

COMPOSITION DIATOMIFÈRE DE QUATRE SOURCES THERMALES AU CANADA, EN ISLANDE ET AU JAPON

Valérie Villeneuve

Centre d'études nordiques et département de biologie, Université Laval,
Québec G1K 7P4, Canada¹

Reinhard Pienitz

Centre d'études nordiques et département de géographie, Université Laval,
Québec G1K 7P4, Canada²

La présente étude a permis de déterminer la flore diatomifère de quatre sources thermales situées au Canada (Îles de la Reine-Charlotte en Colombie Britannique et Takhini au Yukon), au sud-ouest de l'Islande et au Japon (mont Hakone). La composition en espèces des assemblages de chaque échantillon est décrite et appuyée par des illustrations originales. Certains assemblages sont constitués d'espèces dominantes, telles que *Diademes gallica* W. Smith pour l'échantillon de Takhini, *Brachysira microcephala* (Grunow) Compère et *Achnanthes minutissima* Kützing pour l'Islande et *Pinnularia* sp. [aff. *anglica* (Cleve) Krammer] pour le Japon. La majorité des taxons répertoriés sont des formes alcaliphiles et circumneutrales selon leur affinité pour le pH, et de formes oligohalobes, mésahalobes et euryhalobes selon la salinité. La comparaison de la microflore entre les quatre sources échantillonnées nous amène à la conclusion qu'on ne peut ici établir de flore diatomifère spécifique aux sources thermales. L'éloignement géographique des sites d'étude ainsi que la variation des caractéristiques physiques et chimiques d'un site à l'autre expliquent l'hétérogénéité observée des assemblages de diatomées.

This study describes the diatom composition of four thermal springs located in Canada (Queen Charlotte Islands and Takhini in the Yukon Territory), the south-western part of Iceland and in Japan (Mount Hakone). The species composition of the assemblage of each study site is provided, accompanied by original illustrations. The assemblages were dominated by one or two species, such as *Diademes gallica* W. Smith in Takhini, *Brachysira microcephala* (Grunow) Compère and *Achnanthes minutissima* Kützing in Iceland and *Pinnularia* sp. [aff. *anglica* (Cleve) Krammer] in Japan. Most taxa were classified as alkaliphils or circumneutrals based on their affinity for pH, and as oligohalobous, mesohalobous or euryhalobous according to their salinity preference. The floristic comparison of the samples collected from the four springs suggests that a diatom flora specific to thermal springs cannot be recognized. The geographical distance between study sites, as well as the different physical and chemical characteristics, explain the heterogeneity of diatom assemblages observed.

¹ e-mail: Valerie.Villeneuve@etu.bio.ulaval.ca

² e-mail: Reinhard.Pienitz@cen.ulaval.ca

INTRODUCTION

Les sources thermales ont depuis longtemps suscité l'intérêt des scientifiques dans le monde. La majorité des sites géothermiques comportant un nombre élevé de sources thermales sont situés aux États-Unis (Parc National de Yellowstone), en Islande, au Japon, en Russie et en Nouvelle-Zélande (Vincent & Forsyth 1987), d'où le nombre important d'études se rapportant à ces sites. À titre d'exemple, Brues (1924, 1927, 1928, 1932) et Brock et collaborateurs (Brock & Brock 1966, 1968, 1969, Brock 1967, 1970, 1975, Brock *et al.* 1969) ont étudié les sources thermales du Parc National de Yellowstone. Winterbourn (1968, 1969), Winterbourn & Brown (1967) et plus récemment Vincent & Forsyth (1987) ont réalisé des études en Nouvelle-Zélande, alors que Tuxen (1944) et Starmühlner (1969) ont fait une revue des sources thermales de l'Islande. L'écologie des sources thermales a également été documentée par Stockner (1968, 1971), Wiegert (1973), Mitchell (1974), Collins (1975, 1977), Collins *et al.* (1976), Resh & Sorg (1983), Lamberti & Resh (1983, 1985), Resh & Barnby (1984, 1987), Barnby (1987) et Barnby & Resh (1988). En général, tous ces travaux traitent de l'aspect floristique axé principalement sur les algues bleues-vertes (cyanobactéries) et/ou de l'aspect faunique (ex. insectes) en fonction des caractéristiques physiques et chimiques des sources thermales. Aucun d'entre eux n'élabore sur les diatomées de sources thermales, plus particulièrement sur la comparaison de la composition diatomifère de sources thermales dans le monde.

Les sources thermales sont des écosystèmes aquatiques qui possèdent des conditions extrêmes de température, de pH et de salinité. Le flux de chaleur stable et continue d'origine géothermique fait en sorte que la température de l'eau des sources est élevée et constante. La modification par l'homme de l'état naturel d'une source thermale peut amener une variation de la température de l'eau, comme cela a été le cas à Waipahihi Stream près de Taupo en Nouvelle-Zélande (Vincent & Forsyth 1987). Le détournement des fluides géothermiques pour approvisionner les bains publics a causé une baisse de la température de l'eau de 5 à 10°C, provoquant ainsi un changement dans la composition de la flore et de la faune de la source. La composition ionique de l'eau de source dépend entre autres de la proportion d'eau ayant subi une influence géothermique, de la réaction de cette eau avec la roche en place ainsi que de la dilution par les eaux souterraines. L'extraction d'éléments solides de la roche suite à la réaction de l'eau chaude avec cette dernière entraîne parfois des teneurs élevées en ions et de fortes salinités. Par exemple, le Waiohewa Stream dans la région de Taupo en Nouvelle-Zélande, a une concentration en silicate très élevée, dépassant souvent la valeur de saturation ($65 \text{ g SiO}_2 \text{ m}^{-3}$) (Williamson & Cooke 1982).

Quelques organismes ont pu s'adapter à cet environnement extrême, comme certains insectes (Pritchard 1991), des algues périphytiques et des macroinvertébrés (Lamberti & Resh 1985). Les communautés d'algues périphytiques qui colonisent les sources thermales sont composées principalement d'algues bleues-vertes qui peuvent survivre à des températures allant jusqu'à 75°C (Brock 1967, De Nicola 1996). Peu de travaux ont été réalisés spécifiquement sur les diatomées des sources thermales, mentionnons entre autres ceux de Krasske (1938) sur la région des sources thermales de Reykjanes en Islande, ceux de Negoro (1940, 1944) sur la flore diatomifère des sources thermales au Japon, ceux de Economou-Amili (1976 a,b) portant sur l'étude des sources thermales grecques, ceux de Reháková (1976) sur des eaux thermales en Slovaquie, ceux de Prasad *et al.* (1984) sur la flore d'une source thermale de l'Inde, et ceux de Schoeman et Archibald (1988) sur la source thermale Gross Barmen en Afrique du Sud-Ouest/Namibie.

La distribution des diatomées dépend des caractéristiques écologiques du milieu dans lequel elles vivent. Elles sont donc de bons indicateurs des conditions écologiques de leur habitat. Les diatomées sont présentes dans les milieux d'eau douce, saumâtre et marine. Ainsi, l'autécologie de plusieurs espèces de diatomées est connue et répertoriée dans la littérature. La question qui se pose est s'il existe des espèces de diatomées typiques de sources thermales spécifiquement adaptées aux

températures élevées? Krasske (1938) mentionne quelques espèces répertoriées en très grande abondance dans les sources thermales de l'Islande (ex. *Achnanthes exigua* var. *heterovalvata*, *Fragilaria brevistriata*, *F. pinnata*, *Gomphonema gracile*, *Nitzschia amphibia*, *Rhopalodia gibba*, *R. gibberula* et *Synedra ulna*), espèces vraisemblablement favorisées par des températures élevées.

Dans cette étude, quatre sources thermales ont été étudiées, soit aux Îles de la Reine-Charlotte (côte est du Pacifique), à Takhini au Yukon, en Islande ainsi qu'au Japon. Les objectifs de cette étude sont: 1) de déterminer la composition de la flore diatomifère de chacune des quatre sources thermales, 2) de faire une comparaison floristique entre ces quatre sources thermales ainsi qu'entre les divers types de substrats échantillonnés, et 3) de mettre en relation les caractéristiques écologiques des espèces dominantes de chaque site.

SITES D'ÉTUDE

La figure 1 montre la localisation géographique des quatre sources thermales étudiées : aux Îles de la Reine-Charlotte sur la côte est du Pacifique (Canada) ($52^{\circ} 37'N$, $131^{\circ} 50'O$), à Takhini au Yukon (Canada) ($60^{\circ} 53'N$, $135^{\circ} 22'O$), au sud de l'Islande ($63^{\circ} 40'N$, $19^{\circ} 06'O$), et au Japon dans la région du mont Hakone ($35^{\circ} 14'N$, $139^{\circ} 02'E$).

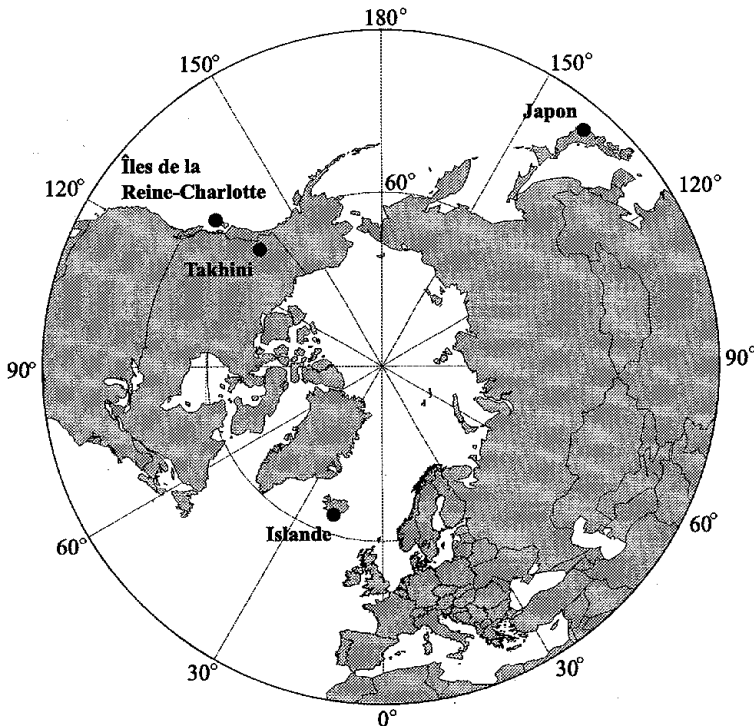


Fig. 1. Localisation géographique des quatre sites d'étude.

Fig. 1. Location of the four study sites.

Les diatomées ont été récoltées sur divers types de substrats (surface rocheuse, algues bleues-vertes et sédiments) ou dans l'eau de chacune des quatre sources thermales. L'échantillonnage a été réalisé en août et en octobre 1993, respectivement pour les sources thermales de Takhini et de l'Islande, en juin 1995 pour la source des Îles de la Reine-Charlotte, et en août 1996 au Japon. C'est une source thermale naturelle avec une température de 42 à 44°C qui a été échantillonnée aux Îles de la Reine-Charlotte sur l'île Hotspring. La source de Takhini est localisée près de la ville de Whitehorse. L'eau avait une température de 42 à 47°C, un pH de 7.3 à 7.4 et une salinité de 1000 mg l⁻¹. La source présentait entre autres une conductivité élevée (2630 µS cm⁻¹) et une forte concentration en Ca (650 mg l⁻¹), ce qui suggère un milieu très calcaire. La source thermale naturelle de l'Islande est localisée dans la région du Grand Geysir Strokkur dans la partie sud-ouest de l'île. Aucun paramètre (température, pH) n'est disponible pour la source thermale de l'Islande. La source échantillonnée au Japon est située dans le Parc National Fuji-Hakone-Izu. Le pH de la source était de 2.7 et d'une température de 32°C.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'échantillonnage aux Îles de la Reine-Charlotte a été effectué à la surface d'un tapis d'algues bleues-vertes où s'écoulait un mince filet d'eau provenant de la source. En plus d'un échantillon d'eau de la source, deux autres échantillons ont été prélevés. Le premier est constitué d'un mélange de fragments d'algues bleues-vertes et de sédiments et a été prélevé à l'aide d'une spatule. Le second échantillon a été récolté à la surface des roches avec une brosse à dent. Ces deux échantillons ont été transférés dans des bouteilles de plastique avec de l'eau distillée. Pour Takhini, trois types d'échantillons ont été récoltés à la sortie de la source, sous un bâtiment érigé au-dessus de la source. Un échantillon d'algues bleues-vertes et un autre de sédiments de fond ont été prélevés à l'aide d'une spatule, et un troisième échantillon de sédiments a été prélevé sur une surface rocheuse avec une brosse à dent. Ces échantillons ont été déposés dans des bouteilles de plastique avec de l'eau distillée. L'échantillonnage en Islande a été réalisé à l'aide d'une brosse à dent sur la surface des roches présentes aux bords de la source. Trois types d'échantillons (sédiments, algues bleues-vertes et un mélange d'algues bleues-vertes et de sédiments) ont été prélevés et déposés dans de petits sacs de plastique. Le prélèvement des échantillons au Japon s'est fait dans une mare d'eau plus ou moins stagnante alimentée par un petit ruisseau s'écoulant de la source. Une bouteille de plastique a servi à prélever un échantillon d'eau, une spatule pour l'échantillon de sédiments et une brosse à dent pour échantillonner la surface rocheuse. Ces deux derniers échantillons ont aussi été déposés dans des bouteilles de plastique et lavés avec de l'eau distillée. Tous les échantillons récoltés ont été conservés à l'obscurité dans un réfrigérateur jusqu'à la préparation des lames.

Montage des lames

Environ 0.5 cm³ de l'échantillon a été extrait pour chaque préparation. La matière organique a été éliminée par l'addition d'un mélange égal d'acide sulfurique concentré (95%–98%) et d'acide nitrique concentré (69%–71%) à une température de 80°C. Des décantations successives de 24 heures ont permis de ramener le pH des solutions siliceuses à près de 7, et ce dans le but d'éviter la dissolution des valves à long terme. Différentes concentrations de diatomées ont été mises à sécher sur des lamelles durant 24 heures, pour être montées ensuite sur des lames microscopiques dans une résine Naphrax.

Choix et comptage des lames

Plusieurs lames ont dû être éliminées. La présence de diatomées et la faible quantité de sédiments sur la lame étaient deux facteurs importants dans le choix des lames. Ceci a limité l'analyse à un seul échantillon pour la source de Takhini et celle des Îles de la Reine-Charlotte, et à deux pour la source de l'Islande et du Japon. Pour les Îles de la Reine-Charlotte l'échantillon analysé est un mélange de sédiments et d'un tapis d'algues bleues-vertes (IRC), pour Takhini un échantillon d'algues bleues-vertes (TAK), pour l'Islande un échantillon de sédiments (ISL1) et un mélange d'algues bleues-vertes et de sédiments (ISL2), et pour le Japon un échantillon de surface rocheuse (JAP1) et un échantillon de sédiments (JAP2).

Un total de 300 valves de diatomées a été compté pour chacune des lames choisies. Le comptage a été réalisé le long d'un transect, à partir de la bordure de la lamelle vers le centre. L'identification des diatomées a été réalisée à un grossissement de 1000X au microscope photonique Leica DMRB. Les différentes espèces citées dans cette étude sont énumérées en ordre taxonomique dans l'annexe.

Description écologique

L'analyse de l'autécologie des diatomées de chaque assemblage ne concerne que les espèces pour lesquelles on relève dans la littérature de l'information sur leurs caractéristiques écologiques. Il est important de noter que l'autécologie de chaque espèce de diatomée n'est pas complète dans la littérature. L'analyse se base donc sur des références donnant l'habitat et/ou les conditions dans lequel l'espèce considérée a déjà été répertoriée, et ne cite pas nécessairement tous les habitats ou conditions environnementales possibles relatifs à cette espèce. La description de l'écologie des espèces (annexe) concerne principalement le pH, la salinité et le type d'habitat ou mode de vie. L'attribution de l'affinité pour le pH à chaque taxon a été faite selon la classification de Hustedt (1937–1938). La classification des taxons pour la salinité a été faite selon Kolbe (1927), et le type d'habitat ou mode de vie selon Lowe (1974).

RÉSULTATS DE L'ANALYSE DIATOMIFÈRE

Quatorze genres incluant quarante taxons ont été répertoriés dans cette étude (Tableau 1). La majorité des espèces composant l'assemblage de chaque échantillon sont des formes pennales, alors que seulement 9 % des espèces représentent des formes centrales.

Îles de la Reine-Charlotte (IRC)

L'échantillon de la source thermique des Îles de la Reine-Charlotte est constitué de seize espèces de diatomées (Tableau 1). Les quatre espèces qui ont les abondances relatives les plus élevées sont *Navicula digitoradiata* var. *minima*, *N. tenelloides*, *Nitzschia* sp. [aff. *inconspicua*] et *Melosira cataractarum*.

Takhini (TAK)

Parmi les onze taxons présents dans cet échantillon, l'espèce qui prédomine est *Diadsmis gallica* avec une proportion de 66% (incluant *Diadsmis* sp. [aff. *gallica*]) (Tableau 1). *Mastogloia smithii* var. *lacustris*, *Pinnularia kneuckerii*, *Denticula subtilis*, *Epithemia argus*, *Rhopalodia gibba*,

Tableau 1. Abondance relative (%) des diatomées présentes dans les échantillons des Îles de la Reine-Charlotte, de Takhini, de l'Islande et du Japon. + = présence dans l'échantillon d'une valeur de moins de 1%; - = absence du taxon dans l'échantillon. Voir le texte pour la définition des abréviations.

Table 1. Relative abundance (%) of diatoms present in samples from the Queen Charlotte Islands, Takhini, Iceland and Japan. + = present in sample but relative abundance < 1%; - = taxa absent from assemblage. See text for sample abbreviations.

TAXONS	IRC	TAK	ISL1	ISL2	JAP1	JAP2
<i>Melosira cataractarum</i>	9.0	-	-	+	-	-
<i>Achnanthes minutissima</i>	4.7	-	43.3	2.0	-	-
<i>A. sp.</i> [aff. <i>minutissima</i>]	-	-	8.3	-	-	-
<i>A. minutissima</i> var <i>jackii</i>	-	+	1.7	-	-	-
<i>A. pericava</i>	4.7	-	-	3.3	-	-
<i>Mastogloia smithii</i> var. <i>lacustris</i>	-	3.0	-	-	-	-
<i>Frustulia rhomboidea</i> var. <i>crassinervia</i>	-	-	1.0	4.7	-	-
<i>Brachysira microcephala</i>	-	-	2.7	62.0	-	-
<i>Caloneis bacillum</i>	1.7	-	3.7	2.0	-	-
<i>Diadensis gallica</i>	-	38.0	-	-	-	-
<i>D. sp.</i> [aff. <i>gallica</i>]	-	27.7	-	-	-	-
<i>Navicula sp.</i> [aff. <i>begerii</i>]	-	-	-	1.7	-	-
<i>N. digitoradiata</i> var. <i>minima</i>	15.0	-	1.3	-	-	-
<i>N. sp.</i> [aff. <i>digitoradiata</i> var. <i>minima</i>]	1.0	-	-	-	-	-
<i>N. sp.</i> [aff. <i>obsoleta</i>]	2.3	-	-	-	-	-
<i>N. tenelloides</i>	11.7	-	4.0	-	-	-
<i>Navicula sp.</i> 7	1.7	-	-	-	-	-
<i>Navicula sp.</i>	1.3	-	-	-	-	-
<i>Pinnularia sp.</i> [aff. <i>anglica</i>]	-	-	-	-	92.7	95.7
<i>P. kneuckerii</i>	-	3.0	-	-	-	-
<i>P. subcapitata</i> var. <i>subrostrata</i>	-	-	-	1.3	-	-
<i>Pinnularia sp.</i> 1	-	-	-	-	7.3	4.3

<i>Amphora coffeaeformis</i>	1.0	-	-	-	-	-
<i>A. holsatica</i>	6.0	-	-	-	+	-
<i>Amphora</i> sp.	2.0	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema gracile</i>	-	-	3.0	2.3	-	-
<i>G. parvulum</i>	-	-	10.3	8.7	-	-
<i>Denticula subtilis</i>	-	12.7	+	-	-	-
<i>Epithemia argus</i>	-	2.0	-	-	-	-
<i>Rhopalodia gibba</i>	-	1.0	-	-	-	-
<i>R. operculata</i>	6.3	+	4.0	2.0	-	-
<i>Nitzschia amphibia</i>	+	-	1.0	+	-	-
<i>N. communis</i>	-	-	1.0	-	-	-
<i>N. frustulum</i>	-	6.7	1.0	+	-	-
<i>N. sp. [aff. inconspicua]</i>	11.0	-	-	-	-	-
<i>N. sp. [aff. nana]</i>	8.0	-	1.3	1.0	-	-
<i>N. perminuta</i>	-	2.7	1.3	-	-	-
<i>N. sp. [aff. valdestrinata]</i>	-	-	-	2.0	-	-
<i>N. sp. [aff. suchlandtii]</i>	6.7	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia</i> sp.	1.3	-	2.7	-	-	-
Autres ¹	4.3	2.3	7.7	5.0	-	-
Nombre total de taxons	19	11	18	16	2	2

¹ = taxons dont la présence dans l'échantillon est d'une valeur de moins de 1% (0.3-0.7 %) et n'ayant pas une abondance relative \geq à 1% dans au moins un des échantillons: *Cyclotella* sp., *Cyclotella* sp. [aff. michiganiana], *Fragilaria fasciculata*, *Achnanthes* sp., *Amphipleura kriegeriana*, *Diploneis pseudovalis*, *Navicula seminulum*, *N. sp. 2*, *N. sp. 3*, *N. sp. 4*, *N. sp. 5*, *N. sp. 6*, *Pinnularia borealis* var. *rectangulata*, *P. brébissonii*, *P. sp. 1*, *P. sp.* [aff. *similiformis*], *Gomphonema* sp., *Denticula* sp. [aff. *valida*], *Nitzschia debilis*, *N. sp.* [aff. *palea*], *N. sp. 1* et quelques individus non identifiés (0.7-2.7%).

¹ = taxa with a relative abundance < 1% (0.3-0.7%) and not present with a relative abundance \geq 1% in at least one sample (see list), and a few unidentified taxa (0.7-2.7%).

Nitzschia frustulum et *Nitz. perminuta* sont également présentes, bien que moins abondantes, dans l'assemblage de la source thermale de Takhini.

Islande (ISL1, ISL2)

Les deux échantillons de l'Islande présentent respectivement dix-huit et seize différents taxons. Dans l'échantillon ISL1, on note la présence d'*Achnanthes minutissima* à une proportion de 52% (incluant *Achnanthes* sp. [aff. *minutissima*]) (Tableau 1). Il s'agit d'une espèce benthique, associée à divers types de substrats (Krammer & Lange-Bertalot 1991) et représentée en abondance dans les lacs d'eau douce de la région boréale en Amérique du Nord (Hamilton *et al.* 1994).

Le Tableau 1 montre la dominance de *Brachysira microcephala* dans l'échantillon ISL2. Selon la littérature, *Brachysira microcephala* est une espèce adaptée à diverses conditions écologiques. Elle est aussi fréquemment associée aux macrophytes (Germain 1981). On note une très faible proportion d'*Achnanthes minutissima* (2%) dans l'échantillon ISL2 comparativement à l'échantillon de sédiments (ISL1) provenant du même site.

Japon (JAP1, JAP2)

Seulement deux espèces sont présentes dans ces deux échantillons, ce qui montre une plus faible diversité d'espèces comparativement aux autres sites étudiés. *Pinnularia* sp. [aff. *anglica*] domine les deux échantillons de la source thermale du Japon avec des proportions de 93% (JAP1) et de 96% (JAP2). Dans la littérature, peu d'information est disponible sur l'écologie de cette espèce. Seule une autre espèce (*Pinnularia* sp.1) est présente dans les deux échantillons et complète l'assemblage de la source du Japon.

Affinité pour le pH et la salinité

Les formes alcaliphiles et circumneutrales caractérisent l'assemblage diatomifère des sites de Takhini et de l'Islande (Fig. 2). Malgré une proportion importante d'espèces alcaliphiles pour l'échantillon des Îles de la Reine-Charlotte, on ne peut affirmer que l'assemblage est composé majoritairement de formes alcaliphiles, et ce en raison du grand nombre de taxons dont l'affinité pour le pH n'est pas disponible dans la littérature. Pour l'échantillon de Takhini, toutes les espèces dont l'écologie est documentée dans la littérature sont des formes alcaliphiles, telles que *Denticula subtilis* et *Diademsis gallica* (Denys 1991). Les échantillons de l'Islande (ISL1 et ISL2) sont composés majoritairement de formes alcaliphiles, soit *Caloneis bacillum* (Foged 1981, Patrick & Reimer 1966) pour ISL 2, et *Brachysira microcephala* (Foged 1981) pour ISL 2. Cette particularité reflète le caractère alcalin des sources thermales de l'Islande (Krasske 1938). Étant donné que le pH des sources où ont été prélevés les échantillons IRC, ISL1 et ISL2 n'est pas connu, on peut supposer que ces sources ont un pH ≥ 7 d'après les formes de diatomées (circumneutrales et alcaliphiles) identifiées à ces deux endroits.

On note pour les quatre sources thermales étudiées la présence de trois types d'affinité pour la salinité, soit oligohalobe, mésosalobe et euryhalobe (Fig. 3). La source thermale des Îles de la Reine-Charlotte montre une proportion plus grande d'espèces mésosalobes (31%) que d'espèces oligohalobes (18%). De plus, il est important de mentionner la présence d'espèces euryhalobes telles que *Navicula* sp. [aff. *digitoradiata* var. *minima*] et *N. digitoradiata* var. *minima*. La valeur de la salinité de l'eau de cette source est inconnue, cependant d'après l'abondance relative d'espèces mésosalobes et euhalobes (Fig. 3), on peut suggérer que la salinité est relativement élevée. La source

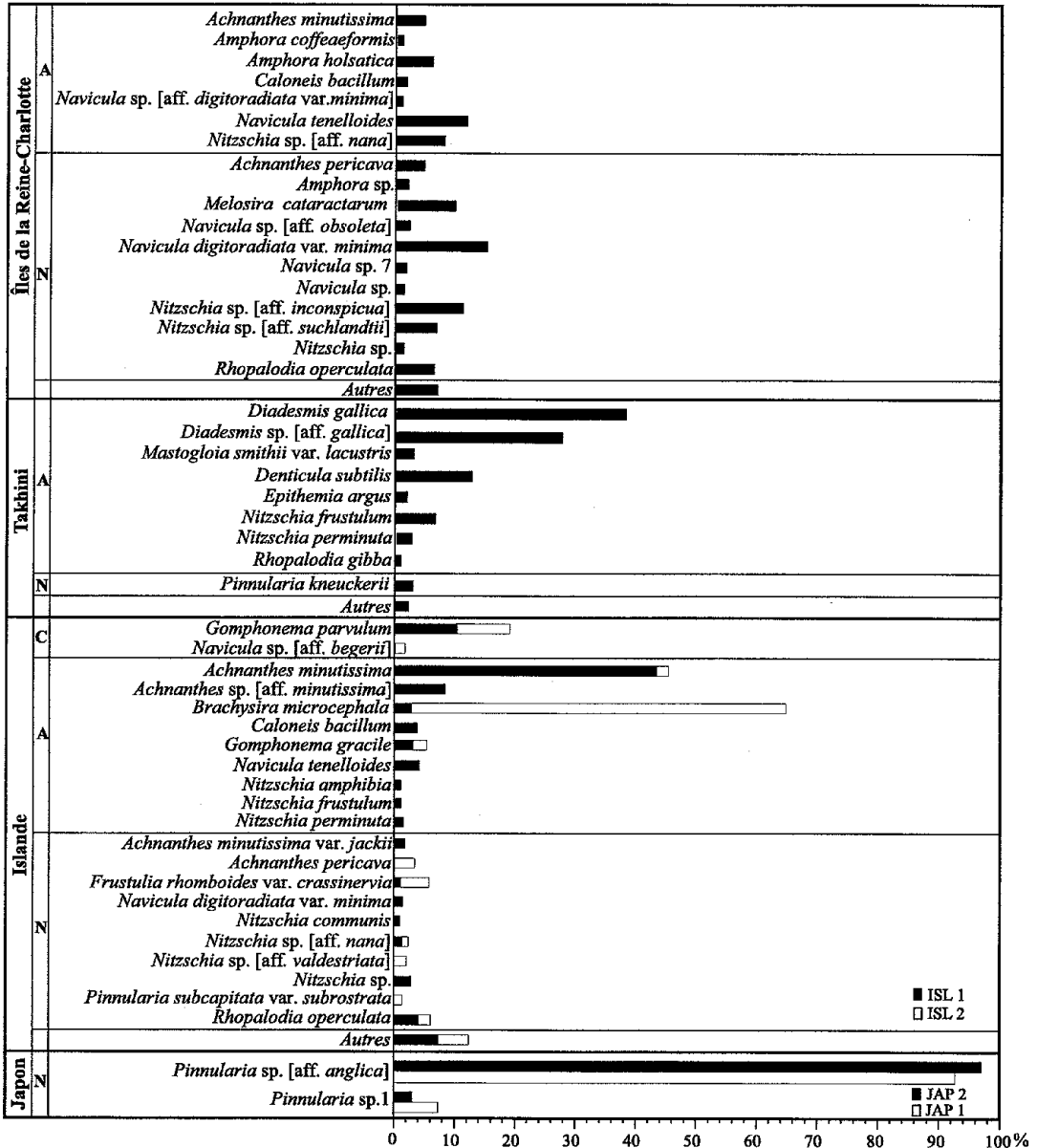


Fig. 2. Composition diatomifère de sources thermales des Îles de la Reine-Charlotte, de Takhini, de l'Islande et du Japon, classée selon l'affinité des espèces pour le pH. Les valeurs sont exprimées en abondance relative (%). Le graphique montre les taxons avec une abondance relative égale ou supérieure à 1% et présents dans au moins un des échantillons. IRC = mélange de sédiments et d'algues bleues-vertes; TAK = algues bleues-vertes; ISL1 = sédiments; ISL2 = algues bleues-vertes et sédiments; JAP1 = surface rocheuse; JAP2 = sédiments. C = circum-neutrale; A = alcaliphile; N = non documenté.

Fig. 2. Diatom composition of thermal springs from the Queen Charlotte Islands, Takhini, Iceland and Japan classified according to species affinity for pH. Values represent relative abundance (%) in sample; only taxa with a relative abundance $\geq 1\%$ in at least one sample are listed. IRC = blue-green algae and sediments; TAK = blue-green algae; ISL1 = sediments; ISL2 = blue-green algae and sediments; JAP1 = rock scrape; JAP2 = sediments. C = circumneutral; A = alkaliphil; N = not documented.

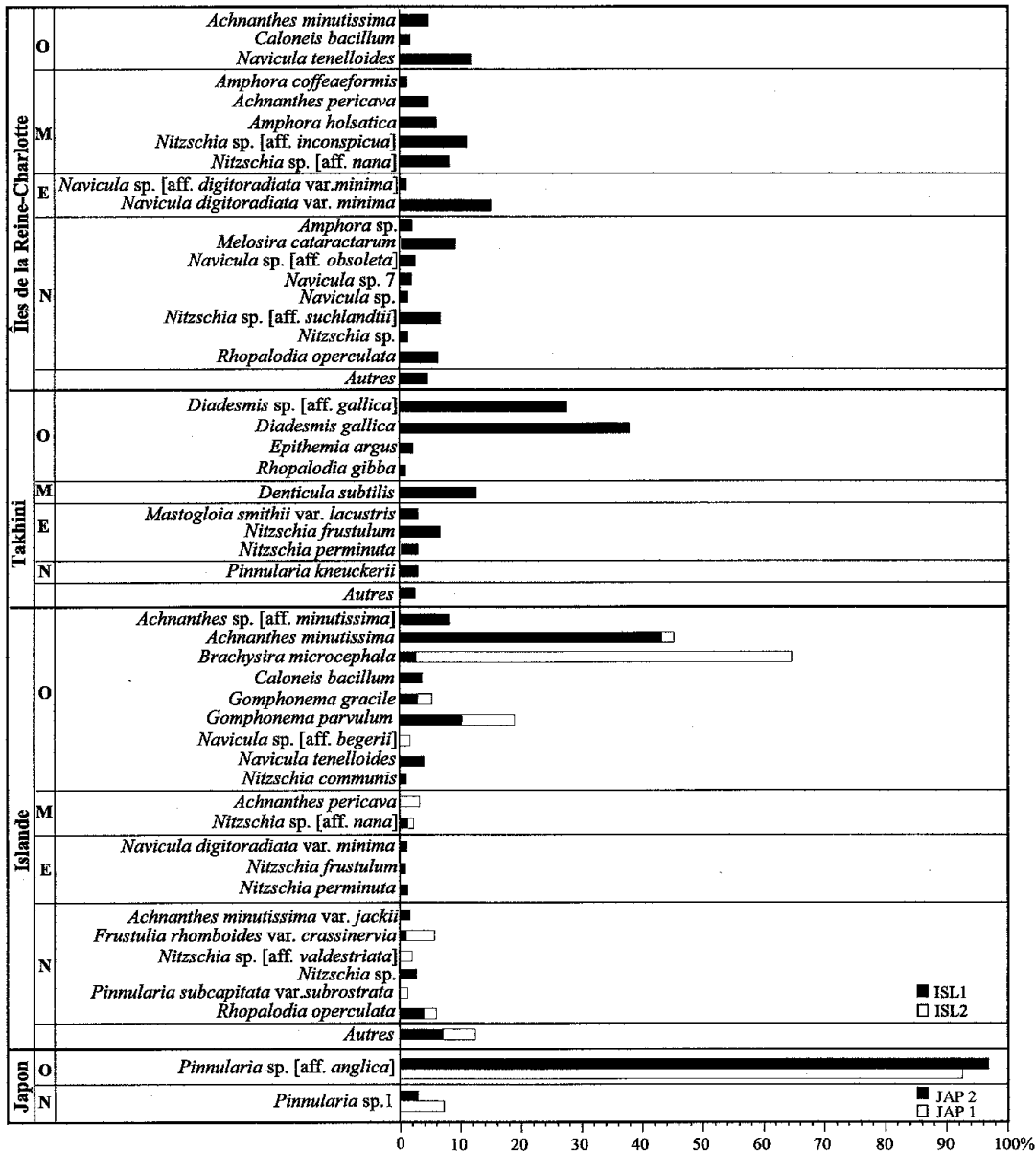


Fig. 3. Composition diatomifère de sources thermales des Îles de la Reine-Charlotte, de Takhini, de l'Islande et du Japon, classée selon l'affinité des espèces pour la salinité. Les valeurs sont exprimées en abondance relative (%). Le graphique montre seulement les taxons avec une abondance relative égale ou supérieure à 1% et présents dans au moins un échantillon. IRC = algues bleues-vertes et sédiments; TAK = algues bleues-vertes; ISL1 = sédiments; ISL2 = algues bleues-vertes et sédiments; JAP1 = surface rocheuse; JAP2 = sédiments. O = oligohalobe; M = mésahalobe; E = euryhalobe; N = non documenté.

Fig. 3. Diatom composition of thermal springs from the Queen Charlotte Islands, Takhini, Iceland and Japan classified according to species affinity for salinity. Values represent relative abundance (%) in sample; only taxa with a relative abundance $\geq 1\%$ in at least one sample are listed. IRC = blue-green algae and sediments; TAK = blue-green algae; ISL1 = sediments; ISL2 = blue-green algae and sediments; JAP1 = rock scrape; JAP2 = sediments. O = oligohalobous; M = mesohalobous; E = euryhalobous; N = not documented.

de Takhini est composée en majorité de formes oligohalobes (69%) ainsi que de formes mésahalobes (22%), ce qui correspond avec la salinité du site de Takhini (1g l^{-1}). Pour ces espèces oligohalobes récoltées à Takhini, la limite de 0.5 g l^{-1} qui leur est attribuée est alors légèrement dépassée.

Les deux échantillons de l'Islande présentent principalement des formes oligohalobes (ISL1 = 77%, ISL2 = 77%), avec une très faible proportion de formes mésahalobes (ISL1 = 1.3%, ISL2 = 4.3%). L'assemblage des espèces répertoriées à cette source suggère une salinité plus faible que celle de Takhini. De plus, la présence d'*Achnanthes minutissima* dans les échantillons de l'Islande vient appuyer la possibilité que cette source présente des conditions environnementales se rapprochant de celle de l'eau douce.

L'espèce dominante dans les deux échantillons du Japon, *Pinnularia* sp. [aff. *anglica*], est décrite dans la littérature comme étant une espèce oligohalobe (Krammer 1992). En raison de l'incertitude attribuée à l'identification de cette espèce, on ne peut avancer que la salinité de la source thermale du Japon se situe entre celle de l'eau douce et celle de l'eau légèrement saumâtre.

Comparaison des assemblages

Parmi toutes les espèces répertoriées dans chacun des échantillons, aucune n'est commune aux quatre sources thermales (Tableau 1). De plus, l'assemblage de diatomées des échantillons TAK, JAP1 et JAP2 ne comporte aucune espèce commune avec les autres sources thermales (IRC, ISL1 et ISL2). Cependant, la composition floristique des échantillons IRC, ISL1 et ISL2 montre quelques similarités. *Achnanthes minutissima*, *Caloneis bacillum*, *Rhopalodia operculata*, *Nitzschia amphibia* et *Nitz.* sp. [aff. *nana*] sont les espèces communes à ces trois échantillons. Aucune caractéristique écologique ne semble rapprocher ces cinq espèces pour expliquer leur présence dans les trois échantillons. Seules quelques espèces sont communes aux deux échantillons (ISL1 et ISL2) provenant de la source de l'Islande, dont *Achnanthes minutissima*, *Frustulia rhomboides* var. *crassinervia*, *Brachysira microcephala*, *Caloneis bacillum*, *Gomphonema gracile*, *G. parvulum*, *Rhopalodia operculata* et *Nitzschia* sp. [aff. *nana*]. Certaines d'entre elles (*A. minutissima*, *B. microcephala*, *G. gracile* et *G. parvulum*) sont des espèces communes et adaptées à diverses conditions écologiques (Germain 1981, Krammer & Lange-Bertalot 1991).

Si on compare un même type de substrat échantillonné (mélange de sédiments et d'algues) mais provenant de deux sources thermales différentes, soit IRC et ISL2, on note une nette différence dans la composition de la flore diatomifère. *Melosira cataractarum*, *Achnanthes minutissima*, *A. pericava*, *Caloneis bacillum*, *Rhopalodia operculata*, *Nitzschia amphibia* et *Nitz.* sp. [aff. *nana*] sont les seules espèces communes aux deux échantillons. Par contre, on note que *A. minutissima*, *C. bacillum* et *Rhopalodia operculata* ont déjà été répertoriées dans d'autres sources thermales (Krausske 1938, Krammer & Lange-Bertalot 1988).

DISCUSSION

Dans la majorité des cas, l'écologie des espèces qui composent la flore diatomifère de chaque échantillon correspond au type de substrat échantillonné et aux caractéristiques physiques et chimiques du site lorsque ces dernières sont connues. Pour les Îles de la Reine-Charlotte par exemple, *Mastogloia smithii* var. *lacustris* est une espèce associée à des milieux où l'on note la présence de formations calcaires (Germain 1981); *Pinnularia kneuckerii*, *Epithemia argus*, *Rhopalodia gibba* et *Nitzschia perminuta* sont quatre espèces présentes dans des milieux avec des concentrations moyennes à élevées en électrolytes (Patrick & Reimer 1975, Krammer & Lange-Bertalot 1988, Krammer 1992).

Le type de source thermale échantillonné dans cette étude, soit des sources rhéocrènes qui émergent au flanc d'une pente, est caractérisé par de faibles profondeurs, ce qui implique un milieu peu favorable à la vie planctonique. Ainsi, les caractéristiques physiques des sites sous étude impliquent une capacité de se fixer au substrat, d'où la présence presque exclusive de formes de diatomées pennales benthiques dans les divers assemblages et la très faible proportion de formes centrales et araphidés, espèces majoritairement planctoniques. L'absence de formes centrales a d'ailleurs été constaté par Hustedt (1943) dans des sources de régions montagneuses des Alpes. D'autre part, ces mêmes caractéristiques physiques supposent une capacité à tolérer une exposition à l'air de la part des espèces telles que *Caloneis bacillum*, *Navicula* sp. [aff. *obsoleta*], *Navicula tenelloides*, *Amphora holsatica* et *Nitzschia* sp. [aff. *nana*], espèces de l'échantillon des Îles de la Reine-Charlotte connues comme étant des espèces aérophiles (Hustedt 1961–1966, Patrick & Reimer 1966, 1975, Foged 1981, Germain 1981, Krammer & Lange-Bertalot 1988, Denys 1991).

Dans le cas où les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau ne sont pas précisées, il est possible quand même d'évaluer ces caractéristiques grâce à la composition en diatomées de l'assemblage du site. Ainsi, l'eau de la source des Îles de la Reine-Charlotte a probablement une salinité élevée. La source étant située près du littoral de l'océan Pacifique, il y a possibilité d'une influence saline provenant de fines gouttelettes d'eau marine amenées par le vent et contenant une certaine quantité de sel. Il peut se produire de la même façon un transport de diatomées par le vent, ce qui pourrait expliquer la présence d'espèces mésohalobes et d'une espèce euryhalobe dans l'échantillon, soit *Navicula digitoradiata* var. *minima* (Krammer & Lange-Bertalot 1986).

Inversement, les préférences écologiques d'un taxon peu connu peuvent être évaluées grâce à sa présence dans une source dont on connaît les caractéristiques chimiques. Par exemple, l'affinité de *Pinnularia* sp. [aff. *anglica*] quant au pH n'est pas documentée. L'on note des similitudes entre la source thermale du Japon de cette étude et celles de la même région étudiées par Negoro (1944), soit un pH acide (2.1–3.7), une très faible diversité et la prédominance de certaines espèces. Ces similitudes ainsi que l'abondance relative très élevée (93%: JAP1, 96%: JAP2) de *Pinnularia* sp. [aff. *anglica*] suggèrent fortement que celle-ci est acidobionte. Autre exemple, *Achnanthes minutissima* est une espèce d'eau douce et largement répandue (Krammer & Lange-Bertalot 1991), mais dont on possède peu d'information sur le type de substrat associé à cette espèce. Sa forte proportion dans l'échantillon de sédiments de l'Islande (ISL1), comparativement à la faible proportion de ce taxon et la dominance de *Brachysira microcephala* dans l'échantillon sédiments-algues (ISL2), suggère fortement que ce dernier contient une plus grande proportion d'algues que de sédiments. Conséquemment, même si cette espèce est décrite dans la littérature comme étant une espèce épiphytique, elle semble être un colonisateur opportuniste ce qui explique sa présence dans un échantillon de sédiments (L. Denys, comm. pers.).

Cependant, certaines espèces sont présentes sous des conditions environnementales qui ne leur semblent pas attribuées dans la littérature. Dans la source thermale des Îles de la Reine-Charlotte, on note la présence d'espèces oligohalobes, telles *Achnanthes minutissima* (Krammer & Lange-Bertalot 1991) et *Navicula tenelloides* (Foged 1981), qui n'avaient pas été jusqu'alors répertoriées dans des milieux à salinité élevée, sauf pour des lacs salés du Yukon (Pienitz *et al.* 1992, Veres *et al.* 1995).

Dans les sources de Takhini, de l'Islande et du Japon, certaines espèces dominent les échantillons avec des abondances relatives très élevées. Par exemple, pour Takhini et le Japon, les conditions physiques et chimiques du milieu exigent des adaptations particulières de la part de ces espèces pour survivre dans ce type d'environnement. Pour la source thermale de Takhini, l'espèce dominante *Diademsis gallica*, est une espèce fréquemment répertoriée en Europe (Bahls 1981), connue comme étant une espèce épiphytique et typiquement aérophile (Germain 1981). Elle est aussi très commune dans des environnements karstiques (i.e. cavernes), milieux caractérisés par une faible luminosité (J. Johansen, comm. pers., N.I. Maidana, comm. pers.). Un échantillonnage effectué dans

de petites cavernes turques a démontré la présence de *Diademsis gallica* vivant en grande abondance sur du tuf calcaire (L. Denys, comm. pers.). Ainsi, *Diademsis gallica* est mieux adaptée que les autres espèces aux conditions particulières du site d'échantillonnage de Takhini, caractérisé par une faible luminosité et une exposition à l'air. L'installation du bâtiment au-dessus de la source en 1977, a sûrement induit un changement dans la flore diatomifère de cette source. Aucun paramètre n'est disponible pour expliquer la forte abondance de *Brachysira microcephala* et d'*Achnanthes minutissima* dans les échantillons de l'Islande. Dans les échantillons du Japon, *Pinnularia* sp. [aff. *anglica*] présente pour sa part une forte tolérance à des valeurs faibles de pH (pH = 2.7). L'acidité extrême de l'eau de la source du Japon et la faible diversité de la flore, suggère fortement que le pH de l'eau influence la composition en diatomées.

Les résultats démontrent qu'on ne peut établir de flore diatomifère typique aux quatre sources thermales étudiées. Une comparaison entre la flore diatomifère de cette étude et celles d'autres sources thermales dans le monde, soit à Reykjanes en Islande (Krasske 1938), au Japon (Negoro 1940, 1944), en Grèce (Economou-Amili 1976 a,b), en Slovaquie (Reháková 1976), à Ladakh en Inde (Prasad *et al.* 1984) et en Afrique du Sud (Schoeman & Archibald 1988), démontre cependant que quelques espèces sont présentes dans plus d'une source. *Achnanthes minutissima* a été répertoriée dans plusieurs de nos échantillons (IRC, ISL1 et ISL2) ainsi qu'à Reykjanes (Islande) et en Slovaquie, *Amphora coffeaeformis* se retrouve dans l'échantillon des Îles de la Reine-Charlotte et dans ceux de la Grèce, et *Nitzschia communis* et *Nitz. frustulum* ont été retrouvées à Reykjanes (Islande), en Slovaquie et en Grèce, ainsi que dans l'échantillon ISL1 pour *Nitz. communis*, et dans ISL2 et TAK pour *Nitz. frustulum*. *Gomphonema gracile*, *G. parvulum* et *Nitz. amphibia*, sont présentes dans les échantillons ISL1 et ISL2, ainsi que dans ceux de Reykjanes (Islande), de la Grèce, de la Slovaquie et de l'Afrique, et finalement, *Rhopalodia gibba* a été répertoriée à Takhini ainsi qu'à Reykjanes (Islande), au Japon, en Grèce et en Inde. Une comparaison de la flore des échantillons de l'Islande (ISL1 et ISL2) et de celle de Reykjanes (Islande) montre que neuf espèces sont communes, soit *Achnanthes minutissima*, *Caloneis bacillum*, *Navicula begerii*, *N. tenelloides*, *Gomphonema gracile*, *G. parvulum*, *Nitzschia amphibia*, *Nitz. communis* et *Nitz. frustulum*. Un caractère écologique rapproche les espèces retrouvées dans d'autres sources dans le monde: toutes, sauf *A. coffeaeformis*, ont déjà été répertoriées dans des milieux subaériens périodiquement inondés ou humides (Krammer & Lange-Bertalot 1986, 1988, Denys 1991). Par ailleurs, certaines sont aussi des espèces cosmopolites, telles que *G. gracile* (Krammer & Lange-Bertalot 1991) et *G. parvulum* (Germain 1981), associées à divers types de milieux, en plus des sources thermales. Ainsi, mises-à-part ces quelques espèces, on ne peut établir de flore typique des sources thermales considérant la diversité des assemblages des échantillons de cette étude et de celles réalisées auparavant.

Les différences observées entre la composition diatomifère des échantillons de cette étude s'expliquent par quatre facteurs, soit les valeurs différentes de salinité et de pH, le type de substrat échantillonné et la situation géographique des sites. Premièrement, selon ce qui a été établi, les quatre sources thermales présentent des salinités différentes, ce qui nécessite des adaptations différentes de la part des espèces. Conséquemment, celles présentes dans plus d'un site d'échantillonnage sont habituellement des espèces largement distribuées et adaptées à divers milieux, telle *Achnanthes minutissima* (Krammer & Lange-Bertalot 1991). Le type de substrat échantillonné a aussi un effet sur la distribution des espèces. La flore d'un échantillon d'algues sera composée majoritairement d'espèces épiphytiques, tandis qu'un échantillon de sédiments sera dominé par des espèces benthiques (épipéliquies et épipsammiques). Finalement, la colonisation d'une source thermique se fait à partir des assemblages de divers types d'écosystèmes aquatiques présents en périphérie ou à proximité de la source en question. Les différences entre les compositions floristiques

régionales seraient ainsi également responsables de l'hétérogénéité des assemblages des sources thermales du monde.

Les conditions écologiques variables d'une source à l'autre ainsi que leur éloignement géographique, font en sorte qu'il ne semble pas exister de flore diatomifère propre aux sources thermales, mais plutôt une multitude d'assemblages dont la composition serait déterminée par les caractéristiques chimiques et physiques de chaque source et par la composition floristique des régions avoisinant les sources.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été effectué grâce au support financier du Conseil de Recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) accordé à RP. Nous remercions chaleureusement John Smol pour nous avoir fourni les échantillons de l'Islande, Gerry Whitley (Affaires Indiennes et du Nord Canada, Whitehorse, Yukon) pour les diverses informations sur la source thermale de Takhini, Paul Hamilton pour ses précieux conseils taxonomiques, ainsi que Stéphane Campeau et deux évaluateurs anonymes pour leur aide à l'amélioration de la qualité de ce manuscrit.

RÉFÉRENCES

- BAHLS, L. L. (1981). Diatoms of Lewis and Clark Caverns. *Proceedings of the Montana Academy of Sciences*, **40**, 11–18.
- BARNBY, M. A. (1987). Osmotic and ionic regulation of two brine fly species (Diptera: Ephydriidae) from a saline hot spring. *Physiological Zoology*, **60**, 327–338.
- BARNBY, M. A. & RESH, V. H. (1988). Factors affecting the distribution of an endemic and a widespread species of brine fly (Diptera: Ephydriidae) in a northern California thermal spring. *Annals of the Entomological Society of America*, **81**, 437–446.
- BROCK, T. D. (1967). Relationship between standing crop and primary productivity along a hot spring thermal gradient. *Ecology*, **48**, 566–571.
- BROCK, T. D. (1970). High temperature systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **1**, 191–220.
- BROCK, T. D. (1975). Predicting the ecological consequences of thermal pollution from observations in geothermal habitats. In: *Environmental Effects of Cooling Systems at Nuclear Power Plants. Proceedings Series*, 599–622. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- BROCK, T. D. & BROCK, M. L. (1966). Temperature optima for algal development in Yellowstone and Iceland hot springs. *Nature (London)*, **209**, 733–734.
- BROCK, T. D. & BROCK, M. L. (1968). Life in a hot water basin. *Natural History*, **77**, 47–54.
- BROCK, T. D. & BROCK, M. L. (1969). Effect of light intensity on photosynthesis by thermal algae adapted to natural and reduced sunlight. *Limnology & Oceanography*, **14**, 334–341.
- BROCK, M. L., WIEGERT, R. G. & BROCK, T. D. (1969). Feeding by *Paracoenia* and *Ephydra* (Diptera: Ephydriidae) on the microorganisms of hot springs. *Ecology*, **50**, 192–200.
- BRUES, C. T. (1924). Observations on animal life in the thermal waters of Yellowstone Park, with a consideration of the thermal environment. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, **59**, 371–437.
- BRUES, C. T. (1927). Animal life in hot springs. *Quarterly Review of Biology*, **2**, 181–203.
- BRUES, C. T. (1928). Studies on the fauna of hot springs in the western United States and the biology of thermophilous animals. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, **63**, 139–228.
- BRUES, C. T. (1932). Further studies on the fauna of North American hot springs. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, **67**, 186–303.

- CARDINAL, A., POULIN, M. & BÉRARD-THERRIault, L. (1984). Les diatomées benthiques de substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec. 4. Naviculales, Naviculaceae (à l'exclusion des genres *Navicula*, *Donkinia*, *Gyrosigma* et *Pleurosigma*). *Le Naturaliste canadien*, **111**, 369–394.
- COLLINS, N. C. (1975). Population biology of a brine fly (Diptera: Ephydriidae) in the presence of abundant food. *Ecology*, **56**, 1139–1148.
- COLLINS, N. C. (1977). Mechanisms determining the relative abundance of brine flies (Diptera: Ephydriidae) in Yellowstone thermal spring effluents. *The Canadian Entomologist*, **109**, 415–422.
- COLLINS, N. C., MITCHELL, R. & WIEGERT, R. G. (1976). Functional analysis of a thermal spring ecosystem with an evaluation of the role of consumers. *Ecology*, **57**, 1221–1232.
- CUMMING, B. F., WILSON, S. E., HALL, R. I. & SMOL, J. P. (1995). Diatoms from British Columbia (Canada) lakes and their relationship to salinity, nutrients and other limnological variables. *Bibliotheca Diatomologica*, **31**, 1–207.
- DE NICOLA, D. M. (1996). Periphyton responses to temperature at different ecological levels. In: *Algal Ecology*, (R. J. Stevenson, M. L. Botwell & R. L. Lowe, eds), 149–181. Academic Press, San Diego.
- DENYS, L. (1991). *A Check-list of the Diatoms in the Holocene Deposits of the Western Belgian Coastal Plain with a Survey of the Apparent Ecological Requirements. I. Introduction, Ecological Code and Complete List*. 41 pp. Belgische Geologische Dienst, Professional Paper 1991/2–No. 246.
- ECONOMOU-AMILI, A. (1976a). *On Diatoms from Thermal Springs of Greece*. 244 pp. Institute of Systematic Botany, University of Athens, Athens.
- ECONOMOU-AMILI, A. (1976b). *Ecological Remarks on Diatoms from some Greek Thermal Springs*, pp.113–140. Institute of Systematic Botany, University of Athens, Athens.
- FOGED, N. (1981). Diatoms in Alaska. *Bibliotheca Phycologica*, **53**, 1–317.
- GERMAIN, H. (1981). *Flore des diatomées, eaux douces et saumâtres*. 444 pp. Société Nouvelle des Éditions Boubée, Paris.
- HAMILTON, P. B., DOUGLAS, S. V., FRITZ, S. C., PIENITZ, R., SMOL, J. P. & WOLFE, A. P. (1994). A compiled freshwater diatom taxa list for the arctic and subarctic regions of North America. In: *Proceedings of the Fourth Arctic-Antarctic Diatom Symposium (Workshop)* (P.B. Hamilton, ed.), 85–102. Canadian Museum of Nature, Ottawa.
- HUSTEDT, F. (1937–1938). Systematische und ökologische Untersuchungen über die Diatomeen-Flora von Java, Bali und Sumatra. *Archiv für Hydrobiologie, Supplement* **15**, 131–177, 187–295, **16**, 393–506.
- HUSTEDT, F. (1943). Die Diatomeen-Flora einiger Hochgebirgseen der Landschaft Davos in den Schweizer Alpen. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, **43**, 124–197, 225–280.
- HUSTEDT, F. (1961–1966). Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. In: *Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*, (L. Rabenhorst, ed.), **7**(3), 1–816. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig.
- KOLBE, R. W. (1927). Zur Ökologie und Systematik der Brackwasserdiatomeen. *Pflanzenforschung*, **7**, 1–146.
- KRAMMER, K. (1992). *Pinnularia*: eine Monographie der europäischen Taxa. *Bibliotheca Diatomologica*, **26**, 1–353.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1986). Bacillariophyceae. Teil 1: Naviculaceae. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer, eds), **2**(1), 1–876. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1988). Bacillariophyceae. Teil 2: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer, eds), **2**(2), 1–596. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. (1991). Bacillariophyceae. Teil 4: Achnanthaceae, kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) und *Gomphonema*. In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (H. Ettl, G. Gärtner, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer, eds), **2**(4), 1–437. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- KRASSKE, G. (1938). Beiträge zur Kenntnis der Diatomeen-Vegetation von Island und Spitzbergen. I. Diatomeen isländischer Thermalgewässer. *Archiv für Hydrobiologie*, **33**, 503–515.
- LAMBERTI, G. A. & RESH, V. H. (1983). Geothermal effects on stream benthos: separate influences of thermal and chemical components. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **40**, 1995–2009.

- LAMBERTI, G. A. & RESH, V. H. (1985). Distribution of benthic algae and macroinvertebrates along a thermal stream gradient. *Hydrobiologia*, **128**, 13–21.
- LOWE, R. L. (1974). *Environmental Requirements and Pollution Tolerance of Freshwater Diatoms*. 334pp. EPA-670/4-74-005, Cincinnati.
- MITCHELL, R. (1974). The evolution of thermophily in hot springs. *Quarterly Review of Biology*, **49**, 229–242.
- NEGORO, K. (1940). Diatom-flora of the Nasu hot springs. *The Botanical Magazine*, **638**, 63–65.
- NEGORO, K. (1944). Untersuchungen über die Vegetation der mineralogen-azidotrophen Gewässer Japans. *Science Reports of the Tokyo Bunrika Daigaku*, **101**, 231–374.
- PATRICK, R. & REIMER, C. (1966). *The Diatoms of the United States. Vol. 1. Fragilariaceae, Eunotiaceae, Achnantheaceae, Naviculaceae*. 688 pp. Monograph 13, The Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Philadelphia.
- PATRICK, R. & REIMER, C. (1975). *The Diatoms of the United States. Vol. 2. Entomoneidaceae, Cymbellaceae, Gomphonemaceae, Epithemiaceae*. 213 pp. Monograph 13, The Academy of Natural Sciences of Philadelphia, Philadelphia.
- PIENITZ, R., WALKER, I. R., ZEEB, B. A., SMOL, J. P. & LEAVITT, P. R. (1992). Biomonitoring past salinity changes in an athalassic subarctic lake. *International Journal of Salt Lake Research*, **1**, 91–123.
- PRASAD, B. N., JAITLEY, Y. C. & MISRA, P. K. (1984). Some diatoms from the hot-spring of Ladakh. *Geophytology*, **14**, 156–160.
- PRITCHARD, G. (1991). Insects in thermal springs. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, **155**, 89–106.
- REHÁKOVÁ, Z. (1976). Diatoms from thermal waters and mud in Piestany Spa (Slovakia). *Archiv für Hydrobiologie, Supplement* **49**, 141–175.
- RESH, V. H. & BARNBY, M. A. (1984). Distribution of shore bugs and shore flies at Sylvan Springs, Yellowstone National Park. *Great Basin Naturalist*, **44**, 99–103.
- RESH, V. H. & BARNBY, M. A. (1987). Distribution of the Wilbur Springs shore bug (Hemiptera: Saldidae): product of abiotic tolerance and biotic constraints. *Environmental Entomology*, **16**, 1087–1091.
- RESH, V. H. & SORG, K. L. (1983). Distribution of the Wilbur Springs shore bug (Hemiptera: Saldidae): predicting occurrence using water chemistry parameters. *Environmental Entomology*, **12**, 1628–1635.
- ROUND, F. E., CRAWFORD, R. M. & MANN, D. G. (1990). *The Diatoms. Biology and Morphology of the Genera*. 747 pp. Cambridge University Press, Cambridge.
- SCHOEMAN, F. R. & ARCHIBALD, R. E. M. (1988). Taxonomic notes on the diatoms (Bacillariophyceae) of the Gross Barmen thermal springs in South West Africa/Namibia. *South African Journal of Botany*, **54**, 221–256.
- SIMONSEN, R. (1987). *Atlas and Catalogue of the Diatom Types of Friedrich Hustedt*. Vols 1–3, 1–525, 772 pls. J. Cramer, Berlin/Stuttgart.
- STARMÜHLNER, F. (1969). Beiträge zur Kenntnis der Biozönosen isländischer Thermalgewässer. *Sitzungsberichte Österreichische Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse. Abteilung I*, **178**, 83–173.
- STOCKNER, J. G. (1968). Algal growth and primary productivity in a thermal stream. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, **25**, 2037–2058.
- STOCKNER, J. G. (1971). Ecological energetics and natural history of *Hedriodiscus truquii* (Diptera) in two thermal spring communities. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, **28**, 73–94.
- TUXEN, S. L. (1944). The hot springs, their animal communities and their zoogeographical significance. In: *The Zoology of Iceland, Vol. 1, Part II*, 1–216. Ejnar Munksgaard, Copenhagen.
- VAN HEURCK, H. (1880–1885). *Synopsis des Diatomées de Belgique*. 235 pp. H. Van Heurck, Anvers.
- VERES, A. J., PIENITZ, R. & SMOL, J. P. (1995). Lake water salinity and periphytic diatom succession in three subarctic lakes, Yukon Territory, Canada. *Arctic*, **48**, 63–70.
- VINCENT, W. F. & FORSYTH, D. J. (1987). *Inland Waters of New Zealand*. pp. 349–375. DRSIR Science Information Publishing Centre, Wellington.
- WIEGERT, R. G. (1973). A general ecological model and its use in stimulating algal-fly energetics in a thermal spring community. In: *Insects: Studies in Population Management* (P. W. Geier, L. R. Clark, D. J. Anderson & H. A. Nix, eds), 85–102. Ecology Society of Australia (Memoirs 1), Canberra.

- WILLIAMSON, R. B. & COOKE, J. G. (1982). Water quality of the Waiohewa Stream, Rotowa. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, **16**, 327–337.
- WINTERBOURN, M. J. (1968). The faunas of thermal waters in New Zealand. *Tuatara*, **16**, 111–122.
- WINTERBOURN, M. J. (1969). The distribution of algae and insects in hot spring thermal gradients at Waimangu, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, **3**, 459–465.
- WINTERBOURN, M. J. & BROWN, T. J. (1967). Observations on the faunas of two warm streams in the Taupo thermal region. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, **1**, 38–50.

ANNEXE

Toutes les espèces considérées dans cette étude sont énumérées ci-dessous en ordre taxonomique, accompagnées des figures correspondantes, des synonymes, des références, de la morphométrie des frustules (long. = longueur, larg. = largeur, diam. = diamètre), de la description écologique et de leur distribution selon les divers échantillons. La recherche des synonymes a été faite entre autres d'après Round *et al.* (1990). Les références mentionnées correspondent à celles ayant servi à l'identification de l'espèce et incluent le numéro de la page, de la planche et seulement des photos correspondantes. Les intervalles de dimension donnés correspondent à ceux des spécimens montrés sur les planches. La description de l'écologie faite pour chaque espèce est basée sur la littérature et non sur les paramètres physiques et chimiques des sites d'échantillonnage. Pour les espèces portant la mention "aff.", les références et descriptions écologiques données se rapportent à l'espèce référée (ex. l'écologie de *Achnanthes* sp. [aff. *minutissima*] se rapporte à celle d'*Achnanthes minutissima*). Des notes taxonomiques ont été ajoutées pour expliquer les différences observées chez ces espèces.

Melosira Agardh

Melosira cataractarum Hustedt (Figs 4–8)

Référence: Simonsen (1987), p.207, pl. 320, figs 1–8.

Dimension: diam. = 5–6 μm , stries = 15–18/10 μm .

Écologie: non précisée.

Site: IRC.

Achnanthes Bory

Achnanthes minutissima Kützing (Figs 9–12)

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1991), p. 56, pl. 32, fig. 27.

Dimension: long. = 9–12 μm , larg. = 2 μm .

Écologie: Oligohalobe, alcaliphile (à large étendue de pH), benthique (épiphytique entre autres), espèce retrouvée en abondance dans les lacs d'eau douce de la région boréale, répertoriée dans des sources thermales.

Sites: ISL 1, ISL 2, IRC.

***Achnanthes* sp. [aff. *minutissima* Kützing]**

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1991), p. 56, pl. 32, fig. 27.

Dimension: long. = 7–10 µm, larg. = 2–3 µm.

Écologie: Oligohalobe, alcaliphile (à large étendue de pH), benthique (épiphytique entre autres), espèce retrouvée en abondance dans les lacs d'eau douce de la région boréale, répertoriée dans des sources thermales.

Site: ISL 1.

Note taxonomique: Forme légèrement moins capitée que *Achnanthes minutissima*.

***Achnanthes minutissima* var. *jackii* (Rabenhorst) Lange-Bertalot (Figs 13–17)**

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1991), p. 57, pl. 32, figs 38, 40 et 42.

Dimension: long. = 11 µm, larg. = 3 µm, stries = 21 (pseudoraphée)/10 µm, 21–24(raphée)/10 µm.

Écologie: espèce retrouvée dans des sources calcaires des Alpes.

Site: ISL 1.

***Achnanthes pericava* Carter (Figs 18, 19)**

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1991), p. 73, pl. 40, figs 14–16.

Dimension: long. = 12–14 µm, larg. = 4 µm, stries = 18/10 µm sur les deux valves.

Écologie: Mésahalobe.

Sites: ISL 2, IRC.

***Mastogloia* Thwaites**

***Mastogloia smithii* var. *lacustris* Grunow (Fig. 22)**

Références: Germain (1981), p. 126, pl. 46, fig. 1. Krammer & Lange-Bertalot (1986), p.434, pl. 201, figs 4–5.

Dimension: long. = 28 µm, larg. = 8 µm, stries = 14–15/10 µm.

Écologie: Euryhalobe (oligohalobe à mésahalobe), alcaliphile, épipsammique et épiphytique, retrouvée dans des suintements rocheux, présente dans des étangs ou terrains avec formations calcaires lacustres qui donne à l'eau un pH de 8–8.2. Présente dans des milieux subaériens périodiquement inondés.

Site: TAK.

***Frustulia* Rabenhorst**

***Frustulia rhomboides* var. *crassinervia* (Brébisson) Ross (Figs 20, 21)**

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1986), p. 259, pl. 95, figs 6, 7.

Dimension: long. = 41–44 µm, larg. = 10 µm.

Écologie: Semble préférer les lacs oligotrophes.

Sites: ISL 1, ISL 2.

Brachysira Kützing***Brachysira microcephala* (Grunow) Compère (Figs 23–27)**

Synonyme: *Anomoeoneis vitrea* (Grunow) Ross

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1986), p.256, pl. 15, fig. 6, pl. 94, figs 22, 23 et 28, pl. 103a, fig. 14.

Dimension: long. = 11–28 μm , larg. = 3–4 μm .

Écologie: Oligohalobe (à indifférente), alcalibionte, espèce adaptée à une large étendue de conditions écologiques, retrouvée fréquemment dans des étangs parmi les macrophytes immergées et sur des rochers suintants du littoral.

Sites: ISL 1, ISL 2.

Caloneis Cleve***Caloneis bacillum* (Grunow) Cleve (Figs 28, 29)**

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1986), p. 390, pl. 173, figs 13, 14.

Dimension: long. = 21–27 μm , larg. = 4–7 μm , stries = 21–24/10 μm .

Écologie: Oligohalobe (à mésahalobe), alcaliphile, épiphytique, retrouvée dans des ruisseaux, étangs et suintements de la côte Atlantique. Présente dans des environnements subaériens humides, répertoriée dans des sources thermales.

Sites: ISL 1, IRC.

Diadesmis Kützing***Diadesmis gallica* W. Smith (Figs 34–38)**

Synonyme: *Navicula gallica* (W. Smith) Lagerstedt

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1986), p. 220, pl. 75, figs 6–11.

Dimension: long. = 8–10 μm , larg. = 2–3 μm , fibules = 15–16/10 μm .

Écologie: Oligohalobe, alcaliphile. Espèce typiquement subaérienne, adaptée à des milieux à faible luminosité (retrouvée dans des grottes ou cavernes), associée à des milieux calcaires, présente sur des rochers suintants, assez commune sur les schistes ardoisiens.

Site: TAK.

***Diadesmis* sp. [aff. *gallica* W. Smith]**

Synonyme: *Navicula gallica* (W. Smith) Lagerstedt

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1986), p. 220, pl. 75, figs 6–11.

Dimension: long. = 6–13 μm , larg. = 2–3 μm .

Écologie: Oligohalobe, alcaliphile. Espèce typiquement subaérienne, adaptée à des milieux à faible luminosité (retrouvée dans des grottes ou cavernes), associée à des milieux calcaires, présente sur des rochers suintants, assez commune sur les schistes ardoisiens.

Site: TAK.

Note taxonomique: Pas de certitude sur la présence de fibules en comparaison avec *Diadesmis gallica*.

Navicula Bory

Navicula sp. [aff. *begerii* Krasske] (Figs 30, 31)

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1986), p. 225, pl. 78, figs 17–20.

Dimension: long. = 11–15 μm , larg. = 2 μm , stries = 21/10 μm .

Écologie: Oligohalobe, circumneutrale, épiphytique. Présente dans des habitats subaériens humides.

Site: ISL 2.

Note taxonomique: Nombre de stries plus élevé que *Navicula begerii*.

Navicula digitoradiata var. *minima* Cleve-Euler (Figs 32, 33)

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1986), pl. 34, fig. 7.

Dimension: long. = 16–17 μm , larg. = 3–4 μm , stries = 15/10 μm .

Écologie: Euryhalobe (mésahalobe et euhalobe), alcaliphile, épipélique. Présente dans les eaux saumâtres et les eaux côtières de l'Atlantique, ainsi que dans les eaux méditerranéennes.

Sites: ISL 1, IRC.

Navicula sp. [aff. *digitoradiata* var. *minima* Cleve-Euler]

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1986), pl. 34, fig. 7.

Dimension: long. = 16–17 μm , larg. = 3–4 μm .

Écologie: Euryhalobe (mésahalobe et euhalobe), alcaliphile, épipélique. Présente dans les eaux saumâtres et les eaux côtières de l'Atlantique, ainsi que dans les eaux méditerranéennes.

Site: IRC.

Note taxonomique: Incertitude dans l'identification car stries non visibles (débris sur la lame).

Navicula sp. [aff. *obsoleta* Hustedt] (Figs 39–41)

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1986), p. 231, pl. 76, figs 17–20. Simonsen (1987), p. 268, pl. 397, fig. 20.

Dimension: long. = 6–8 μm , larg. = 2 μm , stries = 24/10 μm .

Écologie: Espèce aérophile, épiphyte des mousses.

Site: IRC.

Note taxonomique: Forme apicale plus arrondie que *Navicula obsoleta*.

Navicula tenelloides Hustedt (Figs 42–45)

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1986), p. 117, pl. 38, figs 16–20.

Dimension: long. = 12–14 μm , larg. = 2.5 μm , stries = 21/10 μm .

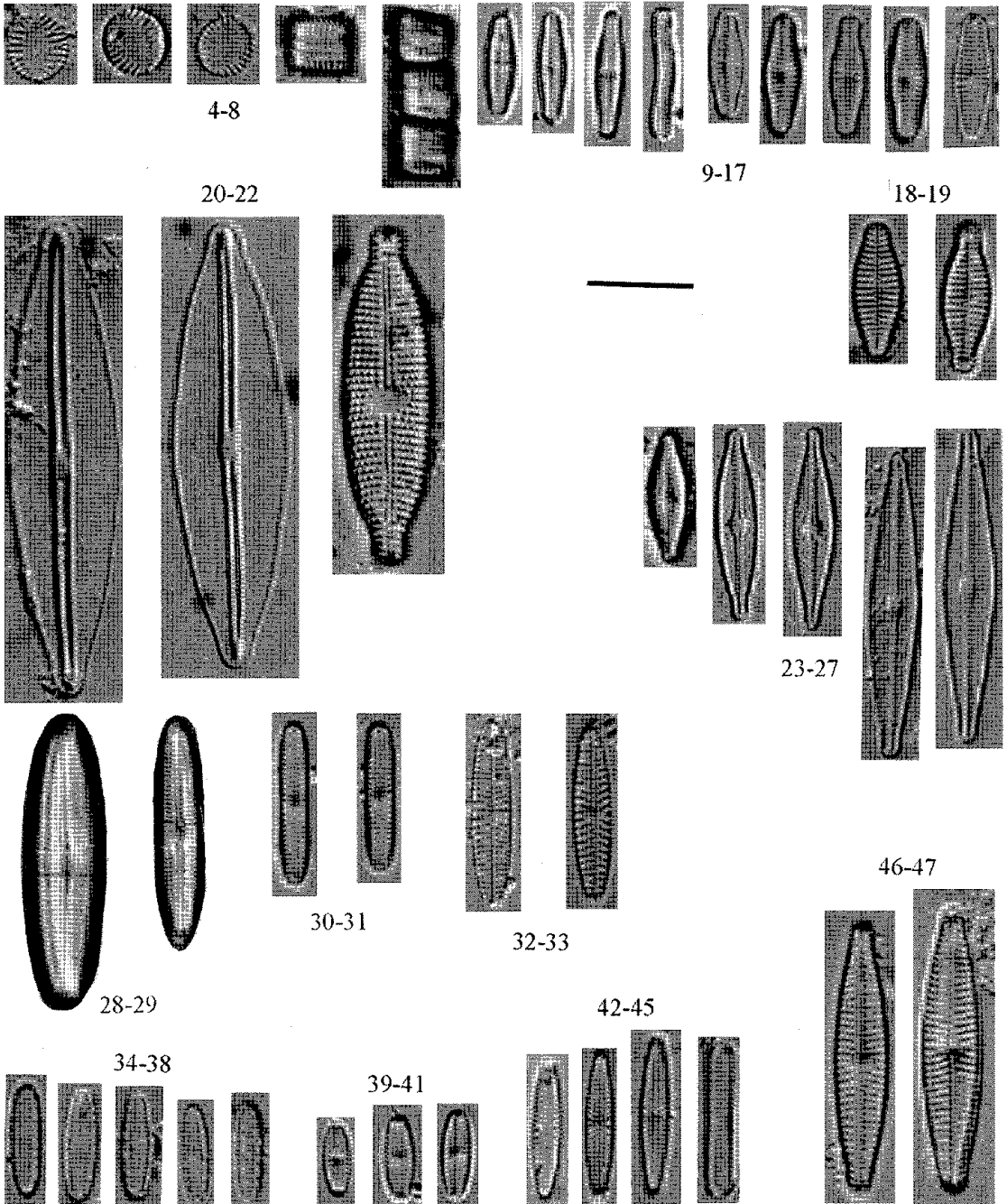
Écologie: Oligohalobe, alcaliphile, périphytique, aérophile, retrouvée dans des sources, ruisseaux, sur sol humide et sur les mousses.

Sites: ISL 1, IRC.

Navicula sp. 7 (Figs 46, 47)

Dimension: long. = 24–26 μm , larg. = 4–5 μm , stries = 15–16/10 μm .

Site: IRC.



Figs 4-8. *Melosira cataractarum*. **Figs 9-12.** *Achnanthes minutissima*. **Figs 13-17.** *Achnanthes minutissima* var. *jackii*. **Figs 18, 19.** *Achnanthes pericava*. **Figs 20, 21.** *Frustulia rhomboides* var. *crassinervia*. **Fig. 22.** *Mastogloia smithii* var. *lacustris*. **Figs 23-27.** *Brachysira microcephala*. **Figs 28, 29.** *Caloneis bacillum*. **Figs 30, 31.** *Navicula* sp. [aff. *begerii*]. **Figs 32, 33.** *Navicula digitoradiata* var. *minima*. **Figs 34-38.** *Diadesmis gallica*. **Figs 39-41.** *Navicula* sp. [aff. *obsoleta*]. **Figs 42-45.** *Navicula tenelloides*. **Figs 46, 47.** *Navicula* sp. 7. Échelle = 10 µm. Scale bar = 10 µm.

Pinnularia Ehrenberg

***Pinnularia* sp. [aff. *anglica* (Cleve) Krammer] (Figs 48–50)**

Synonyme: *P. interrupta* sensu Cleve (1895) dans Krammer (1992).

Référence: Krammer (1992), p. 109, pl. 40, figs 15–20.

Dimension: long. = 32–46 μm , larg. = 6–7 μm , stries = 13/10 μm .

Écologie: Oligophobe (halophobe), répertoriée dans des milieux marécageux, à très faible concentration en électrolytes.

Sites: JAP1, JAP2.

Notes taxonomiques: Aire centrale plus large que *Pinnularia anglica*. Ressemblance avec *P. brauniana* (Grunow) Mills (voir Krammer (1992), p. 117, pl. 112, fig. 13), espèce qui montre beaucoup d'affinité avec des formes associées à *P. mesoleptalanglica*, aussi affinité avec *P. mayeri* (Krammer 1992). *Pinnularia* sp. [aff. *anglica*] est possiblement la même espèce que celle décrite par Negoro (1944), soit *P. braunii* var. *amphicephala* (A. Mayer) Hustedt. À noter que cette espèce a déjà été répertoriée dans des sources thermales de la Slovaquie (Reháková 1976).

***Pinnularia kneuckerii* Hustedt (Figs 58–60)**

Références: Krammer (1992), p. 78, pl. 12, fig. 15. Simonsen (1987), p. 354, pl. 538, figs 16–20.

Dimension: long. = 22–26 μm , larg. = 3–4 μm , stries = 16–18/10 μm .

Écologie: Épipélique, associée aux mousses et aux milieux à concentration moyenne à élevée en électrolytes, répertoriée dans des cascades.

Site: TAK.

***Pinnularia subcapitata* var. *subrostrata* Krammer (Figs 53–57)**

Référence: Krammer (1992), pl. 38, fig. 12.

Dimension: long. = 27–30 μm , larg. = 5–6 μm , stries = 14–16/10 μm .

Écologie: Présente surtout dans des eaux à concentration moyenne en électrolytes, aussi dans les mousses humides et les sphaignes, probablement aérophile.

Site: ISL 2.

***Pinnularia* sp. 1 (Figs 51, 52)**

Dimension: long. = 24–26 μm , larg. = 6 μm , stries = 13–14/10 μm .

Sites: JAP 1, JAP 2.

Amphora Ehrenberg

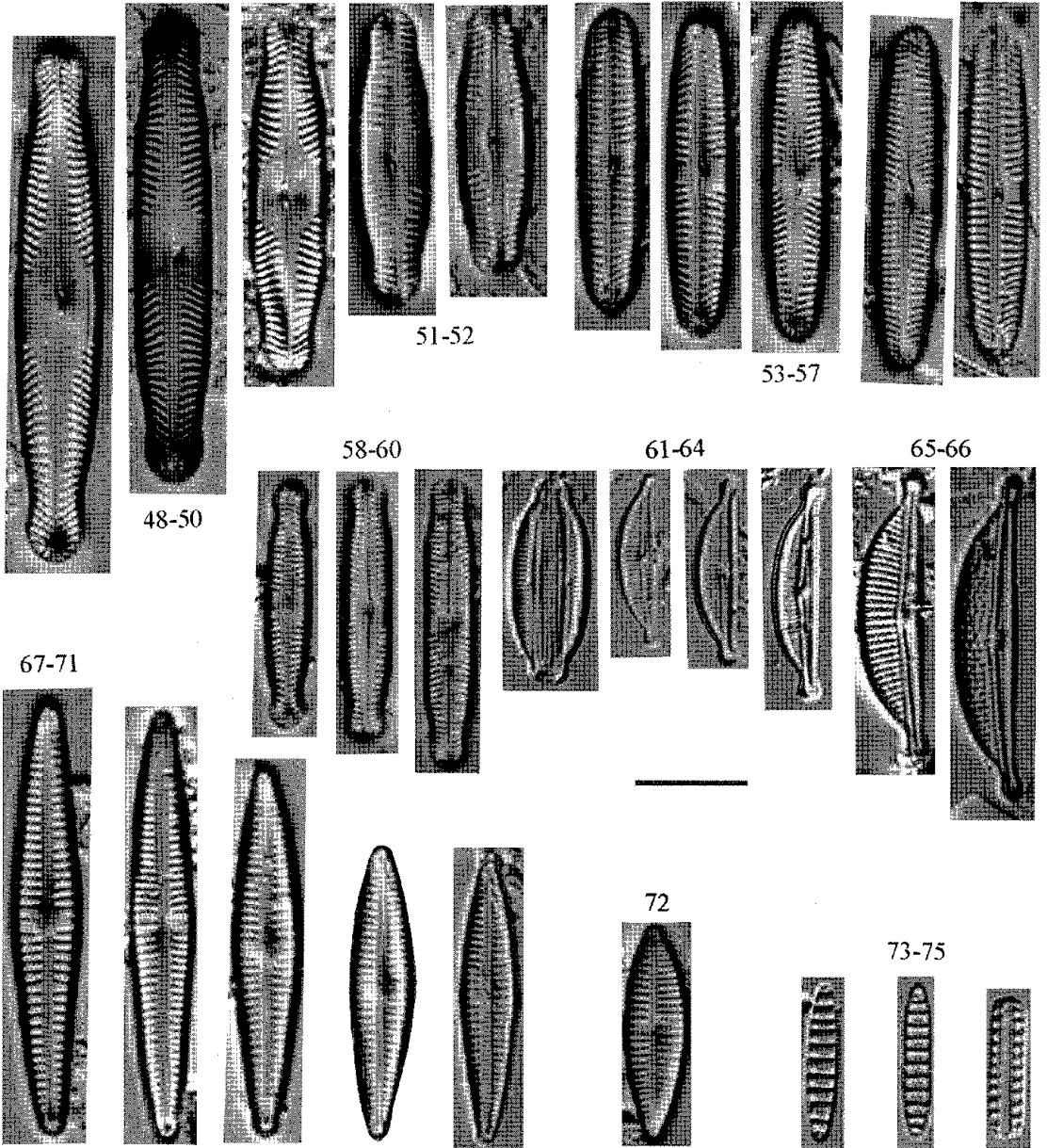
***Amphora coffeaeformis* (Agardh) Kützing (Figs 61–64)**

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1986), p. 348, pl. 151, figs 1–6.

Dimension: long. = 18–19 μm , larg. = 3–4 μm , stries = 22–24/10 μm .

Écologie: Mésohalobe, alcaliphile, épiphytique et épipélique.

Site: IRC.



Figs 48–50. *Pinnularia* sp. [aff. *anglica*]. Figs 51, 52. *Pinnularia* sp. 1. Figs 53–57. *Pinnularia subcapitata* var. *subrostrata*. Figs 58–60. *Pinnularia kneuckerii*. Figs 61–64. *Amphora coffeaeformis*. Figs 65, 66. *Amphora holsatica*. Figs 67–71. *Gomphonema gracile*. Fig. 72. *Gomphonema parvulum*. Figs 73–75. *Denticula subtilis*. Échelle = 10 μ m. Scale bar = 10 μ m.

***Amphora holsatica* Hustedt (Figs 65, 66)**

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1986), p.349, pl. 152, figs 1–6. Simonsen (1987), p. 92, pl. 132, figs 11–16.

Dimension: long. = 24–29 μm , larg. = 5 μm , stries = 14/10 μm .

Écologie: Mésohalobe, alcaliphile, périphytique, retrouvée dans des milieux à concentration élevée en électrolytes, présente dans des milieux subaériens périodiquement inondés.

Site: IRC.

Gomphonema Agardh

***Gomphonema gracile* Ehrenberg (Figs 67–71)**

Références: Krammer & Lange-Bertalot (1986), p. 361, pl. 156, figs 1, 2 et 11. Cumming *et al.* (1995), p. 30, pl. 43, fig. 6.

Dimension: long. = 23–38 μm , larg. = 4–5 μm , stries = 14–18/10 μm .

Écologie: Oligohalobe, alcaliphile (à large étendue de pH), épipsammique, espèce fréquente et largement répandue, préférence pour milieux à faible concentration en nutriments. Présente dans des milieux subaériens périodiquement inondés. Répertoire dans des sources thermales.

Sites: ISL 1, ISL 2.

***Gomphonema parvulum* (Kützing) Grunow (Fig. 72)**

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1986), p. 358, pl. 154, fig. 6.

Dimension: long. = 19 μm , larg. = 5 μm , stries = 15/10 μm .

Écologie: Oligohalobe, circumneutrale (à alcaliphile?), épipsammique, espèce commune, présente dans des environnements subaériens inondés périodiquement.

Sites: ISL 1, ISL 2.

Denticula Kützing

***Denticula subtilis* Grunow (Figs 73–75)**

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1988), p. 140, pl. 96, figs 4–6.

Dimension: long. = 14 μm , larg. = 2 μm , fibules = 8–9/10 μm .

Écologie: Mésohalobe, alcaliphile, épipsammique, présente dans des milieux subaériens inondés périodiquement.

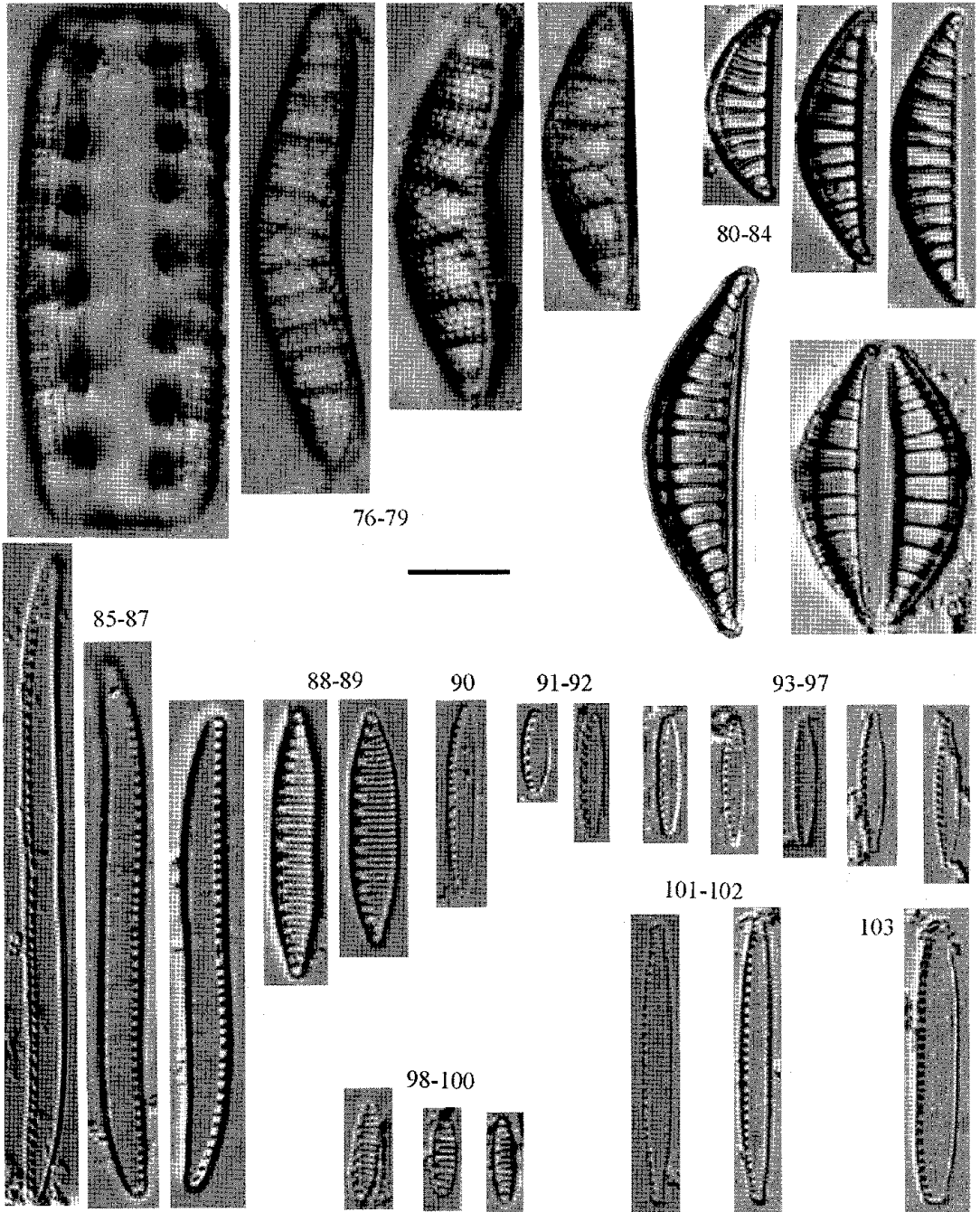
Site: TAK.

Epithemia Brébisson ex Kützing

***Epithemia argus* (Ehrenberg) Kützing (Figs 76–79)**

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1988), p. 147, pl. 102, figs 1,3 et 8.

Dimension: long. = 27–44 μm , larg. = 8–12 μm , côtes = 2–3/10 μm , rangées d'aréoles = 12–15/10 μm .



Figs 76-79. *Epithemia argus*. Figs 80-84. *Rhopalodia operculata*. Figs 85-87. *Nitzschia* sp. [aff. *nana*]. Figs 88, 89. *Nitzschia amphibia*. Fig. 90. *Nitzschia frustulum*. Figs 91, 92. *Nitzschia* sp. [aff. *inconspicua*]. Figs 93-97. *Nitzschia perminuta*. Figs 98-100. *Nitzschia* sp. [aff. *valdestriata*]. Figs 101, 102. *Nitzschia* sp. [aff. *suchlandtii*]. Fig. 103. *Nitzschia communis*. Échelle = 10 μ m. Scale bar = 10 μ m.

Écologie: Oligohalobe, alcaliphile, cosmopolite, légèrement aérophile, présente dans des ruisseaux, sources, suintements rocheux ainsi que dans des milieux à concentration moyenne en électrolytes.

Site: TAK.

Rhopalodia O. Müller

***Rhopalodia gibba* (Ehrenberg) O. Müller**

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1988), p. 159, pl. 111, fig. 1.

Écologie: Oligohalobe, alcaliphile, cosmopolite, épiphytique, connue dans des suintements rocheux (schistes) et dans des milieux à conductivité élevée. Répertoire dans des sources thermales.

Site: TAK.

***Rhopalodia operculata* (Agardh) Håkansson (Figs 80–84)**

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1988), p. 165, pl. 115, figs 9–11.

Dimension: long. = 18–34 μm , larg. = 6–8 μm , côtes = 5–6/10 μm , aréoles = 20/10 μm .

Écologie: Espèce connue dans des eaux à forte concentration en électrolytes, retrouvée dans d'autres sources thermales et sources d'eau minérale.

Sites: ISL1, ISL 2, IRC.

Nitzschia Hassall

***Nitzschia amphibia* Grunow (Figs 88, 89)**

Références: Krammer & Lange-Bertalot (1988), p. 108, pl. 78, fig. 16. Cumming *et al.* (1995), p. 29, pl. 36, figs 17–19.

Dimension: long. = 22–26 μm , larg. = 4 μm , fibules = 6–8/10 μm , stries = 16–18/10 μm .

Écologie: Oligohalobe, alcaliphile, épiphytique et épipsammique, présente dans des habitats subaériens humides. Répertoire dans des sources thermales.

Site: ISL 1.

***Nitzschia communis* Rabenhorst (Fig. 103)**

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1988), p. 110, pl. 79, fig. 4.

Dimension: long. = 26 μm , larg. = 3.5 μm , fibules 14/10 μm .

Écologie: Oligohalobe, subaérienne, répertoriée dans des sources désertiques et dans des milieux riches en électrolytes.

Site: ISL1.

***Nitzschia frustulum* (Kützing) Grunow (Fig. 90)**

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1988), p. 94, pl. 68, figs 2–6.

Dimension: long. = 18 μm , larg. = 2.5 μm , fibules = 15/10 μm .

Écologie: Euryhalobe (indifférente à halophile), alcaliphile, périphytique (épipsammique), présente dans des milieux subaériens humides.

Sites: TAK, ISL1.

***Nitzschia* sp. [aff. *inconspicua* Grunow] (Figs 91, 92)**

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1988), p. 95, pl. 69, figs 4–7.

Dimension: long. = 8–12 μm , larg. = 2–2.5 μm , fibules = 12/10 μm , stries = 24–27/10 μm .

Écologie: Mésahalobe, espèce assez commune.

Site: IRC.

Note taxonomique: Forme légèrement différente en comparaison avec *Nitzschia inconspicua*.

***Nitzschia* sp. [aff. *nana* Grunow] (Figs 85–87)**

Synonyme: *Nitzschia obtusa* var. *nana* (Grunow dans Van Heurck 1881) Van Heurck 1885.

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1988), p. 26, pl. 17, figs 4–8.

Dimension: long. = 45–61 μm , larg. = 3.5 μm , fibules = 10–12/10 μm .

Écologie: Mésahalobe, alcaliphile, épiphytique, associée à des milieux qui subissent un assèchement fréquent.

Sites: ISL 1, ISL 2, IRC.

Note taxonomique: Forme légèrement différente en comparaison avec *Nitzschia nana*.

***Nitzschia perminuta* (Grunow) M. Peragallo (Figs 93–97)**

Référence: Krammer & Lange-Bertalot (1988), p. 99, pl. 72, figs 3–5, 22.

Dimension: long. = 11–14 μm , larg. = 2 μm , fibules = 12–15/10 μm , stries = 24–27/10 μm .

Écologie: Euryhalobe (oligohalobe à mésahalobe), alcaliphile, benthique, présente dans des eaux à concentration faible à moyenne en électrolytes.

Sites: TAK, ISL1.

***Nitzschia* sp. [aff. *valdestriata* Aleem & Hustedt] (Figs 98–100)**

Références: Krammer & Lange-Bertalot (1988), p. 121, pl. 84, figs 9–11. Simonsen (1987), p. 367, pl. 551, figs 9–13.

Dimension: long. = 7–9 μm , larg. = 2 μm , fibules = 9–12/10 μm , stries = 16–18/10 μm .

Écologie: non précisée.

Site: ISL 2

Note taxonomique: Forme légèrement différente en comparaison avec *Nitzschia valdestriata*.

***Nitzschia* sp. [aff. *suchlandtii* Hustedt] (Figs 101, 102)**

Références: Krammer & Lange-Bertalot (1988), p. 93, pl. 66, figs 12–15. Simonsen (1987), p. 313, pl. 471, figs 17–23.

Dimension: long. = 26–27 μm , larg. = 2.5–3 μm , fibules = 12/10 μm .

Écologie: non précisée.

Site: IRC.

Note taxonomique: Nombre de fibules moins élevé et forme légèrement moins capitée en comparaison avec *Nitzschia suchlandtii*.