

ALGUES D'EAU DOUCE DE PORTO ALEGRE, BRÉSIL

II. PEUPLEMENTS PHYTOPLANCTONIQUES

Iara Maria Franceschini*

RESUME

Les peuplements phytoplanctoniques de six réservoirs d'eau de Porto Alegre (Brésil) ont été étudiés au cours de la période d'avril 1986 à janvier 1987.

*L'analyse semi-quantitative du phytoplancton a permis d'estimer les abondances relatives des espèces ainsi que les taxons dominants des différents peuplements algaux étudiés. En plus, elle a permis d'obtenir des données sur la dynamique, l'évolution saisonnière et la structure des peuplements phytoplanctoniques pour chaque station de récolte, ainsi que de comparer les milieux entre eux et de déterminer des associations spécifiques. Parmi les espèces les plus abondantes dans les six milieux considérés, **Scenedesmus quadricauda** est celle qui présente la plus large amplitude de tolérance aux facteurs écologiques. Le lago Moinhos de Vento présente la diversité spécifique moyenne la plus forte alors que le lago Acorianos a la plus faible. Le lago Chinês est le milieu à diversité spécifique la plus stable. Les groupements et les affinités entre les stations et les espèces les plus abondantes ont été calculés à l'aide de la classification hiérarchique et par l'application de l'analyse factorielle des correspondances (AFC). Les résultats montrent que les six stations sont composées par des peuplements algaux ayant, en général, peu d'affinités les uns avec les autres. Ceux de l'arroio Dilúvio et du lago Moinhos de Vento sont constitués principalement de Cyanophycées, d'Euglénophytes et de Chlorophytes, celui du lago Acorianos presque exclusivement de Chlorophytes, tandis que ceux du rio Guaíba, du lago Gaúcho et du lago Chinês sont plus diversifiés, formés surtout de Cyanophycées, de Pyrrhophytes (Dinophycées), de Chrysophycées, de Diatomophycées et de Chlorophytes. L'arroio Dilúvio, le lago*

* Departamento de Botânica - UFRGS
Av. Paulo Gama, s/n
90049-000 Porto Alegre, RS - Brasil

Moinhos de Vento et le lago Chinês sont les milieux qui possèdent les communautés algales les mieux individualisées.

ABSTRACT

Phytoplankton communities of six freshwater bodies of Porto Alegre (Brazil) were studied from April 1986 to January 1987.

*Semi-quantitative analysis of phytoplankton allowed us to estimate the relative abundances of the species and dominant taxa in different algae communities. Moreover, the dynamic, seasonal evolution and structure of phytoplankton communities were studied in each station. A comparison between the stations and determination of specific associations were made as well. Among the most abundant species, **Scenedesmus quadricauda** shows the widest range of tolerance to the ecological conditions. Lago Moinhos de Vento presents the highest average specific diversity, whereas lago Açorianos has the lowest. Lago Chinês is the station with the most stable specific diversity. Relationships and affinities between the stations and the most abundant species were calculated by means of hierarchical classification and factorial analysis of correspondences (FAC). The results reveal, in general, a low affinity between the algae communities composing the six stations. The phytoplankton communities of arroio Dilúvio and lago Moinhos de Vento are mainly composed by Cyanophyceae, Euglenophyta and Chlorophyta; that of lago Açorianos is represented almost exclusively by Chlorophyta, while those of rio Guaíba, lago Gaúcho and lago Chinês are more diversified, being composed particularly by Cyanophyceae, Pyrrhophyta (Dinophyceae), Chrysophyceae, Diatomophyceae and Chlorophyta. Arroio Dilúvio, lago Moinhos de Vento and lago Chinês are the stations showing the most individualized algae communities.*

RESUMO

As comunidades fitoplânticas de seis coleções d'água de Porto Alegre (Brasil) foram estudadas durante o período de abril 1986 a janeiro 1987.

*A análise semi-quantitativa do fitoplâncton permitiu estimar-se a abundância relativa das espécies bem como os táxons dominantes nas diferentes comunidades estudadas. Possibilitou ainda o estudo da dinâmica, evolução estacional e estrutura das comunidades fitoplânticas em cada estação de coleta, bem como a comparação entre os ambientes e a determinação de associações específicas. Dentre as espécies mais abundantes nas seis estações estudadas, **Scenedesmus quadricauda** é a que apresenta a maior amplitude de tolerância aos fatores ecológicos. O lago Moinhos de Vento apresenta a mais alta diversidade específica média, enquanto o lago Açorianos mostra a mais baixa. O lago Chinês é o meio que apresenta a diversidade específica mais estável. Os grupos e as afinidades entre as estações e as espécies mais abundantes foram calculados por meio da classificação hierárquica e da análise fatorial de*

correspondências (AFC). Os resultados mostram que as seis estações são compostas por comunidades algais que apresentam, em geral, poucas afinidades umas com as outras. As do arroio Dilúvio e do lago Moinhos de Vento são constituídas, principalmente, de *Cyanophyceae*, de *Euglenophyta* e de *Chlorophyta*, a do lago Açorianos quase exclusivamente de *Chlorophyta*, enquanto que as do rio Guaíba, lago Gaúcho e lago Chinês são mais diversificadas, formadas sobretudo de *Cyanophyceae*, de *Pyrrhophyta* (*Dinophyceae*), de *Chrysophyceae*, de *Diatomophyceae* e de *Chlorophyta*. Arroio Dilúvio, lago Moinhos de Vento e lago Chinês são os meios que possuem as comunidades fitoplanctônicas mais individualizadas.

MOTS-CLES: Peuplements phytoplanctoniques, Porto Alegre, Brésil.

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	165
2. MATERIEL ET METHODES.....	165
3. DYNAMIQUE ET EVOLUTION SAISONNIERE DU PHYTOPLANTON	166
3.1. Station 1 - ARROIO DILUVIO.....	166
3.2. Station 2 - LAGO MOINHOS DE VENTO.....	167
3.3. Station 3 - LAGO AÇORIANOS.....	167
3.4. Station 4 - RIO GUAIBA	168
3.5. Station 5 - LAGO GAUCHO	168
3.6. Station 6 - LAGO CHINES.....	169
4. TAXONS DOMINANTS ET CONDITIONS ECOLOGIQUES	169
5. STRUCTURE DES PEUPLEMENTS PHYTOPLANCTONIQUES.....	173
5.1. L'indice de diversité spécifique	173
5.2. Evolution de la diversité spécifique dans les stations	174
5.2.1. Station 1 - ARROIO DILUVIO.....	175
5.2.2. Station 2 - LAGO MOINHOS DE VENTO.....	175
5.2.3. Station 3 - LAGO AÇORIANOS.....	175
5.2.4. Station 4 - RIO GUAIBA	176
5.2.5. Station 5 - LAGO GAUCHO	176
5.2.6. Station 6 - LAGO CHINES.....	176
6. GROUPEMENTS ET AFFINITES ENTRE LES STATIONS ETUDIEES ..	177
7. GROUPEMENTS ET AFFINITES ENTRE LES ESPECES	179
8. ETUDE DES PEUPLEMENTS PHYTOPLANCTONIQUES PAR L'APPLICATION DE L'ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES (AFC)	181
9. CONCLUSIONS GENERALES	184
10. REMERCIEMENTS	186
11. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	186
FIGURES, TABLEAUX	189

1. INTRODUCTION

Dans le but de suivre la variation saisonnière des communautés algales à Porto Alegre, durant la période d'avril 1986 à janvier 1987, nous avons entrepris l'étude semi-quantitative des algues phytoplanctoniques provenant de différents réservoirs d'eau de cette ville et de ses environs immédiats.

Au cours de ce travail, ont été collectées les informations permettant l'étude de la dynamique, de l'évolution saisonnière et de la structure des peuplements phytoplanctoniques pour chaque station de récolte, ainsi que la comparaison des milieux entre eux et la détermination des associations spécifiques.

La situation géographique de la ville de Porto Alegre, la localisation des stations de récolte ainsi que les caractéristiques physiques et chimiques des milieux étudiés ont été précédemment décrites par FRANCESCHINI (1992).

2. MATERIEL ET METHODES

Les récoltes d'algues phytoplanctoniques ont été faites à l'aide d'un filet de 25 µm de vide de maille, dans six stations, durant les mois d'avril 1986 à janvier 1987, suivant une périodicité à peu près bimestrielle.

L'étude semi-quantitative du phytoplancton a été réalisée par comptage des organismes entre lame et lamelle, à l'objectif 40. Les préparations destinées aux comptages ont été faites après homogénéisation du matériel.

Pour chacune des récoltes contenant le phytoplancton, 400 individus ont été comptés; quand les populations algales étaient particulièrement abondantes (en raison de la prolifération de quelques espèces dans certaines stations) ce nombre a été doublé et, même, triplé, afin de mieux préciser les fréquences relatives des espèces les moins abondantes.

Lorsque la distinction entre deux espèces était difficile à l'objectif 40, un deuxième comptage concernant seulement ces deux taxons était fait à l'immersion sur 50 ou 100 spécimens, afin de connaître l'abondance de l'un par rapport à l'autre; le résultat était ensuite utilisé pour calculer l'abondance relative de chacune de ces deux espèces dans l'ensemble du prélèvement.

Toute cellule, colonie, cénobe ou filament a été comptabilisé comme étant un individu; lorsque des thalles d'une espèce coloniale se trouvaient à l'état dissocié (comme, par exemple, ceux de *Synura australiensis*), les cellules isolées ont été comptées; la valeur obtenue a été divisée par le nombre

moyen de cellules composant la colonie ou le thalle intact, afin d'estimer le nombre d'individus dans la récolte.

Les résultats finaux des effectifs sont exprimés en pourcentage.

3. DYNAMIQUE ET EVOLUTION SAISONNIERE DU PHYTOPLANCTON

L'analyse semi-quantitative des peuplements phytoplanctoniques, tout au long des prélèvements, a permis de suivre la dynamique et l'évolution saisonnière des communautés algales dans chacune des stations étudiées.

Les pourcentages des espèces composant les peuplements et de leurs groupes taxinomiques respectifs, ont été calculés d'après les effectifs répertoriés dans chacun des prélèvements.

Les groupes systématiques concernés sont les suivants: Cyanophycées, Euglénophytes, Pyrrhophytes, Chrysophycées, Xanthophycées, Diatomophycées et Chlorophytes.

Les résultats concernant la dynamique et l'évolution saisonnière des différents groupes du phytoplancton, ainsi que les espèces les plus abondantes (=dominantes) dans chacune des stations, sont ainsi présentés pour chaque milieu étudié.

3.1. Station 1 - ARROIO DILUVIO

Les Cyanophycées constituent le groupe taxinomique dominant en avril avec 47,50%, juin avec 71,10%, août avec 72,11% et janvier avec 69,73%; **Oscillatoria chlorina** est l'espèce la plus abondante en avril (37,40%) et en juin (50,0%); **Oscillatoria rubescens** en août (17,20%) et en janvier (26,0%), accompagnée, durant ce dernier mois, d'**Oscillatoria splendida** (22,0%). En avril, les Cyanophycées sont suivies de près par les Euglénophytes qui représentent 43,0% du peuplement algal, lorsque **Euglena oxyuris** var. **charkowiensis** est la deuxième espèce dominante de la communauté algale avec un pourcentage de 22,90%. En juin, août et janvier, le deuxième groupe le plus abondant du peuplement est représenté par les Chlorophytes, avec des pourcentages respectifs de 20,40%, 25,61% et 22,13%.

Au mois d'octobre, les Chlorophytes atteignent le pourcentage de 43,45%, étant donc le groupe prédominant, les Cyanophycées ne correspondant qu'à 35,0% et les Euglénophytes à 21,55%.

Ensuite, en décembre, les Euglénophytes, avec 91,78%, deviennent le groupe nettement le plus abondant du peuplement et **Lepocinclis salina** fo.

constitue l'espèce prédominante, avec un pourcentage de 52,50% des taxons répertoriés (fig. 1).

3.2. Station 2 - LAGO MOINHOS DE VENTO

Au cours des prélèvements effectués d'avril jusqu'à octobre, les Euglénophytes représentent le groupe taxinomique prédominant. En avril, elles atteignent même le pourcentage de 100,0%, lorsque **Lepocinclis salina**, l'espèce la plus abondante du peuplement, a un pourcentage de 90,0%. En juin, les Euglénophytes atteignent 56,50% et sont suivies par les Cyanophycées avec 29,0% et les Chlorophytes avec 14,50%. Au mois d'août, leur pourcentage s'élève à 82,92%, **Lepocinclis salina** étant, une fois de plus, l'espèce dominante de la communauté algale avec 58,90%. En octobre, finalement, les Euglénophytes représentent 48,41% de l'ensemble du peuplement, les Cyanophycées venant ensuite avec 29,62% et les Chlorophytes avec 18,26%.

Au mois de décembre, les Cyanophycées prédominent avec un pourcentage de 44,33%, suivies par les Chlorophytes avec 37,19%; les autres groupes taxinomiques du peuplement sont présents à des pourcentages bien plus faibles. **Merismopedia tenuissima**, avec 25,20%, constitue l'espèce la plus abondante.

En janvier, les Chlorophytes atteignent 48,63%, constituant donc le groupe dominant de cette communauté algale; les Euglénophytes viennent ensuite, avec un pourcentage de 34,0% (fig. 2).

3.3. Station 3 - LAGO AÇORIANOS

Le peuplement de ce lac est caractérisé par une forte abondance des Chlorophytes. En effet, elles constituent le groupe nettement dominant durant toute l'année d'études, avec des pourcentages qui varient de 98,75% en avril jusqu'à 100,0% en août (fig. 3).

Dans tous les prélèvements, **Scenedesmus quadricauda** est l'espèce la plus abondante du peuplement, étant présente à des pourcentages qui varient de 35,10% en octobre à 91,0% en avril. Les taxons qui viennent ensuite sont les suivants: **Scenedesmus oahuensis**, avec un pourcentage de 28,80% en juin, **Coelastrum polychordum**, avec 22,30% en août et **Staurastrum avicula**, avec 31,80% en octobre.

3.4. Station 4 - RIO GUAIBA

Les Diatomophycées constituent le groupe taxinomique le plus abondant en avril et en août, avec des pourcentages respectifs de 69,80% et de 73,92%; elles sont suivies par les Chlorophytes qui présentent dans cette station un pourcentage de 17,20% en avril et de 10,24% en août.

Les Chlorophytes dominent dans les quatre autres prélèvements. En juin, elles représentent 65,04% et sont suivies par les Diatomophycées avec 20,71%. En octobre, les pourcentages des Chlorophytes et des Diatomophycées sont presque les mêmes, avec 36,45% et 36,22% respectivement. Au mois de décembre, les algues vertes atteignent 78,07% de l'ensemble du peuplement, les Chrysophycées venant ensuite avec 11,35%. Finalement, en janvier, les Chlorophytes représentent 66,13% du total des algues répertoriées; elles sont alors suivies des Cyanophycées, avec 13,44% (fig. 4).

Les taxons suivants constituent les espèces les plus abondantes dans chacun des prélèvements effectués:

Aulacoseira granulata: 47,80% en avril;

Scenedesmus quadricauda: 44,60% en juin; 29,90% en décembre; 47,0% en janvier;

Rhizosolenia eriensis: 64,70% en août; 34,60% en octobre.

3.5. Station 5 - LAGO GAUCHO

Les Cyanophycées représentent le groupe taxinomique dominant en avril avec un pourcentage de 78,68%, étant suivies des Chlorophytes, avec 15,07%. **Cylindrospermopsis raciborskii** est, au cours de ce mois, l'espèce la plus abondante, avec un pourcentage assez élevé: 75,50%.

Les Chlorophytes dominent en juin, octobre, décembre et en janvier. Elles atteignent des pourcentages assez importants en juin (86,65%) et en octobre (92,66%); **Scenedesmus quadricauda** (45,90% en juin) et, surtout, **Closterium gracile** (84,70% en octobre) sont particulièrement abondants dans ces prélèvements. En décembre, les Chlorophytes constituent 38,46% de l'ensemble du peuplement, étant suivies par les Cyanophycées avec 25,28% et les Chrysophycées avec 22,09%. Ensuite, en janvier, leur pourcentage atteint 45,07%, celui des Cyanophycées 27,16% et celui des Diatomophycées 25,76%. **Scenedesmus quadricauda** constitue l'espèce la plus abondante en décembre (27,20%) et en janvier (34,60%), étant accompagnée, durant ce dernier mois, par **Aulacoseira ambigua** (21,0%).

En août, les Chrysophycées sont nettement prédominantes, représentant 77,52% de l'ensemble des algues répertoriées; elles sont suivies par les

Chlorophytes, avec un pourcentage de 21,72%. **Dinobryon sertularia** (53,25%) et **Synura australiensis** (23,0%) constituent les deux espèces les plus abondantes de ce prélèvement (fig. 5).

3.6. Station 6 - LAGO CHINES

Ce lac est caractérisé par une dominance des Chlorophytes en avril, où elles atteignent un pourcentage de 59,81%. Elles sont suivies par les Pyrrhophytes, qui représentent alors 26,34% de l'ensemble du peuplement.

Les Diatomophycées dominent de juin à octobre et, ensuite, en janvier. En juin, elles représentent 72,10% de l'ensemble algal, suivies ensuite par les Chrysophycées avec 12,72%. En août, les Diatomophycées représentent 60,90% de l'ensemble des algues répertoriées, avec, derrière elles, les Chrysophycées (15,48%) et les Pyrrhophytes (13,12%). Au mois d'octobre, elles atteignent 50,13%, alors que les Pyrrhophytes ne représentent que 29,92% et les Chlorophytes seulement 12,82%. Finalement, en janvier, les Diatomophycées prédominent avec un pourcentage de 57,65%, les Pyrrhophytes avec 32,58%, étant le deuxième groupe le plus abondant.

En décembre, les Pyrrhophytes sont les plus abondantes, avec 45,02%; elles sont suivies des Diatomophycées dont le pourcentage est de 39,10% (fig. 6).

Les espèces prédominantes dans cette station, durant les différents mois de récolte, sont les suivantes:

Scenedesmus quadricauda: 35,0% en avril;

Peridiniopsis oculata: 25,60% en avril; 29,20% en octobre; 42,50% en décembre; 30,50% en janvier;

Fragilaria sp.: 37,0% en juin; 30,0% en août; 31,85% en octobre; 30,0% en janvier;

Fragilaria pinnata: 38,70% en juin; 30,0% en août; 26,50% en janvier.

Sur le tableau 1 figurent les abondances relatives des différents groupes systématiques composant les peuplements phytoplanctoniques de chaque milieu étudié.

4. TAXONS DOMINANTS ET CONDITIONS ECOLOGIQUES

Au cours de cette étude, nous avons pu constater que la prédominance de chacun des groupes taxinomiques signalé ci-avant (Cyanophycées, Euglénophytes, Pyrrhophytes, Chrysophycées, Diatomophycées et Chlorophytes),

pour chaque prélèvement effectué, était souvent due à l'abondance particulière d'une ou de deux espèces composant ces peuplements (espèces dominantes ou codominantes).

En effet, lors des prélèvements sur le terrain, nous avons constaté une coloration des eaux, tout au long de l'année, aux lagos Açorianos (station 3) et Gaúcho (station 5), en raison d'une prolifération algale.

Du fait que les algues sont étroitement liées au milieu et compte tenu de leur sensibilité aux variations des conditions biotiques et abiotiques de ce milieu, elles sont souvent utilisées comme critère de la qualité des eaux.

Nous trouvons donc intéressant de signaler ici les conditions physiques et chimiques optimales sous lesquelles certaines espèces se trouvaient particulièrement abondantes (soit à des pourcentages supérieurs à 20,0%) dans les milieux étudiés et qui ont, sans doute, favorisé leur prolifération.

Ainsi, parmi les Cyanophycées et les Euglénophytes, nous observons que:

- **Oscillatoria chlorina** est spécialement abondante à l'arroio Dilúvio en avril et, surtout, en juin, lorsque les conditions physiques et chimiques du milieu sont respectivement les suivantes: T eau: 19,0; 15,1° C; Transp.: 0,21; 0,15 m; Conduc.: 100; 72 µS; O₂ dissous: 2,20; 5,00 mg.l⁻¹; pH: 7,10; 5,65; PO₄: 5,93; 89,65 µg.l⁻¹; N-NO₃: 0,09; 0,11mg.l⁻¹; SiO₂: 11,25; 7,60 mg.l⁻¹; Alcal.: 0,80; 0,50 meq.l⁻¹; DCO: 6,48; 7,20 mgO₂.l⁻¹;

- **Euglena oxyuris** var. **charkowiensis** est, après **Oscillatoria chlorina**, la deuxième espèce la plus abondante du peuplement à l'arroio Dilúvio en avril, sous les conditions physiques et chimiques signalées ci-dessus;

- **Lepocinclis salina** fo. est l'espèce prédominante à l'arroio Dilúvio en décembre, sous les conditions écologiques suivantes: T eau: 22,6° C; Transp.: 0,30 m; Conduc.: 170 µS; O₂ dissous: 0,80 mg.l⁻¹; pH: 6,37; PO₄: 61,43 µg.l⁻¹; N-NO₃: 0,06 mg.l⁻¹; SiO₂: 8,50 mg.l⁻¹; Alcal.: 0,85 meq.l⁻¹; DCO: 31,74 mhO₂.l⁻¹;

- **Oscillatoria rubescens** et **O. splendida** sont les deux espèces codominantes à l'arroio Dilúvio en janvier, lorsque: T eau: 24,2° C; Transp.: 0,18 m; Conduc.: 190 µS; O₂ dissous: 5,80 mg.l⁻¹; pH: 6,31; PO₄: 64,88 µg.l⁻¹; N-NO₃: 0,01 mg.l⁻¹; SiO₂: 6,50 mg.l⁻¹; Alcal.: 0,85 meq.l⁻¹; DCO: 141,98 mgO₂.l⁻¹;

Oscillatoria rubescens apparaît souvent en fleurs d'eau dans certains lacs en Europe. Selon BARBE (1983), parfois elle peut potentiellement proliférer au détriment des autres espèces et représenter probablement le signe d'un état d'eutrophie.

- **Lepocinclis salina** est l'espèce la plus abondante dans le lago Moinhos de Vento en avril et en août, lorsque les conditions physiques et chimiques du milieu sont respectivement les suivantes: T eau: 19,8; 17,5°C; Transp.: 0,12; 0,20 m; Conduc.: 145; 250 µS; O₂ dissous: 4,20; 10,20 mg.l⁻¹; pH: 7,00;

6,80; PO4: 237,12; 25,84 µg.l⁻¹; N-NO3: 0,17; 0,06 mg.l⁻¹; SiO2: 21,00; 9,00 mg.l⁻¹; Alcal.: 0,40; 0,90 meq.l⁻¹; DCO: 20,88; 17,42 mgO2.l⁻¹;

Selon RINO (1979), **Lepocinclus salina** présente une grande tolérance aux différents facteurs physiques et chimiques. En Afrique, il l'a trouvée dans des eaux faiblement oligosaprobes, β et α -mésosaprobes.

- **Cylindrospermopsis raciborskii** est l'espèce dominante dans le lago Gaúcho en avril, lorsque: T eau: 24,2°C; Transp.: 0,38 m; Conduc.: 105 µS; O2 dissous: 10,20 mg.l⁻¹; pH: 6,90; PO4: 37,70 µg.l⁻¹; N-NO3: 0,21 mg.l⁻¹; SiO2: 7,50 mg.l⁻¹; Alcal.: 0,20 meq.l⁻¹; DCO: 21,60 mgO2.l⁻¹.

Parmi les Chlorophytes,

- **Scenedesmus quadricauda** est l'espèce dominante dans le lago Açoianos durant toute l'année d'étude; elle est aussi l'espèce la plus abondante dans le rio Guaíba et le lago Gaúcho en juin, en décembre et en janvier, et dans le lago Chinês en avril. L'amplitude de variation de chacune des données physiques et chimiques sous lesquelles cette espèce a été trouvée particulièrement abondante sont alors les suivantes: T eau: 16,8-33,°C; Transp.: 0,22-0,48 m; Conduc.: 53-140 µS; O2 dissous: 2,70-12,40 mg.l⁻¹; pH: 4,80-9,00; PO4: 2,80-199,95 µg.l⁻¹; N-NO3: 0,00-0,44 mg.l⁻¹; SiO2: 2,50-10,20 mg.l⁻¹; Alcal.: 0,20-0,80 meq.l⁻¹; DCO: 7,20-103,82 mgO2.l⁻¹;

Scenedesmus quadricauda est ainsi l'espèce dominante dans 36,1% de l'ensemble des prélèvements effectués; cette microalgue est donc, parmi les espèces les plus abondantes de ces peuplements, celle qui présente la plus large amplitude de tolérance aux facteurs écologiques étudiés. Nous trouvons intéressant de reproduire ici les observations faites à propos de l'auto-écologie de cette espèce par RINO (1979). Selon cet auteur, "parmi les espèces du genre **Scenedesmus**, **S. quadricauda** est celle dont les renseignements de nature écologique sont les plus nombreux, ce qui est peut-être dû au rassemblement sous ce nom de plusieurs unités taxinomiques indépendantes. D'ordinaire cette espèce est considérée comme largement tolérante à la pollution organique (Palmer, 1969) et préférentielle des milieux α - β -mésosaprobes ou même polysaprobes (Fjerdingstad, 1950)". Dans son travail sur les algues d'eau douce du sud du Mozambique (Afrique), Rino l'a trouvée accidentellement sous des conditions de α -mésosaprobie.

- **Scenedesmus oahuensis** est particulièrement abondant dans le lago Açoianos en juin, lorsque: T eau: 17,4°C; Conduc.: 90 µS; O2 dissous: 6,20 mg.l⁻¹; pH: 6,60; PO4: 69,87 µg.l⁻¹; N-NO3: 0,44 mg.l⁻¹; SiO2: 9,50 mg.l⁻¹; Alcal.: 0,20 meq.l⁻¹; DCO: 10,40 mgO2.l⁻¹;

Il semble que **Scenedesmus oahuensis** "préfère les eaux peu minéralisées, peu polluées, pauvres en calcium et en potassium" (RINO, 1979).

- **Coelastrum polychordum** est spécialement abondant dans le lago Açoianos en août, lorsque: T eau: 18,5°C; Conduc.: 90 µS; O2 dissous: 10,40

mg.l^{-1} ; pH: 6,40; PO₄: 19,91 $\mu\text{g.l}^{-1}$; N-NO₃: 0,07 mg.l^{-1} ; SiO₂: 8,00 mg.l^{-1} ; Alcal.: 0,30 meq. l^{-1} ; DCO: 11,88 mgO₂. l^{-1} ;

- **Staurastrum avicula** prolifère bien dans le lago Açorianos en octobre, sous les conditions physiques et chimiques suivantes: T eau: 23,9°C; Conduc.: 99 μS ; O₂ dissous: 8,50 mg.l^{-1} ; pH: 6,84; PO₄: 37,03 $\mu\text{g.l}^{-1}$; N-NO₃: 0,00 mg.l^{-1} ; SiO₂: 4,50 mg.l^{-1} ; Alcal.: 0,30 meq. l^{-1} ; DCO: 17,81 mgO₂. l^{-1} ;

- **Closterium gracile** est nettement dominant dans le lago Gaúcho en octobre, lorsque: T eau: 20,2°C; Transp.: 0,40 m; Conduc.: 80 μS ; O₂ dissous: 7,40 mg.l^{-1} ; pH: 7,48; PO₄: 66,66 $\mu\text{g.l}^{-1}$; N-NO₃: 0,00 mg.l^{-1} ; SiO₂: 7,00 mg.l^{-1} ; Alcal.: 0,30 meq. l^{-1} ; DCO: 35,62 mgO₂. l^{-1} .

D'après RINO (1979), **Closterium gracile** est largement tolérante aux variations du pH, étant signalée dans des milieux acides (pH 4,8-6,0) mais préférant le plus souvent les eaux alcalines ou même fortement alcalines (pH jusqu'à 9,2); elle est aussi très tolérante à l'égard des taux en matières organiques et des variations de la minéralisation globale. Cette espèce a été trouvée dans des eaux oligotrophes jusqu'à eutrophes.

Si on considère les Chrysophycées, nous observons que:

- **Dinobryon sertularia** et **Synura australiensis** sont les deux taxons les plus abondants dans le lago Gaúcho en août, sous les conditions abiotiques suivantes: T eau: 17,6°C; Conduc.: 161 μS ; O₂ dissous: 9,50 mg.l^{-1} ; pH: 6,80; PO₄: 13,97 $\mu\text{g.l}^{-1}$; N-NO₃: 0,07 mg.l^{-1} ; SiO₂: 5,00 mg.l^{-1} ; Alcal.: 0,20 meq. l^{-1} ; DCO: 14,26 mgO₂. l^{-1} .

Dinobryon sertularia est une espèce très tolérante aux variations du pH et de la température, et a déjà été observée sous des conductivités électriques variant de 8 à 220 μS (RINO, 1979). En Afrique, cet auteur l'a trouvée dans des milieux proches de l'oligosaprobie et intermédiaires entre l'oligosaprobie et mésosaprobie.

Et, finalement, en ce qui concerne les Diatomophycées et les Pyrrhophytes:

- **Rhizosolenia eriensis** est particulièrement abondante dans le rio Guaíba en août et en octobre, sous les conditions abiotiques respectives: T eau: 16,8; 21,2°C; Transp.: 0,39; 0,37 m; Conduc.: 100; 59 μS ; O₂ dissous: 9,40; 6,20 mg.l^{-1} ; pH: 7,80; 6,66; PO₄: 63,41; 129,62 $\mu\text{g.l}^{-1}$; N-NO₃: 0,13; 0,03 mg.l^{-1} ; SiO₂: 10,00; 9,00 mg.l^{-1} ; Alcal.: 0,35; 0,40 meq. l^{-1} ; DCO: 7,92; 24,29 mgO₂. l^{-1} ;

Rhizosolenia eriensis est une espèce bien répandue, étant déjà apparue dans des lacs oligotrophes et eutrophes (HUBER-PESTALOZZI, 1942).

- **Aulacoseira granulata** est l'espèce prédominante dans le rio Guaíba en avril, sous les conditions physiques et chimiques suivantes: T eau: 22,6°C; Transp.: 0,32 m; Conduc.: 60 μS ; O₂ dissous: 7,10 mg.l^{-1} ; pH: 6,10; PO₄:

67,70 µg.l⁻¹; N-NO₃: 0,14 mg.l⁻¹; SiO₂: 11,25 mg.l⁻¹; Alcal.: 0,40 meq.l⁻¹; DCO: 8,64 mgO₂.l⁻¹;

- **Aulacoseira ambigua** prolifère bien dans le lago Gaúcho en janvier, lorsque: T eau: 29,8°C; Transp.: 0,43 m; Conduc.: 100 µS; O₂ dissous: 9,40 mg.l⁻¹; pH: 8,30; PO₄: 79,89 µg.l⁻¹; N-NO₃: 0,01 mg.l⁻¹; SiO₂: 3,00 mg.l⁻¹; Alcal.: 0,20 meq.l⁻¹; DCO: 103,82 mgO₂.l⁻¹;

A partir des observations faites dans certaines rivières d'Europe, GERMAIN (1981) considère **Aulacoseira granulata** et **A. ambigua** comme des espèces sensibles à la pollution.

- **Fragilaria** sp. apparaît soit comme l'espèce dominante soit comme l'une des plus abondantes dans le lago Chinês de juin jusqu'à octobre et ensuite en janvier, sous des conditions physiques et chimiques qui varient de: T eau: 15,4-29,5°C; Conduc.: 82-150 µS; O₂ dissous: 4,70-7,90 mg.l⁻¹; pH: 4,30-6,70; PO₄: 12,00-355,02 µg.l⁻¹; N-NO₃: 0,01-0,11 mg.l⁻¹; SiO₂: 1,50-5,80 mg.l⁻¹; Alcal.: 0,15-0,20 meq.l⁻¹; DCO: 6,40-160,30 mgO₂.l⁻¹;

- **Fragilaria pinnata** fait partie des espèces les plus abondantes dans le lago Chinês en juin, août et janvier; les limites de variation des conditions abiotiques sous lesquelles elle prolifère bien sont les mêmes signalées précédemment à propos de **Fragilaria** sp., à l'exception de celles concernant la conductivité: 90-150 µS et la silice: 1,50-3,50 mg.l⁻¹;

- **Peridiniopsis oculata** est l'espèce dominante dans le lago Chinês en décembre; elle fait aussi partie des taxons les plus abondants en avril, octobre et janvier. L'amplitude de variation des conditions physiques et chimiques de ce milieu sont alors les suivantes: T eau: 22,4-29,5°C; Conduc.: 82-183 µS; O₂ dissous: 4,10-7,40 mg.l⁻¹; pH: 4,80-6,06; PO₄: 2,80-355,02 µg.l⁻¹; N-NO₃: 0,01-0,10 mg.l⁻¹; SiO₂: 2,50-5,80 mg.l⁻¹; Alcal.: 0,15-0,30 meq.l⁻¹; DCO: 7,20-160,30 mgO₂.l⁻¹.

5. STRUCTURE DES PEUPLEMENTS PHYTOPLANCTONIQUES

5.1. L'indice de diversité spécifique

Les indices de diversité spécifique, calculés selon la formule de Margaleff ou de Shannon, expriment la structure d'un peuplement et la façon dont les individus sont répartis entre les diverses espèces qui composent ce peuplement (DAGET, 1979).

Ainsi, le degré de diversité d'une communauté sera déterminé par le nombre d'espèces présentes et par l'équilibre du partage des effectifs ou de la biomasse entre ces espèces (CARDINAL, 1981).

L'indice choisi ici est celui de Shannon (SHANNON & WEAVER, 1949). Il peut être calculé sur les effectifs de chaque espèce (ILTIS, 1974b; RINO, 1979; DEHBI-ZEBBOUDJ, 1989; IZAGUIRRE et al., 1990) ou sur la biomasse (ou sur les biovolumes cellulaires, plasmiques ou pigmentaires) de chacun des taxons présents dans les peuplements (ILTIS, 1974b; 1977a; 1977b; RINO, 1979; CARDINAL, 1981; ILTIS, 1984).

Sa formule est la suivante:

$$I = 3,322 [\log Q - 1/Q \sum q_i \log q_i],$$

dont

I : indice de Shannon

Q : nombre total d'individus

q_i : nombre d'individus de l'espèce i

L'indice de Shannon a été calculé ici sur les effectifs, les résultats étant exprimés en bits (abréviation de binary digit) par individus.

Les taxons dont l'effectif, dans l'échantillon, représentait moins de 0,5% du total d'individus comptabilisés n'ont pas été pris en compte dans le calcul de l'indice. En fait, les effectifs des espèces les plus rares influencent très peu la valeur de la diversité spécifique et leur exclusion des calculs ne modifie pas, de façon significative, le résultat final (DAGET, 1979).

Les diversités spécifiques estimées d'après la valeur de l'indice de Shannon, pour les six stations de récolte, ainsi que les moyennes trouvées, sont reportées dans le tableau 2.

5.2. Evolution de la diversité spécifique dans les stations

Les variations des indices de diversité relatifs aux prélèvements effectués dans une même communauté, à différents moments, reflètent les modifications de la structure de ce peuplement et permettent donc de suivre son évolution durant une certaine période ou un cycle de durée déterminée (DAGET, 1979).

Les valeurs les plus élevées de la diversité spécifique sont atteintes lorsque les effectifs, la biomasse ou les biovolumes sont distribués de façon équilibrée dans un nombre relativement important d'espèces (RINO, 1979). De même, les valeurs les plus basses de la diversité sont enregistrées lorsqu'une ou deux espèces sont très largement dominantes.

En effet, dans l'ensemble de prélèvements, les valeurs les plus faibles ont été trouvées quand une seule espèce était présente à des pourcentages égaux ou supérieurs à 90,0%, comme nous le verrons par la suite.

L'évolution de la diversité spécifique dans chacune des stations étudiées est montrée dans ce qui suit, à partir des données du tableau 2.

5.2.1. Station 1 - ARROIO DILUVIO

La diversité varie de 2,28 bits en décembre à 3,94 bits en octobre, la moyenne pour la période étudiée étant de 3,05 bits.

En décembre, le mois où la diversité spécifique est la plus faible, ***Lepocinclus salina*** fo. est l'espèce dominante, représentant 52,50% de l'ensemble d'individus du peuplement; de même, 16 taxons sont répertoriés à des pourcentages égaux ou supérieurs à 0,5%.

En octobre, le mois où la diversité est la plus forte, la répartition des individus parmi les espèces est plus équilibrée; le nombre de taxons présents à des pourcentages significatifs est aussi relativement plus élevé: 26 taxons.

5.2.2. Station 2 - LAGO MOINHOS DE VENTO

L'indice de diversité spécifique varie de 0,47 bit à 4,29 bits, la moyenne trouvée étant de 3,14 bits.

La diversité la plus faible est observée en avril, en raison de la prédominance particulière d'une espèce sur les autres, à savoir, ***Lepocinclus salina***, avec un pourcentage de 90,0%; seulement trois taxons, ici, sont présents à des pourcentages significatifs.

La diversité la plus forte est enregistrée en janvier, où 37 taxons sont présents à des pourcentages égaux ou supérieurs à 0,5%.

Pour l'ensemble des prélèvements effectués, cette station est celle qui présente la diversité spécifique moyenne la plus forte, avec des écarts importants par rapport à celle-ci ($\sigma = 1,37$).

5.2.3. Station 3 - LAGO AÇORIANOS

Les indices de diversité se situent entre 0,45 bit et 2,48 bits, la moyenne calculée étant de 1,55 bits.

La valeur la plus faible est observée en avril, alors que ***Scenedesmus quadricauda*** représente 91,0% de l'ensemble du peuplement; seulement trois taxons sont alors présents à des pourcentages significatifs.

La diversité la plus forte est atteinte en octobre, où 13 taxons sont présents à des pourcentages égaux ou supérieurs à 0,5%.

Pour l'ensemble des prélèvements effectués, le lago Açorianos est la station qui présente une communauté algale à diversité spécifique moyenne la plus faible.

5.2.4. Station 4 - RIO GUAIBA

La diversité spécifique varie de 2,03 bits à 3,40 bits, la moyenne trouvée étant de 2,79 bits.

La diversité la plus faible est observée en août, moment où **Rhizosolenia eriensis** (64,70%) est l'espèce qui prédomine sur un ensemble de 14 taxons.

La diversité la plus forte est atteinte en décembre, avec 24 taxons présents avec des pourcentages significatifs.

Malgré la grande richesse taxinomique de cette station, comme nous l'avons signalé auparavant dans l'analyse floristique (FRANCESCHINI, 1993), les indices trouvés ci-dessus ne la classent pas comme la station à diversité spécifique la plus forte. Cela est probablement dû au nombre assez élevé d'espèces rares qui composent ce peuplement tout au long des prélèvements.

5.2.5. Station 5 - LAGO GAUCHO

L'indice de diversité spécifique varie de 0,97 bit en octobre à 2,92 bits en décembre; la moyenne trouvée est de 2,06 bits.

En octobre, **Closterium gracile** (84,70%) atteint un pourcentage très élevé sur un ensemble de neuf taxons répertoriés, intervenant donc dans la valeur assez faible de la diversité.

En décembre, les effectifs entre les espèces étant plus équilibrés, la diversité spécifique est relativement plus forte; treize taxons sont signalés avec des pourcentages significatifs.

Ce lac constitue la deuxième station à faible diversité spécifique.

5.2.6. Station 6 - LAGO CHINES

Les indices de diversité se situent entre 2,13 bits en juin et 2,97 bits en avril, la moyenne étant de 2,47 bits.

Treize taxons atteignent des pourcentages significatifs en juin, le mois où la diversité spécifique est la plus faible.

En avril, le mois où la diversité est la plus élevée, 21 taxons sont répertoriés avec des pourcentages égaux ou supérieurs à 0,5%.

Ce lac constitue la station à diversité spécifique la plus stable ($\sigma = 0,28$), celle-ci se situant toujours aux alentours de 2,0 bits.

Les variations saisonnières de l'indice de diversité spécifique dans les milieux étudiés sont reportées dans la figure 7.

6. GROUPEMENTS ET AFFINITES ENTRE LES STATIONS ETUDIEES

A partir des peuplements phytoplanctoniques inventoriés dans les six stations, nous avons essayé de regrouper ces stations et de mettre en évidence les affinités entre les différents milieux étudiés. Dans ce but, les distances entre les relevés ont été calculées à l'aide d'une classification hiérarchique, pour aboutir à une matrice et regrouper entre elles les stations ayant un même type de peuplement.

Cinquante taxons, correspondants aux espèces les plus abondantes ($\geq 0,5\%$) et présentes dans un minimum de cinq prélèvements ou plus, ont été pris en considération.

Une matrice de 35 sur 35 a été ainsi obtenue; les valeurs des distances variant entre 1375,00 et 10785,71, sont présentées ici divisées par 10000. Cette matrice a été interprétée sous forme de dendrogramme, afin de permettre la visualisation des affinités entre les relevés (fig. 8).

Sur la figure 8 nous pouvons délimiter, premièrement, deux groupes principaux de relevés bien reliés entre eux: le A et le B.

Le groupe (A), le plus important, englobe un ensemble de 15 prélèvements effectués dans les stations 3 (lago Açorianos), 4 (rio Guaíba), 5 (lago Gaúcho) et 6 (lago Chinês). Ce groupe est caractérisé par la présence de **Scedesmus quadricauda** soit comme l'espèce dominante (3AV à 5JU, 5JA, 5DE et 3AO), soit comme une des espèces les plus abondantes (4OC, 4AV et 5AV) des peuplements. De même, nous pouvons y identifier un sous-groupe constitué des prélèvements 4AV, 5AV, 5JA et 5DE, qui peut s'expliquer par la présence d' **Aulacoseira ambigua** parmi les espèces les plus abondantes de ces peuplements.

Le second groupe (B) englobe cinq prélèvements effectués à la station 6 (lago Chinês): 6DE à 6OC, dont **Fragilaria** sp. et **F. pinnata** sont les espèces dominantes du peuplement. Les relevés de ce lac, à part celui du mois d'avril (6AV), sont ainsi bien reliés entre eux; ils se rattachent aussi aux relevés du groupe A, mais à un niveau plus bas.

Ensuite, le relevé 4DE, concernant le prélèvement effectué en décembre dans la station 4 (rio Guaíba), se relie aux groupes A et B, mais à un niveau plus faible.

En plus de ces deux ensembles principaux, quatre autres groupes moins importants, concernant alors les stations 1 (arroyo Dilúvio) et 2 (lago Moinhos de Vento), peuvent être identifiés: le C, le D, le E et le F.

Le groupe C englobe les prélèvements effectués dans la station 1 (arroyo Dilúvio) en avril (1AV) et en juin (1JU) et peut être expliqué par la dominance d'*Oscillatoria chlorina* dans cette station au cours de ces deux mois de récolte. Le groupe F relie les prélèvements d'août (1AO) et de janvier (1JA) effectués dans l'arroyo Dilúvio: *Oscillatoria rubescens*, *O. tenuis* et *O. splendida* sont alors les trois espèces dominantes du peuplement.

Les deux autres relevés de la station 1 (1DE et 1OC) se rattachent respectivement aux groupes E et F à des niveaux assez bas.

Les groupes D et E sont ceux qui relient les prélèvements effectués à la station 2 (lago Moinhos de Vento) au cours de cinq mois de récolte. Le premier groupe (D) est constitué des relevés 2JA, 2DE et 2OC; il ne s'explique que par la présence de *Pediastrum duplex* parmi les taxons les plus abondants du peuplement. Le second groupe (E) englobe les prélèvements 2AV et 2AO, qui sont caractérisés par la prédominance de *Lepocinclis salina* sur l'ensemble du peuplement.

Le relevé 2JU, concernant aussi la station 2, ne se rattache pas aux six groupes principaux cités ci-dessus.

Finalement, les prélèvements 4AO, 5AO et 5OC, de même que le 2JU, sont ceux qui se situent les plus à l'écart de cette classification hiérarchique; ils constituent ainsi des peuplements phytoplanctoniques pratiquement sans affinités entre eux et avec les autres peuplements inventoriés.

Il apparaît, donc, que les regroupements entre les relevés se font à partir des espèces les plus abondantes, présentes dans un minimum de deux prélèvements ou plus; de même, plus l'espèce dominante est fréquente parmi les peuplements, plus le regroupement entre ceux-ci est important (voir groupe A).

De ce fait, il nous semble difficile d'établir des affinités entre les stations. Le lago Chinês, l'arroyo Dilúvio et le lago Moinhos de Vento apparaissent comme des milieux assez particuliers, pratiquement indépendants des autres stations, le lago Chinês étant celui qui se montre le plus individualisé.

Les autres stations, le lago Açorianos, le rio Guaíba et le lago Gaúcho, sont celles qui apparaissent les plus liées entre elles, en raison d'une abondance particulière d'une Chlorophycée (*Scenedesmus quadricauda*) commune à ces trois milieux.

Les peuplements phytoplanctoniques qui caractérisent chaque milieu étudié ainsi que les codes respectifs des prélèvements effectués figurent dans les tableaux 3 à 8.

7. GROUPEMENTS ET AFFINITES ENTRE LES ESPECES

De la même façon que pour les stations, les affinités interspécifiques ont été calculées entre les 50 espèces les plus abondantes ($\geq 0,5\%$) présentes au moins dans cinq prélèvements ou plus. Le but était de mettre en évidence les groupements spécifiques existants et d'évaluer les niveaux d'association entre les différents taxons.

Nous avons ainsi obtenu une matrice de 49 sur 49; les valeurs des distances, variant entre 1129,00 et 11339,57, sont présentées ici divisées par 10000. Cette matrice a été interprétée sous forme de dendrogramme (fig. 9), permettant la visualisation des affinités interspécifiques.

La représentation graphique de la classification hiérarchique des espèces (fig. 9) laisse apparaître dix groupements distincts.

Les groupes D et F sont les plus importants; chacun d'eux englobe, respectivement, neuf et dix taxons bien reliés entre eux.

Le groupe D est constitué de *Staurastrum gracile*, *Scenedesmus quadricauda*, *S. lefevrei*, *Coelastrum microporum*, *Staurodesmus mamillatus*, *Pediastrum simplex*, *Scenedesmus oahuensis*, *Coelastrum polychordum* et *Scenedesmus armatus*; cette association algale caractérise bien le peuplement phytoplanctonique de la station 3 (lago Açorianos), la plupart de ces espèces étant aussi fréquentes dans les stations 5 (lago Gaúcho) et 4 (rio Guaíba).

Synura spp. est reliée au groupe D, mais à un niveau plus bas.

Le groupe F englobe les taxons suivants: *Oscillatoria chlorina*, *Euglena oxyuris* var. *charkowiensis*, *Trachelomonas* cf. *volvocina-volvocinopsis*, *Oscillatoria mougeotii*, *O. rubescens*, *O. tenuis*, *O. splendida*, *Cosmarium quadrum* var. *minus*, *Oedogonium* spp. et *Pleurotaenium trabecula*; ce groupement, assez individualisé sur la figure 9, caractérise bien le peuplement algal de la station 1 (arroio Dilúvio).

Le troisième ensemble plus important, le G, est constitué de *Lyngbya digueti*, *L. kuetzingii*, *Phacus curvicauda*, *P. tortus*, *Lepocinclis salina* et *Phacus pleuronectes*; de même que le groupe F précédent, celui-ci est, lui aussi, bien individualisé et caractérise, à son tour, le peuplement phytoplanctonique de la station 2 (lago Moinhos de Vento).

Ensuite, le groupement E concerne l'association de **Spirogyra** spp., **Pericliniopsis oculata**, **Pediastrum tetras**, **Fragilaria** sp. et **F. pinnata**; ces espèces sont bien typiques de la communauté algale de la station 6 (lago Chinês).

Six autres groupes moins importants, formant chacun des associations de deux ou trois espèces seulement, peuvent être ensuite signalés.

Le groupe A englobe l'association de **Microcystis aeruginosa** et **Aulacoseira ambigua**; il se relie ensuite au groupe B, constitué de **Mallomonas** spp. et de **Rhipidodendron huxleyi**, à un niveau qui est relativement haut. Puis, relié à ces deux groupes, mais à un niveau un peu plus bas, nous trouvons le groupement C qui englobe l'association de **Coelastrum sphaericum**, **Pediastrum boryanum** et **Kirchneriella lunaris**. En effet, la plupart de ces espèces sont présentes, d'une façon plus ou moins associées entre elles, dans les stations 5 (lago Gaúcho), 6 (lago Chinês), 4 (rio Guaíba) et 3 (lago Açorianos), ce qui peut expliquer les affinités entre les trois groupes (A, B, et C) à des niveaux pas trop bas.

Finalement, les groupes H, I et J correspondent aux trois dernières associations observées sur le dendrogramme.

Ainsi, le groupe H englobe **Trachelomonas volvocinopsis**, **Mougeotia** spp. et **Chlamydomonas** sp. Le groupe I ne relie que deux espèces: **Eudorina elegans** et **Pandorina morum**, de même que le J, qui réunit **Lyngbya autumnalis** et **L. corium**; ces deux derniers groupes caractérisent le peuplement de la station 4 (rio Guaíba) et le premier, ceux de la station 2 (lago Moinhos de Vento). Ces trois associations sont bien individualisées et ne se rattachent entre elles et aux autres groupes qu'à des niveaux très bas.

Staurastrum brachioprominens fo., **Dinobryon sertularia**, **Pediastrum duplex**, **Euglena** spp. et **Closterium gracile** sont les taxons les moins reliés et donc les plus indépendants de cette classification hiérarchique.

A partir de ces données sur les associations interspécifiques, on peut constater que chacun des groupements spécifiques qui apparaissent en premier lieu, caractérise le plus souvent une station de récolte déterminée. Les associations du lago Açorianos, lago Chinês, arroio Dilúvio et lago Moinhos de Vento sont les plus distinctes, les affinités entre les taxons qui les composent étant assez nettes. Parmi ces quatre associations, celles qui sont typiques de l'arroio Dilúvio et du lago Moinhos de Vento sont les mieux individualisées et possèdent le moins d'affinités avec les autres.

Les associations spécifiques I et J, qui caractérisent le rio Guaíba, sont bien distinctes aussi et indépendantes.

Enfin, les groupements d'espèces qui caractérisent les lagos Chinês et Açorianos montrent une certaine liaison entre eux et ceux du lago Gaúcho, mais à des niveaux très bas.

Sur le tableau 9 figurent les noms et les codes respectifs des espèces qui font partie de cette étude.

8. ETUDE DES PEUPLEMENTS PHYTOPLANCTONIQUES PAR L'APPLICATION DE L'ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES (AFC)

Après avoir essayé de regrouper les stations et de rechercher les affinités entre elles, ainsi que de déterminer les associations spécifiques à l'aide d'une classification hiérarchique, l'analyse factorielle des correspondances a été utilisée ici pour compléter ces informations aussi bien que pour établir les relations entre les différentes associations d'algues et les divers groupes de prélèvements.

Cette méthode est exposée de façon détaillée par Benzecri et al. (in ROUX & REYSSAC, 1975).

D'après ILTIS (1977a), "son principal avantage est, après comparaison des profils spécifiques, l'inscription sur un même graphique des relevés et des espèces rendant compte des relations réciproques existant entre les relevés et leurs composants spécifiques. De plus, la représentation de la position des relevés en même temps que celle des taxons sur le graphique obtenu en fin de calculs permet de mieux évaluer les affinités entre les relevés, la méthode des dendrogrammes ... ayant le défaut de masquer certaines ressemblances entre les récoltes peut-être aussi intéressantes que celles mises en évidence".

La représentation d'une AFC est donc faite sous forme de graphiques, obtenus à la fin des calculs sur ordinateur; ils permettent d'interpréter plus facilement les résultats obtenus précédemment. L'interprétation des graphiques tend à délimiter les groupements d'espèces et des relevés ainsi qu'à déterminer la signification des axes (ILTIS, 1974a).

Ce sont les premiers axes qui fournissent le plus d'informations, le premier graphique demandé étant donc, en général, celui du premier plan factoriel formé par les deux premiers axes (DERVIN, 1990).

Les groupements des relevés et des espèces ont été recherchés ici sur le plan des axes 1 et 2 puis 1 et 3. Pour des raisons de clarté du graphique, le plan des axes 3 et 4 a été utilisé ensuite pour la position simultanée des relevés et des taxons.

L'analyse factorielle des correspondances a été appliquée sur le total des 36 prélèvements effectués, en considérant seulement les espèces les plus abondantes, soit 50 taxons.

Les pourcentages d'inertie expliquée par les cinq premiers axes sont les suivants:

axe 1 = 13,9%

axe 2 = 12,7%

axe 3 = 11,4%

axe 4 = 9,8%

axe 5 = 6,8%

Total = 54,6%,

la diminution de l'information est donc très progressive. Les deux premiers axes n'expliquent que 26,6% de la variance totale, les trois premiers 38,0%, les cinq premiers axes 54,6%. Selon ILTIS (1974a), les valeurs faibles des premiers axes sont dues, en partie, au nombre élevé d'espèces qui constituent les peuplements. C'est ainsi que, d'après REYSSAC & ROUX (1972), Ibanez trouve 58,9% de variance dans les cinq premiers axes pour 30 espèces, tandis que Margalef & Gonzalez Bernaldez ne trouvent que 15% pour 81 espèces, avec quatre vecteurs propres.

Enfin, rappelons que l'AFC conduit non à comparer des valeurs entre elles, mais des profils. Ainsi, deux espèces d'abondances très différentes mais ayant des variations saisonnières très proches, seront séparées par une distance faible; ceci signifie que plus la distance séparant deux espèces est faible, plus on a de chances de les trouver simultanément (REYSSAC & ROUX, 1972; ILTIS, 1974a; ILTIS & ROUX, 1974).

Sur le premier graphique obtenu, à savoir celui du plan factoriel formé par les axes 1 et 2 (fig. 10), deux groupes bien individualisés apparaissent relativement opposés sur l'axe 1 et, de façon encore plus nette, sur l'axe 2. Celui placé à gauche de l'axe 2 comprend les prélèvements effectués dans les stations 1 (arroyo Dilúvio) et 2 (lago Moinhos de Vento) ainsi que les taxons qui caractérisent ces deux peuplements algaux, dont: *Lyngbya kuetzingii*, *L. di-gueti*, *Oscillatoria chlorina*, *O. mougeotii*, *O. rubescens*, *O. splendida*, *O. tenuis*, *Euglena oxyuris* var. *charkowiensis*, *Euglena* spp., *Lepocinclis salina*, *Phacus curvicauda*, *P. pleuronectes*, *P. tortus*, *Trachelomonas cf. volvocina-volvocinopsis*, *T. volvocinopsis*, *Chlamydomonas* sp., *Pedastrum duplex*, *Oedogonium* spp., *Cosmarium quadrum* var. *minus*, *Mougeotia* spp. et *Pleurotaenium trabecula*.

Le regroupement situé à droite de l'axe 2 correspond aux échantillons prélevés aux stations 3 (lago Açorianos), 4 (rio Guaíba), 5 (lago Gaúcho) et 6 (lago Chinês), ainsi qu'aux espèces caractéristiques de ces quatre milieux, soit: *Lyngbya autumnalis*, *L. corium*, *Peridiniopsis oculata*, *Dinobryon*

sertularia, *Mallomonas* spp., *Synura* spp., *Aulacoseira ambigua*, *Fragilaria* sp., *F. pinnata*, *Coelastrum microporum*, *C. polychordum*, *C. sphaericum*, *Eudorina elegans*, *Kirchneriella lunaris*, *Pandorina morum*, *Pediastrum boryanum*, *P. simplex*, *Scenedesmus armatus*, *S. lefevrei*, *S. oahuensis*, *S. quadricauda*, *Staurastrum brachioprominens* fo., *Microcystis aeruginosa*, *Staurastrum gracile* et *Staurodesmus mammillatus*.

D'autres taxons comme *Pediastrum tetras*, *Rhipidodendron huxleyi* et *Spirogyra* spp. apparaissent dans une position intermédiaire sur le graphique; d'après nos observations, ils sont communs à ces deux ensembles.

En plus des deux groupes signalés ci-dessus, nous observons sur la figure 10 deux points voisins: SOC et CLG, isolés du reste du nuage de points; ils correspondent au prélèvement effectué en octobre à la station 5 (lago Gaúcho): SOC et à l'espèce dominante de ce peuplement, c'est à dire **Closterium gracile**: CLG, qui a un pourcentage très élevé.

Sur le second graphique obtenu, celui des axes 1 et 3 (fig. 11), les deux ensembles principaux s'opposent alors sur l'axe 3 et apparaissent un peu plus étirés le long de l'axe 1.

Ensuite, un troisième groupement s'individualise le long de l'axe 3. Il correspond à l'ensemble de prélèvements effectués à la station 6 (lago Chinês), à l'exception de celui du mois d'avril (6AV) qui se rattache toujours aux relevés des stations 3 (lago Açorianos), 4 (rio Guaíba) et 5 (lago Gaúcho); de même, associées à ce groupe de cinq relevés du lago Chinês, nous trouvons trois espèces caractéristiques de ce milieu: **Peridiniopsis oculata**, **Fragilaria** sp. et **F. pinnata**. En effet, dans la majorité des prélèvements effectués dans cette station, ces algues correspondent aux taxons les plus abondants du peuplement.

Les trois espèces communes à ces trois groupements, **Rhipidodendron huxleyi**, **Pediastrum tetras** et **Spirogyra** spp. occupent toujours une position intermédiaire.

Le relevé OC ainsi que l'espèce qui s'y associe, à savoir **Closterium gracile**, se regroupent avec l'ensemble des relevés du lago Açorianos, du rio Guaíba et du lago Gaúcho.

Finalement, la représentation des axes 1 et 3 apporte peu d'informations supplémentaires, la principale étant l'individualisation de la plupart des relevés du lago Chinês, signalée ci-dessus.

Pour compléter cette analyse, nous avons choisi le graphique du plan factoriel 3 et 4. Il est représenté ici sur la figure 12 et montre, de façon bien nette, la distribution simultanée des relevés et des taxons sur les axes 3 et 4, ainsi que la position relative des ensembles les uns par rapport aux autres.

Les relevés et les espèces caractéristiques de l'arroio Dilúvio et du lago Moinhos de Vento se distribuent le long de l'axe 4, tandis que les prélève-

ments et les espèces qui caractérisent les quatre autres milieux étudiés, lago Açorianos, rio Guaíba, lago Gaúcho et lago Chinês, apparaissent étirés le long de l'axe 3, le troisième groupe qui englobe la majorité des prélèvements du lago Chinês étant opposé aux autres relevés sur ce même axe.

En plus de ces trois ensembles, *Spirogyra* spp. et *Pediastrum tetras* apparaissent opposés à *Rhipidodendron huxleyi* sur l'axe 3. En fait, les deux premiers taxons sont communs au lago Moinhos de Vento et au lago Chinês, le dernier étant apparu dans ces deux stations et dans le lago Gaúcho.

Les résultats obtenus ainsi par l'application de l'AFC aux relevés et taxons composant les peuplements des différents milieux étudiés, mettent en évidence que:

- les communautés algales de l'arroyo Dilúvio et du lago Moinhos de Vento se distinguent des peuplements phytoplanctoniques des autres stations étudiées; elles se composent principalement d'espèces de Cyanophycées, d'Euglénophytes et de Chlorophytes;

- les peuplements algaux du lago Açorianos, rio Guaíba, lago Gaúcho et lago Chinês apparaissent regroupés sur les graphiques et sont, donc, plus semblables entre eux. A part le lago Açorianos dont les Chlorophytes sont fort abondantes dans tous les prélèvements, les trois autres milieux sont caractérisés par des peuplements plus diversifiés du point de vue taxinomique que ceux des stations précédentes; en d'autres termes, les communautés algales du rio Guaíba, lago Gaúcho et lago Chinês sont composées surtout par des Cyanophycées, Pyrrhophytes, Chrysophycées, Diatomophycées et Chlorophytes, dont les espèces de Chlorococcales et de Desmidiacées sont les plus abondantes;

- parmi ce deuxième ensemble signalé ci-dessus, le lago Chinês constitue le milieu le plus individualisé, en raison de l'abondance d'une Dinophycée (Pyrrhophytes), *Peridiniopsis oculata* et, principalement, de deux Diatomophycées, *Fragilaria* sp. et *F. pinnata* dans ce peuplement.

Les codes des relevés ainsi que ceux des taxons utilisés dans cette analyse sont les mêmes que ceux employés auparavant dans la classification hiérarchique.

9. CONCLUSIONS GENERALES

Des récoltes d'algues phytoplanctoniques ont été effectuées à Porto Alegre entre avril 1986 et janvier 1987 dans les six stations suivantes: arroyo Dilúvio, lago Moinhos de Vento, lago Açorianos, rio Guaíba, lago Gaúcho et lago Chinês.

En ce qui concerne la dynamique et l'évolution saisonnière des peuplements phytoplanctoniques composant les différents milieux étudiés, on peut observer que:

a) à l'arroio Dilúvio, les Cyanophycées sont les plus abondantes en automne, durant les mois d'hiver et, ensuite, en été. Au printemps, la communauté algale est composée d'une plus forte abondance de Chlorophytes et, à la fin du printemps, ce sont les Euglénophytes qui constituent le groupe nettement dominant;

b) au lago Moinhos de Vento, les Euglénophytes prédominent en automne, durant les mois d'hiver et au printemps. A la fin du printemps, elles sont remplacées par les Cyanophycées et, en été, par les Chlorophytes;

c) au lago Açorianos, la communauté algale est composée presque exclusivement par les Chlorophytes tout au long de l'année d'étude;

d) au rio Guaíba, les Diatomophycées sont les plus abondantes en automne et en hiver. Par contre, au début de l'hiver et, par la suite, durant les mois de printemps et en été, les Chlorophytes sont prédominantes;

e) au lago Gaúcho, les Cyanophycées dominent en automne. Les Chlorophytes, ensuite, sont les plus abondantes au début de l'hiver, durant les mois de printemps et en été, mais elles sont remplacées par les Chrysophytes en hiver, qui sont prépondérantes au mois d'août;

f) au lago Chinês, enfin, les Chlorophytes sont les plus abondantes en automne. Ensuite, les Diatomophycées sont prépondérantes depuis le début de l'hiver jusqu'au printemps et en été, mais, à la fin du printemps, les Pyrrhophytes constituent le groupe le plus abondant.

Parmi les espèces les plus abondantes de ces communautés algales, **Scenedesmus quadricauda** est celle qui présente la plus large amplitude de tolérance aux facteurs écologiques étudiés.

Si on se rapporte maintenant à la structure des différents peuplements phytoplanctoniques analysés, on peut constater que le lago Moirhos de Vento est le milieu à diversité spécifique moyenne la plus forte, soit 3,14 bits. Il est suivi de l'arroio Dilúvio et, ensuite, progressivement, par le rio Guaíba, le lago Chinês, le lago Gaúcho et, enfin, le lago Açorianos. Le lago Açorianos est ainsi le milieu qui présente une communauté algale à diversité spécifique moyenne la plus faible, soit 1,55 bits.

Le lago Chinês constitue la station à diversité spécifique la plus stable, celle-ci se situant toujours aux alentours de 2,0 bits.

A partir du groupement des stations et des espèces à l'aide de la classification hiérarchique ainsi que par l'application de l'analyse factorielle des correspondances (AFC), nous avons pu aboutir aux conclusions suivantes:

a) les six stations étudiées sont composées par des peuplements algaux assez particuliers, pratiquement indépendants les uns des autres; en d'autres

termes, les associations spécifiques observées sont, en premier lieu, celles qui caractérisent une station de récolte déterminée;

b) les peuplements phytoplanctoniques de l'arroio Dilúvio et du lago Moinhos de Vento sont constitués principalement d'espèces de Cyanophycées, d'Euglénophytes et de Chlorophytes. Celui du lago Açorianos est composé presque exclusivement de Chlorophytes, tandis que les communautés algales du rio Guaíba, du lago Gaúcho et du lago Chinês sont plus diversifiées, étant formées surtout de Cyanophycées, de Pyrrhophytes, de Chrysophycées, de Diatomophycées et de Chlorophytes, dont les Chlorococcales et les Desmidiacées sont les plus abondantes;

c) l'arroio Dilúvio, le lago Moinhos de Vento et le lago Chinês paraissent être les milieux les mieux individualisés, chacun d'entre eux étant composé d'une communauté algale ayant ses caractéristiques propres.

10. REMERCIEMENTS

L'auteur remercie vivement Monsieur André ILTIS, Directeur de Recherche à l'O.R.S.T.O.M., pour son orientation lors de la réalisation de ce travail.

11. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BARBE J., 1983 - Ceintures végétales et peuplements planctoniques des lacs de Clairvaux (Jura central). *Ann. Sci. Univ. Franche-Comté, Biol. Vég.*, 4ème sér., 4: 25-35.
- CARDINAL C., 1981 - Composition, évolution et structure des populations phytoplanctoniques du lac de Créteil (Val de Marne) abordées sous différents aspects. Thèse Doct. 3è. Cycle, Université Pierre et Marie Curie, Paris, 128 p.
- COMPÈRE P., 1976 - Algues de la région du lac Tchad. V. Chlorophycophytes (1ère. partie). *Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Hydrobiol.* 10 (2): 77-118.
- DAGET J., 1979 - Les modèles mathématiques en écologie. Paris, Masson & Cie, 172 p.
- DEHBI-ZEBBOUDJ A., 1989 - Les algues dulçaquicoles des Vosges et les pluies acides. Thèse Doct. Université Pierre et Marie Curie, Paris, 233 p.

- DERVIN C., 1990 - Comment interpréter les résultats d'une analyse factorielle des correspondances? Paris, STAT-ITCF, 75 p.
- FJERDINGSTAD E., 1950 - The microflora of the River Molleaa, with special reference to the relation of the benthal Algae to pollution. *Folia Limnol. Scand.* 5: 1-123.
- FRANCESCHINI I.M., 1992 - Algues d'eau douce de Porto Alegre, Brésil (les Diatomophycées exclues). *Bibliotheca Phycologica* 92, 127 p.
- FRANCESCHINI I.M., 1993 - Algues d'eau douce de Porto Alegre, Brésil. I. Composition floristique. *Pesquisas, Bot.* 44:117-161.
- GERMAIN H., 1981 - Flore des Diatomées. Diatomophycées; eaux douces et saumâtres du Massif Armorican et des contrées voisines d'Europe occidentale. Paris, Ed. Boubée, 444 p.
- HUBER-PESTALOZZI G., 1942 - Diatomeen. In: Huber-Pestalozzi G. (Ed.), Das Phytoplankton des Süwwassers. Systematik und Biologie. 2 (2), Stuttgart, E. Schweizerbart, 549 p.
- ILTIS A., 1974a - Le phytoplancton des eaux natronées du Kanem (Tchad). Influence de la teneur en sels dissous sur le peuplement algal. Thèse Doct. Etat es-Sci. Nat., Université Pierre et Marie Curie. n. A.O.9523, Paris, 313 p.
- ILTIS A., 1974b - Phytoplankton des eaux natronées du Kanem (Tchad). VII. Structure des peuplements. *Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Hydrobiol.* 8 (1): 51-76.
- ILTIS A. & ROUX M., 1974 - Phytoplankton des eaux natronées du Kanem (Tchad). IX. Application de l'analyse factorielle des correspondances à l'étude des peuplements. *Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Hydrobiol.* 8 (2): 93-104.
- ILTIS A., 1977a - Peuplements phytoplanktoniques du lac Tchad. I. Stade Tchad normal (février 1971 et janvier 1972). *Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Hydrobiol.* 11 (1): 33-52.
- ILTIS A., 1977b - Peuplements phytoplanktoniques du lac Tchad. II. Stade petit Tchad (avril 1974, novembre 1974 et février 1975). *Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Hydrobiol.* 11 (1): 53-72.
- ILTIS A., 1984 - Biomasses phytoplanktoniques de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Hydrobiologia* 118: 153-175.
- IZAGUIRRE I., DEL GIORGIO P., O'FARRELL I. & TELL G., 1990 - Clasificación de 20 cuerpos de agua andino-patagónicos (Argentina) en base a la estructura del fitoplancton estival. *Cryptogamie, Algol.* 11 (1): 31-46.
- PALMER C.M., 1969 - A composite rating of Algae tolerating organic pollution. *J. Phycol.* 5: 78-82.

- REYSSAC J. & ROUX M., 1972 - Communautés phytoplanctoniques dans les eaux de Côte d'Ivoire. Groupes d'espèces associées. *Mar. Biol.* 13 (1): 14-33.
- RINO J.A., 1979 - Ecologie des algues d'eau douce du sud du Mozambique. Thèse Doct. Etat, Muséum National d'Histoire Naturelle et Université Pierre et Marie Curie, Paris, 362 p.
- ROUX M. & REYSSAC J., 1975 - Essai d'application au phytoplancton marin de méthodes statistiques utilisées en phytosociologie terrestre. *Ann. Inst. Océanogr.* 51 (1): 89-97.
- SHANNON C.E. & WEAVER W., 1949 - The mathematical theory of communication. Urbana, Chicago, Ill., London, Univ. Illinois Press, 125 p.

FIGURES, TABLEAUX

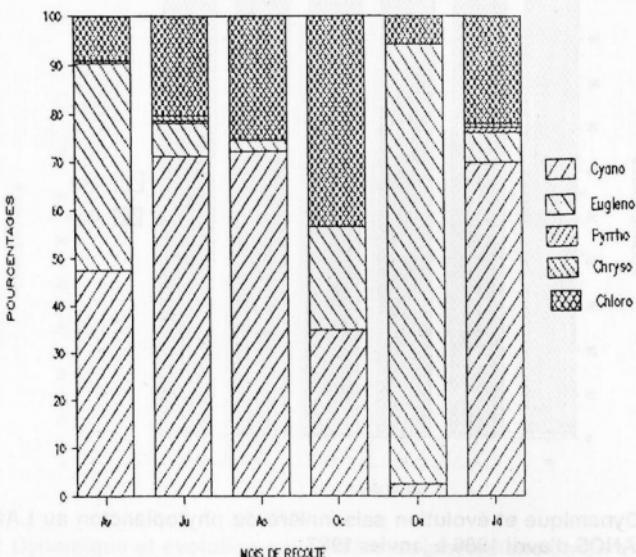


Figure 1: Dynamique et évolution saisonnière du phytoplancton à l'ARROIO DILUVIO d'avril 1986 à janvier 1987.

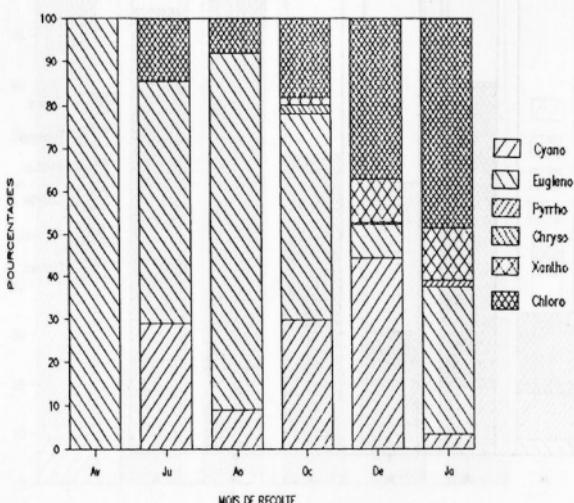


Figure 2: Dynamique et évolution saisonnière du phytoplancton au LAGO MOINHOS DE VENTO d'avril 1986 à janvier 1987.

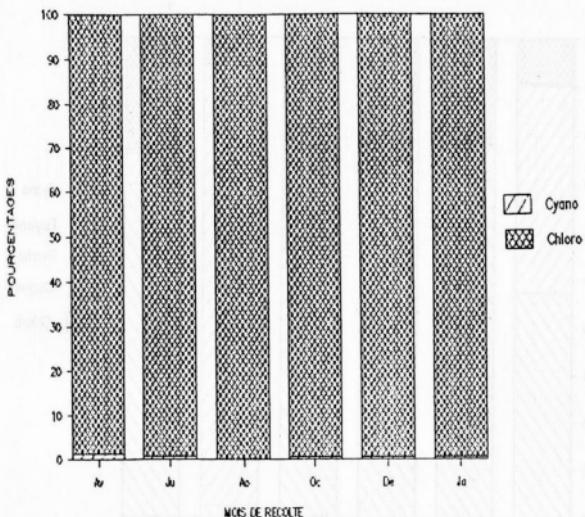


Figure 3: Dynamique et évolution saisonnière du phytoplancton au LAGO AÇORIANOS d'avril 1986 à janvier 1987.

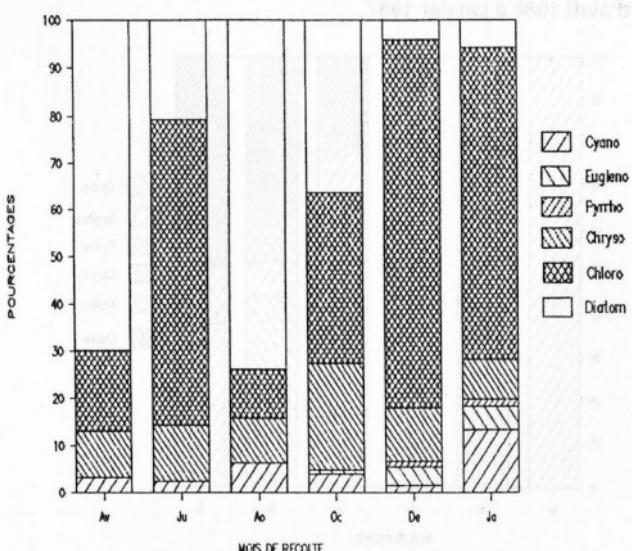


Figure 4: Dynamique et évolution saisonnière du phytoplancton au RIO GUAIBA d'avril 1986 à janvier 1987.

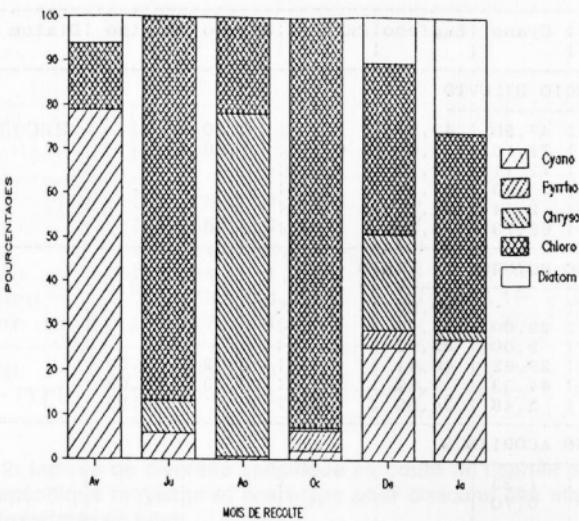


Figure 5: Dynamique et évolution saisonnière du phytoplancton au LAGO GAU-CHO d'avril 1986 à janvier 1987.

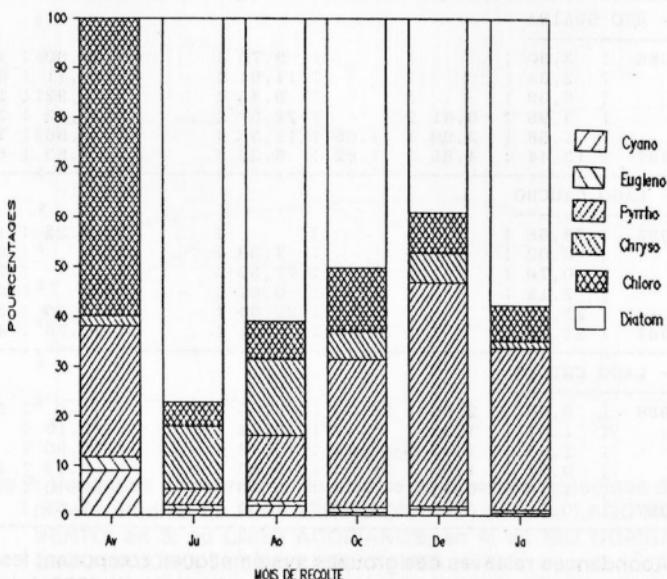


Figure 6: Dynamique et évolution saisonnière du phytoplancton au LAGO CHINES d'avril 1986 à janvier 1987.

Mois		Cyano	Eugleno	Pyrrho	Chryso	Xantho	Diatom	Chloro
STATION 1 - ARROIO DILUVIO								
Avril	1986	47,50	43,00		0,50			9,00
Juin		71,10	7,00	0,50	1,00			20,40
Août		72,11	2,28					25,61
Octobre		35,00	21,55					43,45
Décembre		2,54	91,78					5,68
Janvier	1987	69,73	6,36	1,02	0,76			22,13
STATION 2 - LAGO MOINHOS DE VENTO								
Avril	1986		100,00					
Juin		29,00	56,50					14,50
Août		9,00	82,92					8,08
Octobre		23,62	48,41		2,12	1,59		18,26
Décembre		44,33	7,92		0,53	10,03		37,19
Janvier	1987	3,48	34,00	1,60		12,29		48,63
STATION 3 - LAGO ACORIANOS								
Avril	1986	1,25						98,75
Juin		0,70						99,30
Août								100,00
Octobre		0,50						99,50
Décembre		0,64						99,36
Janvier	1987	0,52						99,48
STATION 4 - RIO GUAIBA								
Avril	1986	3,30			9,70		69,80	17,20
Juin		2,34			11,91		20,71	65,04
Août		6,39			9,45		73,92	10,24
Octobre		3,95	0,81		22,57		36,22	36,45
Décembre		1,58	3,99	1,05	11,35		3,96	78,07
Janvier	1987	13,44	4,85	1,62	8,33		5,63	66,13
STATION 5 - LAGO GAUCHO								
Avril	1986	78,68					6,25	15,07
Juin		6,02			7,33			86,65
Août		0,76			77,52			21,72
Octobre		2,12		4,60	0,62			92,66
Décembre		25,28		3,88	22,09		10,29	38,46
Janvier	1987	27,16			2,01		25,76	45,07
STATION 6 - LAGO CHINES								
Avril	1986	9,00	2,80	26,34	2,05			59,81
Juin		1,02	1,02	3,31	12,72		77,10	4,83
Août		1,84	1,05	13,12	15,48		60,90	7,61
Octobre		0,50	1,00	29,92	5,63		50,13	12,82
Décembre		1,18	0,71	45,02	5,93		39,10	8,06
Janvier	1987	0,50	0,75	32,58	1,50		57,65	7,02

Tableau 1: Abondances relatives des groupes systématiques composant les peuplements phytoplanctoniques de chaque station d'avril 1986 à janvier 1987 (exprimées en pourcentage).

STATIONS ->		1	2	3	4	5	6
MOIS							
Avril	1986	2,79	0,47	0,45	2,53	1,26	2,97
Juin		2,50	3,91	1,67	2,72	2,73	2,13
Août		3,61	2,23	2,30	2,03	1,85	2,58
Octobre		3,94	4,10	2,48	2,80	0,97	2,59
Décembre		2,28	3,82	1,06	3,40	2,92	2,35
Janvier 1987		3,17	4,29	1,35	3,25	2,66	2,24
MOYENNE		3,05	3,14	1,55	2,79	2,06	2,47
Ecart-type		0,59	1,37	0,70	0,45	0,75	0,28

Tableau 2: Indices de diversité spécifique au cours de l'année d'étude, diversité spécifique moyenne et écart-type pour chacune des stations de récolte (exprimés en bits).

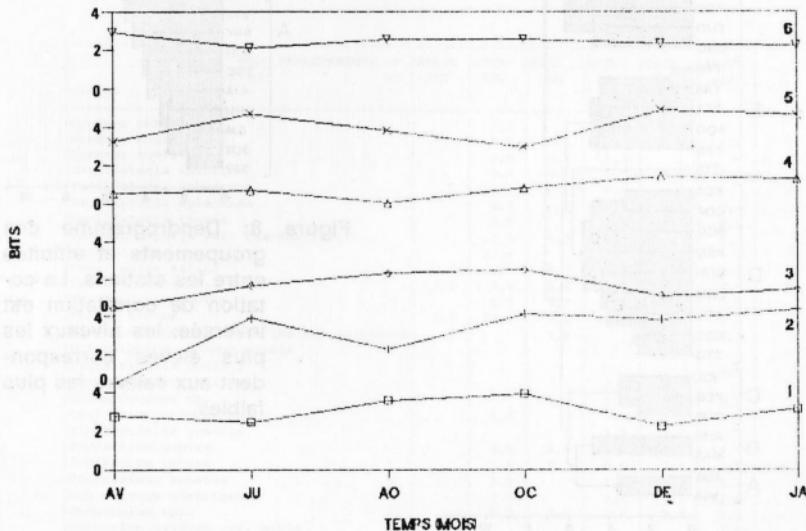


Figure 7: Variations saisonnières de l'indice de diversité spécifique dans les six milieux étudiés. En 1: à l'ARROIO DILUVIO; en 2: au LAGO MOINHOS DE VENTO; en 3: au LAGO AÇORIANOS; en 4: au RIO GUAIBA; en 5: au LAGO GAUCHO; en 6: au LAGO CHINES.

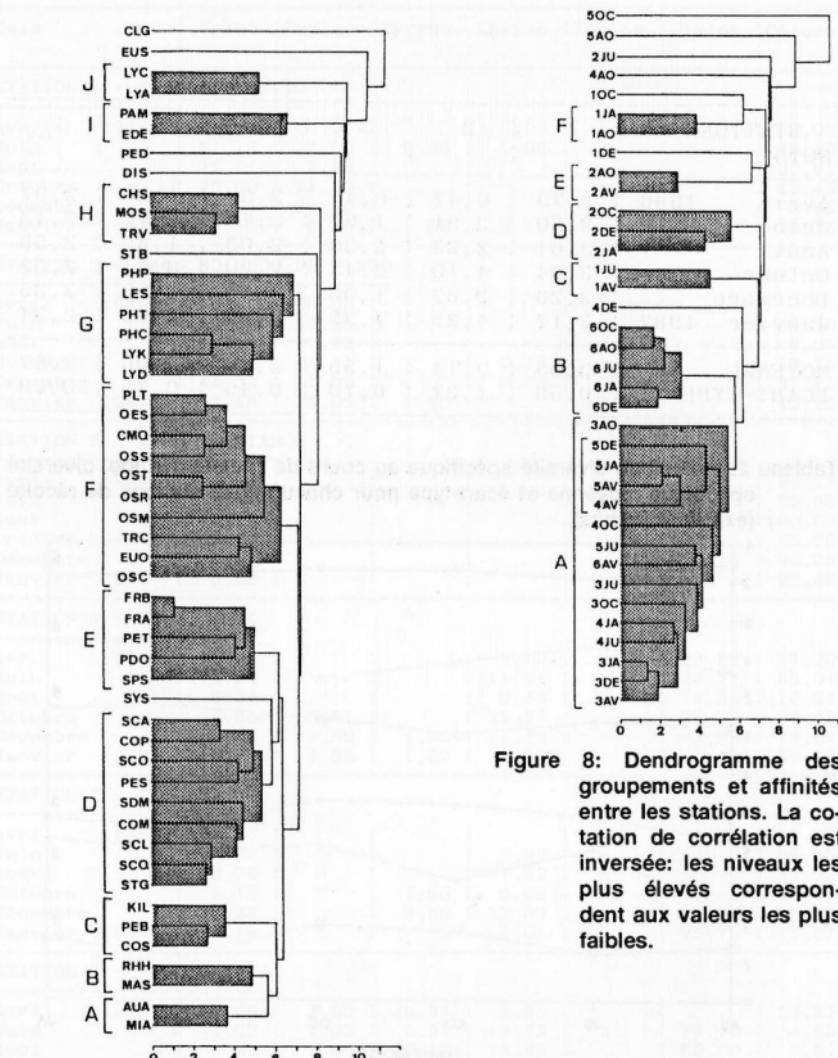


Figure 8: Dendrogramme des groupements et affinités entre les stations. La cotation de corrélation est inversée: les niveaux les plus élevés correspondent aux valeurs les plus faibles.

Figure 9: Dendrogramme des groupements et affinités entre les espèces. La cotation de corrélation est inversée: les niveaux les plus élevés correspondent aux valeurs les plus faibles.

TAXONS	MOIS PRELEVEMENTS	AVRIL		JUIN		AOUT		OCTO.	DECE.	JANV.
	CODES	"	->	IAV	I JU	IAO	I OC	I DE	I JA	
<i>Lynbya diqueti</i>						8,7				
<i>Oscillatoria chlorina</i>	37,4	50,0		8,0		2,3		0,5		6,0
<i>Oscillatoria mougeotii</i>	4,7	0,5		6,0		1,8				0,5
<i>Oscillatoria rubescens</i>				17,2		10,9		0,7		26,0
<i>Oscillatoria splendida</i>	4,7	17,5		9,7		9,0		0,5		22,0
<i>Oscillatoria tenuis</i>				0,7		10,7				0,7
<i>Euglena oxyuris</i> var. <i>charkowiensis</i>	22,9			0,5				0,7		14,0
<i>Euglena</i> spp.			1,0		1,2					
<i>Lepocinclis salina</i>	7,1	1,2				1,8		10,2		
<i>Phacus curvicauda</i>	0,5									
<i>Phacus pleuronectes</i>				0,7		0,5				
<i>Phacus tortus</i>	4,9	1,0				3,3		17,2		1,5
<i>Trachelomonas cf. volvocina-volvocinopsis</i>	4,9	2,9		0,5		0,5				1,0
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>							11,4		2,5	
<i>Peridiniopsis oculata</i>				0,5						1,0
<i>Rhipidodendron huxleyi</i>										0,7
<i>Synura</i> spp.	0,5	1,0				7,6				3,0
<i>Chlamydomonas</i> sp.										
<i>Oedogonium</i> spp.	3,7	10,2		9,7		10,4		1,5		5,8
<i>Closterium gracile</i>						0,5				
<i>Cosmarium quadrum</i> var. <i>minus</i>	3,0	1,5		2,0		3,0		1,2		7,3
<i>Mougeotia</i> spp.	0,5	0,7		3,5		12,0		2,0		0,7
<i>Pleurotaenium trabecula</i>	0,5	2,7		3,0		3,0		0,7		0,7

Tableau 3: Peuplement phytoplanctonique de l'ARROIO DILUVIO et abondances relatives des taxons dans chaque prélèvement (exprimées en pourcentage).

TAXONS	MOIS PRELEVEMENTS	AVRIL		JUIN		AOUT		OCTO.	DECE.	JANV.
	CODES	"	->	2AV	2JU	2AO	2OC	2DE	2ZD	2JA
<i>Lynbya corium</i>				1,2						
<i>Lynbya diqueti</i>				5,7		2,9		3,2		2,0
<i>Lynbya kuetzingii</i>				3,0		0,9		1,0		
<i>Oscillatoria chlorina</i>				6,7		0,9		5,0		1,5
<i>Oscillatoria rubescens</i>							0,5			
<i>Oscillatoria splendida</i>				2,5			5,0			
<i>Oscillatoria tenuis</i>				0,5			2,5			0,5
<i>Euglena oxyuris</i> var. <i>charkowiensis</i>				1,5		6,9		6,7		4,7
<i>Euglena</i> spp.				22,6					0,5	
<i>Lepocinclis salina</i>	90,0	9,7		58,9		7,0		1,7		10,2
<i>Phacus curvicauda</i>	0,5	7,0		4,2		3,2				1,5
<i>Phacus pleuronectes</i>				0,5		4,7		9,4		1,2
<i>Phacus tortus</i>	8,0	10,4		1,3		12,4		2,0		3,2
<i>Trachelomonas cf. volvocina-volvocinopsis</i>						1,0				4,2
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>									1,7	
<i>Peridiniopsis oculata</i>										1,5
<i>Rhipidodendron huxleyi</i>							2,0		0,5	
<i>Chlamydomonas</i> sp.							1,0		0,5	
<i>Coolastrum polychordum</i>				0,5						2,5
<i>Kirchneriella lunaris</i>							1,2		2,0	
<i>Pediastrum duplex</i>				0,5		2,9		7,7		13,7
<i>Pediastrum tetras</i>				0,5		0,7		0,5		1,0
<i>Scenedesmus armatus</i>				1,0			0,7		3,7	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>				2,7			0,7		1,7	
<i>Oedogonium</i> spp.				6,2		2,2		3,5		3,5
<i>Cosmarium quadrum</i> var. <i>minus</i>						0,9				1,0
<i>Mougeotia</i> spp.						0,9				
<i>Spirogyra</i> spp.				0,7		0,9				

Tableau 4: Peuplement phytoplanctonique du LAGO MOINHOS DE VENTO et abondances relatives des taxons dans chaque prélèvement (exprimées en pourcentage).

TAXONS	MOIS PRELEVEMENTS -> CODES	AVRIL 3AV	JUIN 3JU	AOUT 3AO	OCTO. 3OC	DECE. 3DE	JANV. 3JA
<i>Microcystis aeruginosa</i>		1,2	0,7		0,5		0,5
<i>Oscillatoria chlorina</i>					0,5	1,7	4,1
<i>Coelastrum microporum</i>					3,5	2,5	2,2
<i>Coelastrum polychordum</i>		6,1	8,8	22,3			
<i>Kirchneriella lunaris</i>			1,0	1,7		0,5	1,9
<i>Pediastrum boryanum</i>						0,5	
<i>Pediastrum simplex</i>				0,9	0,9		
<i>Scenedesmus armatus</i>				1,0	21,0	1,7	1,0
<i>Scenedesmus lefevrei</i>				0,9	1,0	1,0	1,0
<i>Scenedesmus oahuensis</i>				28,8	6,2	3,5	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>		91,0	55,8	37,8	35,1	81,2	78,2
<i>Staurastrum brachioprominens</i> fo.					1,0	5,0	1,0
<i>Staurastrum gracile</i>					1,0	1,2	0,5
<i>Stauromedes mus mammillatus</i>						3,0	8,5

Tableau 5: Peuplement phytoplanctonique du LAGO AÇORIANOS et abondances relatives des taxons dans chaque prélèvement (exprimées en pourcentage).

TAXONS	MOIS PRELEVEMENTS -> CODES	AVRIL 4AV	JUIN 4JU	AOUT 4AO	OCTO. 4OC	DECE. 4DE	JANV. 4JA
<i>Lyngbya autumnalis</i>		0,5	1,0	3,0	1,7	1,4	4,8
<i>Lyngbya corium</i>				3,2	0,7		1,5
<i>Lyngbya digueti</i>							0,7
<i>Lyngbya kuetzingii</i>							1,2
<i>Microcystis aeruginosa</i>		2,7	0,7				0,7
<i>Oscillatoria chlorina</i>					1,2		
<i>Euglena</i> spp.					0,7		0,5
<i>Lepocinclis salina</i>						1,0	1,5
<i>Phacus tortus</i>							0,5
<i>Trachelomonas</i> cf. <i>volvocina-volvocinopsis</i>						1,2	
<i>Trachelomonas volvocinopsis</i>						0,7	0,7
<i>Peridiniopsis oculata</i>						1,0	0,7
<i>Dinobryon sertularia</i>		1,5	0,7	1,0	1,7	2,9	1,0
<i>Mallomonas</i> spp.		1,7	1,7	1,7	5,5	3,1	2,8
<i>Synura</i> spp.		6,0	9,0	6,0	14,3	2,9	4,0
<i>Aulacoseira ambigua</i>		12,6	7,3	2,1			1,9
<i>Coelastrum microporum</i>						2,6	0,5
<i>Coelastrum polychordum</i>		1,7	4,7	2,0	2,2	0,7	
<i>Eudorina elegans</i>		0,7				4,6	1,5
<i>Kirchneriella lunaris</i>		0,5					
<i>Pandorina morum</i>		0,5	0,5	1,0		13,5	1,0
<i>Pediastrum boryanum</i>							0,5
<i>Pediastrum simplex</i>		0,5	0,7		0,5		
<i>Scenedesmus armatus</i>					0,5		
<i>Scenedesmus lefevrei</i>				8,0		2,9	
<i>Scenedesmus oahuensis</i>							1,0
<i>Scenedesmus quadricauda</i>		10,8	44,6	6,0	19,8	29,9	47,0
<i>Oedogonium</i> spp.							0,5
<i>Closterium gracile</i>		0,5					
<i>Mougeotia</i> spp.						0,5	1,7
<i>Staurastrum brachioprominens</i> fo.						1,5	
<i>Staurastrum gracile</i>		0,5	2,5	1,0	0,5	1,0	0,7
<i>Stauromedes mus mammillatus</i>				0,5	0,7	3,4	1,5

Tableau 6: Peuplement phytoplanctonique du RIO GUAIBA et abondances relatives des taxons dans chaque prélèvement (exprimées en pourcentage).

TAXONS	MOIS PRELEVEMENTS		AVRIL	JUIN	AOUT	OCTO.	DECE.	JANV.
	CODES	"	-> 5AV	5JU	5AO	5OC	5DE	5JA
Lyngbya digueti			0,5					
Microcystis aeruginosa		1,7	2,5	0,7	1,0	14,2	14,0	
Dinobryon sertularia			5,3	53,2				
Mallomonas spp.			1,9	0,5	0,6	20,0	2,0	
Rhipidodendron huxleyi						1,8		
Aulacoseira ambigua		6,2				10,0	21,0	
Coelastrum microporum							2,4	
Coelastrum polychordum			1,9				1,3	1,2
Coelastrum sphaericum		0,6	2,0	1,2			1,0	0,6
Kirchneriella lunaris		1,3	11,7					
Pediastrum boryanum		0,8	9,9	1,0	1,4	3,5	4,4	
Scenedesmus lefevrei			1,1					
Scenedesmus oahuensis			8,2	4,6	0,6	4,4		
Scenedesmus quadricauda		12,2	45,9	13,7	4,9	27,2	34,6	
Closterium gracile			0,8		84,7			
Staurastrum gracile			3,9	0,7	0,5			0,8

Tableau 7: Peuplement phytoplanctonique du LAGO GAUCHO et abondances relatives des taxons dans chaque prélèvement (exprimées en pourcentage).

TAXONS	MOIS PRELEVEMENTS		AVRIL	JUIN	AOUT	OCTO.	DECE.	JANV.
	CODES	"	-> 6AV	6JU	6AO	6OC	6DE	6JA
Lyngbya corium			0,5					
Lyngbya digueti					1,8			
Lyngbya kuetzingii				1,0				
Microcystis aeruginosa		4,0					1,1	0,5
Oscillatoria chlorina						0,5		
Oscillatoria splendida		2,0						
Lepocinclis salina		1,2			0,5			
Trachelomonas cf. volvocina-volvocinopsis							0,7	0,7
Peridiniopsis oculata		25,6	3,2	12,9	11,5	42,5	30,5	
Dinobryon sertularia		2,0		9,3			4,8	
Mallomonas spp.			0,7	3,1	3,5			
Rhipidodendron huxleyi			1,2	0,8				0,7
Synura spp.			10,5	2,1	2,0	0,9	0,7	
Fragilaria pinnata			38,7	30,0	17,2	19,9	26,5	
Fragilaria sp.			37,0	30,0	31,8	17,6	30,0	
Coelastrum microporum		2,2						2,9
Coelastrum polychordum		0,5						
Coelastrum sphaericum		1,2						
Eudorina elegans		4,5					0,7	
Kirchneriella lunaris		7,2						
Pediastrum boryanum		2,5			0,7			
Pediastrum tetras		1,2	0,5		0,5	0,9	0,5	
Scenedesmus armatus		1,5	0,7	0,8	1,7	1,1	1,0	
Scenedesmus lefevrei				0,5				
Scenedesmus oahuensis					1,2	1,7	0,6	
Scenedesmus quadricauda		35,0	2,1	6,2	3,8	2,4	1,4	
Oedogonium spp.		0,5			0,5			
Closterium gracile					3,0			
Spirogyra spp.		1,0	1,5		0,5			

Tableau 8: Peuplement phytoplanctonique du LAGO CHINES et abondances relatives des taxons dans chaque prélèvement (exprimées en pourcentage).

CODES	TAXONS	CODES	TAXONS
AUA	<i>Aulacoseira anbigua</i>	OSR	<i>Oscillatoria rubescens</i>
CHS	<i>Chlamydomonas</i> sp.	OSS	<i>Oscillatoria splendida</i>
CLG	<i>Closterium gracile</i>	OST	<i>Oscillatoria tenuis</i>
CMQ	<i>Cosmarium quadrum</i> var. <i>minus</i>	PAM	<i>Pandorina morum</i>
COM	<i>Coelastrum microporum</i>	PDO	<i>Peridiniopsis oculata</i>
COP	<i>Coelastrum polychordum</i>	PEB	<i>Pediastrum boryanum</i>
COS	<i>Coelastrum sphaericum</i>	PED	<i>Pediastrum duplex</i>
DIS	<i>Dinobryon sertularia</i>	PES	<i>Pediastrum simplex</i>
EDE	<i>Eudorina elegans</i>	PET	<i>Pediastrum tetras</i>
EUO	<i>Euglena oxyuris</i> var. <i>charkowiensis</i>	PHC	<i>Phacus curvicauda</i>
EUS	<i>Euglena</i> spp.	PHP	<i>Phacus pleuronectes</i>
FRB	<i>Fragilaria pinnata</i>	PHT	<i>Phacus tortus</i>
FRA	<i>Fragilaria</i> sp.	PLT	<i>Pleurotaenium trabecula</i>
KIL	<i>Kirchneriella lunaris</i>	RHH	<i>Rhipidodendron huyleyi</i>
LES	<i>Lepocinclis salina</i>	SCA	<i>Scenedesmus armatus</i>
LYA	<i>Lyngbya autumnalis</i>	SCL	<i>Scenedesmus lefeverei</i>
LYC	<i>Lyngbya corium</i>	SCO	<i>Scenedesmus oahuensis</i>
LYD	<i>Lyngbya digueti</i>	SCQ	<i>Scenedesmus quadricauda</i>
LYK	<i>Lyngbya kuetzingii</i>	SDM	<i>Staurodesmus mammillatus</i>
MAS	<i>Mallomonas</i> spp.	SPS	<i>Spirogyra</i> spp.
MIA	<i>Microcystis aeruginosa</i>	STB	<i>Staurastrum brachiprominens</i> fo.
MOS	<i>Mougeotia</i> spp.	STG	<i>Staurastrum gracile</i>
OES	<i>Oedogonium</i> spp.	SYS	<i>Synura</i> spp.
OSC	<i>Oscillatoria chlorina</i>	TRC	<i>Trachelomonas</i> cf. <i>volvocina-volvocinopsis</i>
OSM	<i>Oscillatoria mougeotii</i>	TRV	<i>Tetrachelomonas volvocinopsis</i>

Tableau 9: Liste des taxons et des codes respectifs utilisés dans l'étude des peuplements phytoplanctoniques.

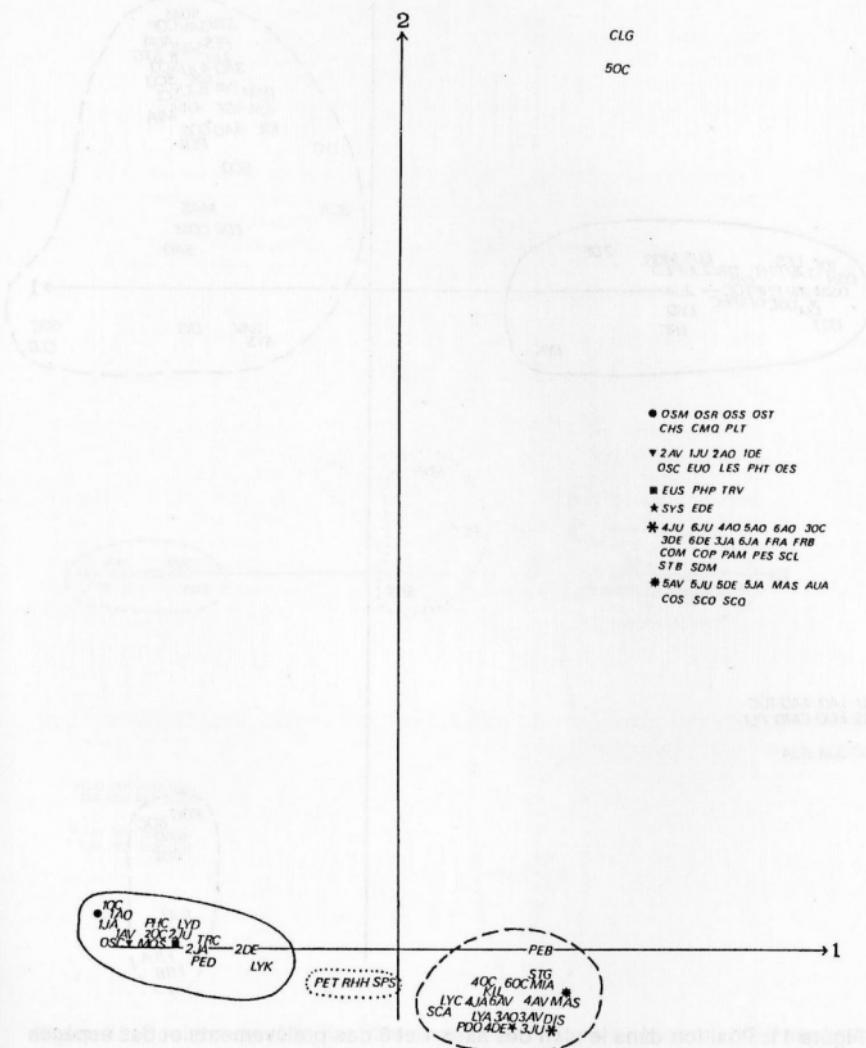


Figure 10: Position dans le plan des axes 1 et 2 des prélevements et des espèces phytoplanctoniques. Le trait plein délimite les groupements de l'Arroio DILUVIO et du LAGO MOINHOS DE VENTO, le trait en tirets longs ceux du LAGO AÇORIANOS, RIO GUAIBA, LAGO GAUCHO et LAGO CHINES et le trait en pointillé les taxons communs à ces deux groupements.

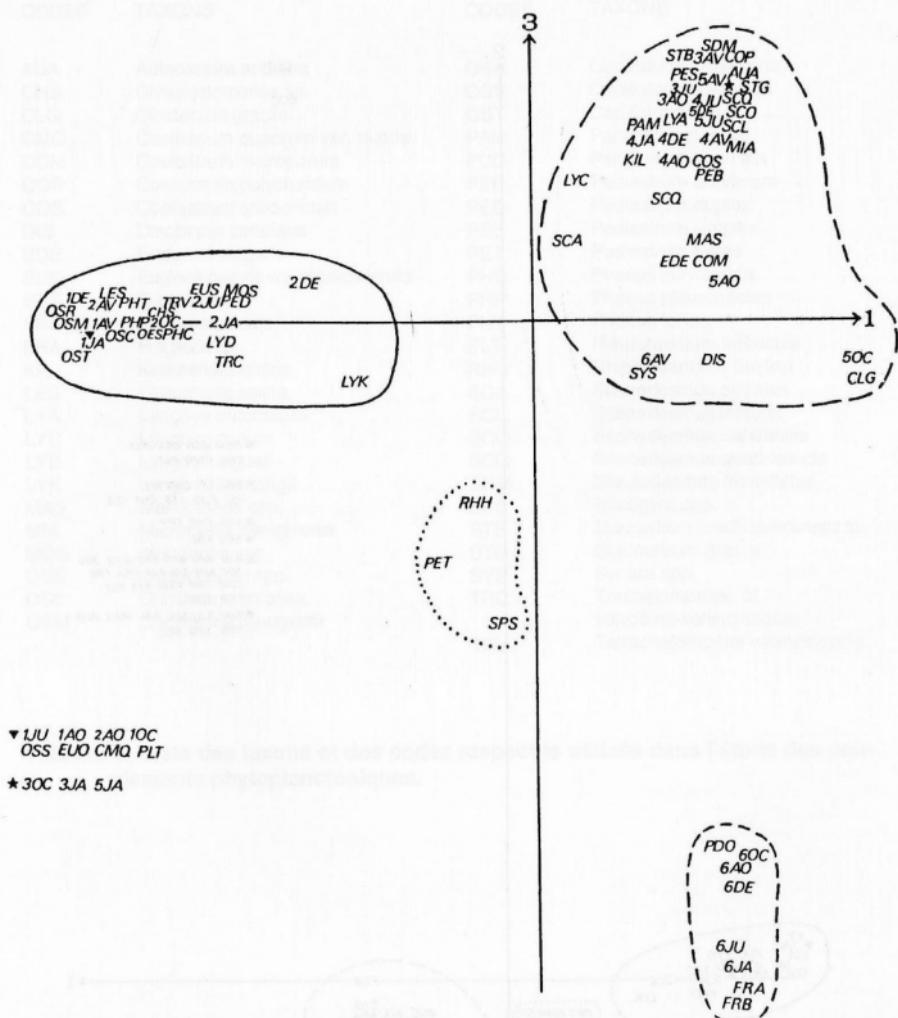


Figure 11: Position dans le plan des axes 1 et 3 des prélèvements et des espèces phytoplanctoniques. Le trait plein délimite les groupements de l'ARROIO DILUVIO et du LAGO MOINHOS DE VENTO, le trait en tirets longs ceux du LAGO AÇORIANOS, RIO GUAIBA, LAGO GAUCHO et le prélèvement effectué en avril ou LAGO CHINES, le trait en tirets courts celui du LAGO CHINES et le trait en pointillé les taxons communs à ces trois groupements.

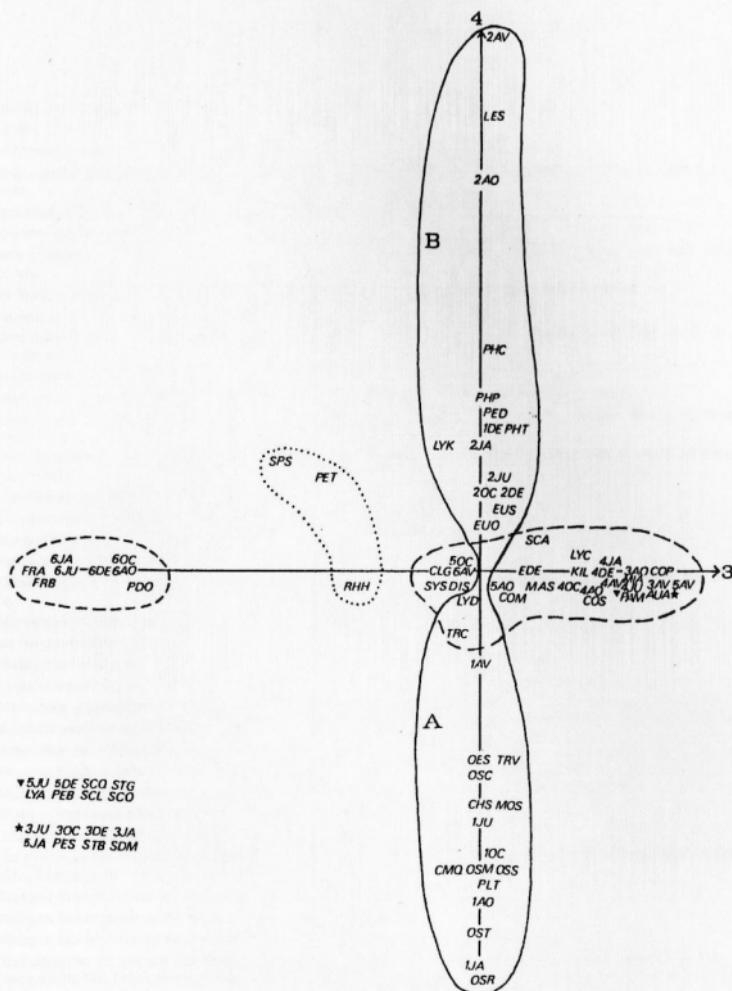


Figure 12: Position dans le plan des axes 3 et 4 des prélevements et des espèces phytoplanctoniques. Le trait plein délimite les groupements de l'ARROIO DILUVIO (A) et du LAGO MOINHOS DE VENTO (B), le trait en tirets longs ceux du LAGO AÇORIANOS, RIO GUAIBA, LAGO GAUCHO et le prélevement effectué en avril au LAGO CHINES, le trait en tirets courts celui du LAGO CHINES et le trait en pointillé les taxons communs à ces groupements.

