Audwitzer, entre Chomutov (Komotau) et Otvice (Udwitz). Dans ce pays également, KALINA (1964) signale la présence d'un flagellé qu'il identifie comme *O. crenata*. Cependant, plusieurs caractéristiques de cet organisme divergent par rapport aux descriptions des flores originales: la taille de la cellule est légèrement plus grande, le flagelle locomoteur plus court et le milieu où il a été observé est acide (tourbière).

En Slovaquie, FOTT *et al.* (1999) ont décrit un très fort développement de *O. crenata* en mai-juin 1998 dans le lac alpin Starolesnianske Pleso, situé dans la vallée de Velká Studená à une altitude de 2000 m.

En Suède, d'après SKUJA (1956) l'espèce n'est pas rare dans le lac Åsgarn (province de Dalécarlie), de même qu'aux environs de Folkärna. En revanche, dans les eaux des marais oligotrophes de Torneträsk (vallée d'Abisko), cet auteur ne trouve que *O. verrucosa* (SKUJA, 1964).

Dans sa flore d'Ukraine, MATVIENKO (1965) indique: «*que l'espèce est commune dans le plancton des lacs, des réservoirs, des fossés, et fréquemment dans les eaux douces et salées, surtout au printemps. En Ukraine, on la trouve dans la tourbière de Mokhovatoe, près de Kharkov. Elle est également connue en URSS, aux abords de la station biologique de Bologovskiy.*»

En Lettonie, SKUJA (1939) pense qu'*O. crenata* est largement répandue dans ce pays, car

il l'a trouvée dans plusieurs localités, principalement en avril-mai.

En Espagne, *O. crenata* manque dans la liste d'ALVAREZ-COBELAS (1984) alors que six *Ochromonas* sont citées.

Hors d'Europe, deux occurrences présentent un intérêt écologique particulier:

- en Inde, MUKHERJEE *et al.* (2010) ont reporté une «*floraison*» de *O. crenata* dans un lac eutrophe de Ranchi lors de la mousson d'août 2006;
- aux États-Unis, WILKINSON *et al.* (2015) ont recherché la présence de protistes associés aux lichens dans 52 échantillons provenant du Chesapeake & Ohio Canal National Historical Park, Maryland. *O. crenata* a été isolée de tous les échantillons et selon ces auteurs, il s'agit du premier signalement de la présence d'une chrysophycée associée à un lichen. Ce travail remarquable nous interpelle car notre ami Jean Bertrand, de son côté, a trouvé 598 espèces de diatomées dans 84 échantillons de lichens (BERTRAND *et al.*, 2020).

CONCLUSION

Ochromonas crenata évolue dans une grande variété de milieux aquatiques (étangs, mares, fossés, lacs, réservoirs), et même en eau légèrement salée. On la trouve aussi comme aérophile, par exemple dans les lichens. Son développement optimal a lieu préférentiellement au printemps. L'espèce semble préférer les eaux basiques eutrophes, bien que plusieurs auteurs indiquent la trouver également en eaux acides, ce qui mériterait d'être vérifié. Bien que les connaissances concernant sa répartition géographique soient lacunaires, sa présence en Europe centrale et du Nord est bien établie.

Nous tenterons d'isoler à nouveau cette algue pour essayer d'observer les formes amiboïdes, les kystes et les trichocystes décrits par Klebs. En 2021, nous n'avons pas pu

retrouver cette algue. Les connaissances que nous avons accumulées devraient nous permettre à l'avenir une étude plus approfondie et diversifiée des chrysophycées présentes dans cet étang.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les personnes suivantes pour leur aide: le professeur honoraire Philippe Küpfer pour avoir complété et corrigé notre relevé de la végétation de phanérogames; Monsieur Valère Bilat, responsable

de la pisciculture cantonale pour les indications concernant le rôle de l'étang; Monsieur Ludwig Muster, chimiste au Service de l'énergie et de l'environnement du canton de Neuchâtel pour le bulletin d'analyse du sédiment et pour les indications qu'il nous a données oralement; le professeur Bart Van de Vijver (jardin botanique de Meise, Belgique) pour nous avoir fourni une copie de l'article de Pierre Compère; le professeur Robert A. Andersen (Michigan, USA) pour son expertise et ses conseils avisés. Mireille Jenni pour les corrections et révisions du manuscrit.

BIBLIOGRAPHIE

- ALVAREZ-COBELAS, M. 1984. Catálogo de las algas continentales españolas. II. *Craspedophyceae*, *Cryptophyceae*, *Chrysophyceae*, *Dinophyceae*, *Euglenophyceae*, *Haptophyceae*, *Phaeophyceae*, *Rhodophyceae*, *Xanthophyceae*. *Acta Botanica Malacitana* 9: 27-40.
- ANDERSEN, A.; GRAF, L.; MALAKHOV, Y. & SU YOON, H. 2017. Rediscovery of the *Ochromonas* type species *Ochromonas triangulata* (Chrysophyceae) from its type locality (Lake veysove, Donetsk region, Ukraine). *Phycologia* 56(6): 591-604.
- BEAUVAIS-FLÜCK, R.; CAMPICHE, S.; DE ALENCASTRO, L. F.; ROSSI, L.; FERRARI, B. J. D.; SANTIAGO, S.; WERNER, I. & CHEVRE, N. 2012. *Surveillance de la qualité des sédiments en Suisse: État actuel des méthodes disponibles et mise en place de recommandations*. Centre Ecotox, Lausanne, Rapport final, 27 p., 1 annexe.
- BERTRAND, J.; COSTE, C. & ROLLAND, D. 2020. Inventaire des diatomées sur les lichens et causes de leur présence. *Carnets nature* 7: 41-67.
- COMPÈRE, P. 1966. Observations sur les algues des groupements à Sphaignes des Hautes-Fagnes de Belgique. *Bulletin du Jardin botanique de l'État* 36(1): 5-51.
- CONRAD, W. 1930. Flagellates nouveaux ou peu connus II. *Archiv für Protistenkunde* 72: 538-553.
- CONRAD, W. 1931. Recherches sur les flagellates de Belgique I. Flagellates des étangs des «eaux-douces», à Vieux-Héverlé-lez-Louvain. *Mémoires du Musée royal d'histoire naturelle de Belgique* 47, 4-65 et 6 pls h. t.
- CONRAD, W. 1942. Notes protistologiques XXVII. Flagellates du «Vieil Escaut», à Bornem. *Bulletin du Musée royal d'histoire naturelle de Belgique* 18(37): 1-29.
- CONRAD, W. & KUFFERATH, H. 1954. Recherches sur les eaux saumâtres des environs de Lilloo. II. Partie descriptive. Algues et protistes. – Considérations écologiques. *Mémoires de l'Institut royal des sciences naturelles de Belgique: première série*, vol. 127.
- DE WILDEMAN, E. 1897. Catalogue de la flore algologique de la Suisse. *Mémoires de la Société royale des sciences de Liège* 2(19): 1-180.
- DOFLEIN, F. 1921. Mitteilungen über Chrysomonadinen aus dem Schwarzwald. *Zoologischer Anzeiger* 53(7/8): 153-173.

- ETTL, H. 1968. Ein Beitrag zur Kenntniss der Algenflora Tirols. *Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verein Innsbruck* 56: 177-354.
- FOTT, J.; BLAŽO, M.; STUHLÍK, E. & STRUNECKÝ, O. 1999. Phytoplankton in three Tatra Mountain lakes of different acidification status. *J. Limnol.* 58(2): 107-116.
- GREGER, J. 1924. Einige Flagellaten aus der Komotau-Audwitzer Teichgruppe. *Lotos – Zeitschrift für Naturwissenschaften* 72: 145-147.
- GUTHRUF-SEILER, K.; MAURER, V. & ZEH, M. 2019. *Le développement du phytoplancton et du plancton de crustacés. Brienzensee, Thunersee, Bielersee, Lac de Neuchâtel, Lac de Morat.* AWA Berne, SEN Fribourg et SCPE Neuchâtel, 87 p.
- HIBBERD, D. J. 1970. Observations on the cytology and ultrastructure of *Ochromonas tuberculatus* sp. nov. (Chrysophyceae), with special reference to the discobolocysts. *British Phycological Journal* 5(2): 119-143.
- HUBER-PESTALOZZI, G. 1941. Das Phytoplankton des Süßwassers. Systematik und Biologie. Chrysophyceen. Farblose Flagellaten. Heterokonten. In THIENEMANN, A. (Hrsg.). *Die Binnengewässer. Einzeldarstellungen aus der Limnologie und ihren Nachbargebieten, Schweizerbart. Stuttgart.* Band 16, 2(1).
- KALINA, T. 1964. Morphologie und Artbegrenzung von *Ochromonas crenata* Klebs (Chrysomonadales). *Acta Univ. Carol., Biol.* 2: 149-153.
- KLEBS, G. A. 1892a. Flagellatenstudien. Theil I. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie* 55: 265-351.
- KLEBS, G. A. 1892b. Flagellatenstudien. Theil II. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie* 55: 352.
- KRISTIANSEN, J. & PREISIG, H. R. 2011. Phylum Chrysophyta (Golden Algae). In JOHN, D. M.; WHITTON, B. A. & Brook, A. J. (eds), *The freshwater algal flora of the British Isles. An identification guide to freshwater and terrestrial algae.* Cambridge University Press. Cambridge. 2nd ed., 281-317.
- LEMMERMANN, E. J. 1899. Das Phytoplankton sächsischer Teiche. *Forschungsberichte aus der Biologischen Station zu Plön* 7: 96-135.
- LINDAU, G. 1914. Die Algen. Erste Abteilung. *Kryptogamenflora für Anfänger* 4(1), 219 p.
- LUND, J. W. G. 1942. Contributions to our knowledge of British Chrysophyceae. *The New Phytologist* 41(4): 274-292.
- MATVIENKO, O. M. 1965. *Vyznachnyk prysnovodnykh vodorostei Ukrainskoi RSR. III (1) Zolotysti vodorosti – Chrysophyta [Identification manual on freshwater algae of the Ukrainian SSR. III(1) Golden algae–Chrysophyta]. Naukova Dumka. Kyjv [in Ukrainian].* p. 1-367, 98 pls.
- MAUCH, E.; SCHMEDTJE, U.; MAETZE, A. & FISCHER, F. 2003. Taxaliste der Gewässerorganismen Deutschlands zur Kodierung biologische Befunde. *Informationsberichte* 1/03, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft. München. Actualisation de mars 2017.
- MUKHEEJEE, B.; NIVEDITA, M. & MUKHEEJEE, D. 2010. Plankton diversity and dynamics in a polluted eutrophic lake, Ranchi. *Journal of Environmental Biology* 31(5): 827-839.
- MUSTER, L. 2015. *Bulletin d'analyse No SCPE 0753.* Service de l'énergie et de l'environnement, République et Canton de Neuchâtel, 2 p.
- PASCHER, A. 1913. *Die Süßwasser-flora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Heft 2 – Flagellatae II.* G. Fischer, Jena.
- PAVONI, M. 1963. Die Bedeutung des Nannoplanktons im Vergleich zum Netzplankton: Qualitative und quantitative Untersuchungen im Zürichsee, Pfäffikersee und anderen Seen. *Schweiz. Z. Hydrol.* 25(2): 219-341.
- PREISIG, H. R. 1979. *Vergleichende Studien an Algenpopulationen in Kiesgrubenweihern. Inaugural dissertation.* Universität Zürich. Aku-Fotodruck Zürich.

- SKUJA, H. 1939. Beitrag zur Algenflora Lettlands II. *Acta Horti Botanici Universitatis Latviensis* 11/12: 41-169.
- SKUJA, H. 1956. Taxonomische und biologische Studien über das Phytoplankton schwedischer Binnengewässer. *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis, Series IV* 16(3): 1-404 et 63 pls h. t.
- SKUJA, H. 1964. Grundzüge der Algenflora und Algenvegetation der Fjeldgegenden um Abisko in Schwedisch-Lappland. *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis, Series IV* 18(3): 1-465 et 69 pls h. t.
- STARMACH, K. 1985. Chrysophyceae und Haptophyceae. In Ettl, H.; Gerloff, J.; Heynig, H. & Mollenhauer, D. (eds.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa I. G. Fisher Verlag. Stuttgart.*
- WILKINSON, D. M.; CREEVYA, A. L.; KALUC, C. L. & SCHWARTZMANN, D. W. 2015. Are heterotrophic and silica-rich eukaryotic microbes an important part of the lichen symbiosis? *Mycology* 6(1): 4-7.

SITES INTERNET

EOL Encyclopedia of life. Hosted by National Museum of Natural History.
<https://eol.org/docs/what-is-eol> [consulté le 22 octobre 2021].

JENNI B. (réf. a) Photo and Video Microscopy. www.microbiolvideos.ch

JENNI B. (réf. b) *Lagynion delicatulum*. <https://youtu.be/ei2FeojcKMU>

JENNI B. (réf. c) *Chrysamoeba radians*. <https://youtu.be/Le9C5EyyHYQ>

JENNI B. (réf. d) *Ochromonas crenata*. <https://youtu.be/umAxd9PGj1g>

Irfanview Graphic Viewer.

<https://www.irfanview.com/> [consulté le 22 octobre 2021].

MESURIM2, version en ligne.

<https://cosphilog.fr/mesurim2> [consulté le 22 octobre 2021].

PLEWKA, M. Life in water.

https://www.plingfactory.de/Science/Atlas/Kennkarten%20Algen/01_e-algae/Other_Algae/e-source/Ochromonas-verrucosa.html [consulté le 22 octobre 2021].

VLC media player.

<https://www.videolan.org> [consulté le 22 octobre 2021].

