

# Phytoplacton du lac de Morat en 1988-1989 : comparaison avec les données antérieures

Autor(en): **Reymond, Olivier / Straub, François**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **116 (1993)**

PDF erstellt am: **01.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-89406>

## **Nutzungsbedingungen**

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

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

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

## **Haftungsausschluss**

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

# PHYTOPLANCTON DU LAC DE MORAT EN 1988-1989: COMPARAISON AVEC LES DONNÉES ANTÉRIEURES

par

**OLIVIER REYMOND ET FRANÇOIS STRAUB**

AVEC 2 TABLEAUX

---

## INTRODUCTION

Le lac de Morat (46°56' lat. N – 7°06' long. E) est situé à une altitude de 429 m, occupe une surface de 22,8 km<sup>2</sup>, a une profondeur maximum de 45,5 m, et sa profondeur moyenne est de 23,3 m (DAVAUD 1976). Diverses études, dont nous ne citons que quelques-unes, ont été réalisées concernant sa géochimie, sa sédimentologie (DAVAUD 1976), ses caractéristiques physico-chimiques (RIVIER, 1936; HIRSIG 1983; E.A.W.A.G. 1960; LIECHTI 1989), sa faune planctonique (DE GANDOLFI 1910/11; BURCKHARDT 1899; ROBERT 1923) et benthique (FAVRE 1941; LANG & REYMOND 1993), ses macrophytes (LACHAVANNE 1979) ainsi que ses diatomées épilithiques (STRAUB 1982).

Certaines de ses algues planctoniques ont été étudiées par DE CANDOLLE (1825), CHODAT (1897), BACHMANN (1901), RIVIER (1936), JAAG (1948) et WUTHRICH (QUARTIER 1948). Cependant, les derniers relevés phytoplanctoniques sont ceux de RIVIER (1936). En conséquence, il était intéressant de refaire des prélèvements afin de les comparer avec ceux de RIVIER (1936) notamment. Cette étude, limitée dans le temps pour des raisons techniques, a été entreprise en annexe à celle sur l'évolution (1980-1991) du benthos (LANG & REYMOND 1993).

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Treize récoltes de phytoplancton ont été réalisées entre décembre 1988 et novembre 1989 aux alentours du point 574/198 (cartes nationales, feuille 1165, Office topographique fédéral) à l'aide d'une bouteille à prélèvement intégré (SCHROEDER 1969) entre 0 et 10 m de profondeur. Chaque prélèvement a été divisé en deux sous-échantillons dont l'un a été fixé au lugol pour les comptages au microscope inversé, et l'autre a été fixé à la formaline à 3% pour l'obtention de préparations permanentes dans la glycérine-

gélatine pour des observations plus précises au microscope optique conventionnel.

Si pour certains taxa les comptages se sont avérés assez précis (ex: *Stephanodiscus neoastraea*), pour d'autres, le peu de matériel, associé à une importante turbidité, n'a pas permis un dénombrement très rigoureux (ex: *Scenedesmus linearis*). Nous avons donc adopté dans le Tableau 2 une échelle d'abondance adaptée à ces circonstances.

## RÉSULTATS

Les analyses ont révélé la présence de 44 genres incluant 68 espèces (Tab. 1 et 2). La plus grande diversité des genres (26) est constatée dans le prélèvement du 24.8.89 avec notamment beaucoup de Chlorophycées, et le minimum de diversité est atteint le 30.11.89 avec 11 genres seulement (Tab. 2).

Du point de vue quantitatif, le tableau 2 indique également que 15 taxa dépassent une densité de 10 cellules/ml, les autres taxa n'atteignant jamais cette abondance. Les résultats précis obtenus pour les maxima d'abondance de *Rhodomonas* sp., *Stephanodiscus neoastraea* ainsi que *Oocystis* sp. sont mentionnés dans la discussion relative à ces trois taxa.

Les résultats antérieurs de CHODAT (1897), BACHMANN (1901) ainsi que RIVIER (1936) ne montrent qu'un petit nombre d'espèces, respectivement 21, 12, et 27 (Tab. 1). Cette différence s'explique par l'emploi de filets de prélèvements aux mailles trop larges pour retenir les espèces de petite taille (RIVIER, 1936).

## DISCUSSION

### Remarques concernant quelques taxa

*Oscillatoria rubescens* De Candolle ou sang des Bourguignons sont des noms liés au lac de Morat après qu'une impressionnante prolifération de cette cyanobactérie eût coloré ses eaux et ses rivages en rouge à la fin de l'hiver 1825 (DE CANDOLLE, 1825). Citée à nouveau par CHODAT (1897) et RIVIER (1936), cette algue n'apparaît plus dans les présents relevés. Elle n'a pas non plus été observée dans quelques prélèvements effectués à 20 m de profondeur.

Dans les autres lacs de la région, cette espèce occasionnait aussi des fleurs d'eau (*blooms* des auteurs anglo-saxons). En particulier au Loclat (près de St-Blaise, Neuchâtel), au début des années septante, il n'était pas rare en région pélagique d'en trouver 1000 à 2000 filaments par ml, soit sur toute la colonne d'eau en hiver, soit confinés en dessous du thermocline dès 4-5 m de profondeur en été (Labo. de Microbiologie, Université de Neuchâtel, non publié et STRAUB 1976). Ces fleurs d'eau se sont raréfiées après 1976 puis ont complètement disparu (B. POKORNI, com. orale), résultat probable du détournement des eaux usées du haut du village de St-Blaise. Dans le lac de Neuchâtel (WUTHRICH 1965), *Oscillatoria rubescens* n'a provoqué de fleurs d'eau que depuis 1960, bien que présente depuis longtemps. Les proliférations se sont raréfiées ou ont disparu, sans doute grâce à la mise en fonction

| CHODAT 1897                             | PRELEVEMENTS 1988-1989                   |
|---|--|
| <b>CYANOBACTERIES</b>                   | <b>CYANOBACTERIE</b>                     |
| <i>Anabaena flos-aquae</i>              | <i>Aphanizomenon flos-aquae</i>          |
| <i>Chroococcus minutus v. lacustris</i> | <i>Merismopedia sp</i>                   |
| <i>Gomphosphaeria lacustris</i>         | <i>Anabaena sp</i>                       |
| <i>Oscillatoria rubescens</i>           | <b>DINOPHYCEAE</b>                       |
| <b>DINOPHYCEAE</b>                      | <i>Ceratium hirundinella</i>             |
| <i>Ceratium hirundinella</i>            | <i>Gymnodinium helveticum</i>            |
| <i>Peridinium tabulatum</i>             | <i>Peridiniopsis cunningtonii</i>        |
| <b>CHRYSOPHYCEAE</b>                    | <i>Peridinium aciculiferum</i>           |
| <i>Mallomonas acarioides</i>            | <i>Peridinium rotunda</i>                |
| <i>Sichoglooea olivae v. sphaerica</i>  | <i>Peridinium umbonatum</i>              |
| <b>DIATOMOPHYCEAE</b>                   | <b>CRYPTOPHYCEAE</b>                     |
| <i>Asterionella gracillima</i>          | <i>Cryptomonas sp</i>                    |
| <i>Cymatopleura elliptica</i>           | <i>Rhodomonas sp</i>                     |
| <i>Diatoma elongatum</i>                | <b>CHRYSOPHYCEAE</b>                     |
| <i>Fragilaria crotonensis</i>           | <i>Bitrichia chodatii</i>                |
| <i>Melosira arenaria</i>                | <i>Dinobryon divergens</i>               |
| <i>Melosira orichalcea</i>              | <i>Dinobryon sp</i>                      |
| <i>Melosira varians</i>                 | <i>Kephyrion sp</i>                      |
| <i>Rhizosolenia longiseta</i>           | <b>DIATOMOPHYCEAE</b>                    |
| <i>Stephanodiscus astraee</i>           | <i>Amphora pediculus</i>                 |
| <i>Tabellaria fenestrata</i>            | <i>Asterionella formosa</i>              |
| <i>Tabellaria flocculosa</i>            | <i>Cyclotella radiosa</i>                |
| <b>CHLOROPHYCEAE</b>                    | <i>Cymbella sp</i>                       |
| <i>Botryococcus braunii</i>             | <i>Fragilaria crotonensis</i>            |
| <i>Sphaerocystis schroeteri</i>         | <i>Fragilaria ulna</i>                   |
|   | <i>Aulacoseira sp</i>                    |
| <b>BACHMANN 1901</b>                    | <i>Navicula gregaria</i>                 |
| <b>CYANOBACTERIES</b>                   | <i>Navicula reichardtiana</i>            |
| <i>Clathrocystis aeruginosa</i>         | <i>Navicula scutelloides</i>             |
| <i>Merismopedia glauca</i>              | <i>Navicula viridula</i>                 |
| <b>DINOPHYCEAE</b>                      | <i>Nitzschia dissipata</i>               |
| <i>Ceratium hirundinella</i>            | <i>Nitzschia intermedia</i>              |
| <i>Peridinium cinctum</i>               | <i>Nitzschia linearis</i>                |
| <b>CHRYSOPHYCEAE</b>                    | <i>Nitzschia palea</i>                   |
| <i>Dinobryon divergens</i>              | <i>Rhoicosphenia curvata</i>             |
| <i>Dinobryon stipitatum</i>             | <i>Stephanodiscus minutulus</i>          |
| <b>DIATOMOPHYCEAE</b>                   | <i>Stephanodiscus neoastraee</i>         |
| <i>Asterionella gracillima</i>          | <i>Synedra acus v. angustissima</i>      |
| <i>Campylodiscus noricus</i>            | <b>EUGLENOPHYCEAE</b>                    |
| <i>Cymatopleura elliptica</i>           | <i>Trachelomonas sp</i>                  |
| <i>Cymatopleura solea</i>               | <b>CHLOROPHYCEAE</b>                     |
| <i>Fragilaria crotonensis</i>           | <i>Ankyra judayi</i>                     |
| <i>Sunrella robusta v. splendida</i>    | <i>Ankistrodesmus sp</i>                 |
|   | <i>Chlamydomonas sp</i>                  |
| <b>RIVIER 1936</b>                      | <i>Chlorella sp</i>                      |
| <b>CYANOBACTERIES</b>                   | <i>Closterium aciculare</i>              |
| <i>Coelosphaerium kuetzingianum</i>     | <i>Closterium acutum v. variable</i>     |
| <i>Microcystis aeruginosa</i>           | <i>Coelastrum sp</i>                     |
| <i>Oscillatoria rubescens</i>           | <i>Cosmarium abbreviatum v. variable</i> |
| <b>DINOPHYCEAE</b>                      | <i>Cosmarium boretum</i>                 |
| <i>Ceratium hirundinella</i>            | <i>Cosmarium cf impressulum</i>          |
| <i>Gymnodinium neglectum</i>            | <i>Cosmarium kjellmanni</i>              |
| <i>Peridinium cinctum</i>               | <i>Cosmarium subprotumidum</i>           |
| <i>Peridinium volzi</i>                 | <i>Crucigena tetrapedia</i>              |
| <b>CHRYSOPHYCEAE</b>                    | <i>Elakatothryx gelatinosa</i>           |
| <i>Dinobryon divergens</i>              | <i>Golenkinia sp</i>                     |
| <i>Dinobryon sertularia</i>             | <i>Kirchneriella obesa</i>               |
| <i>Dinobryon sociale</i>                | <i>Lagerhermia sp</i>                    |
| <i>Dinobryon stipitatum</i>             | <i>Mougeotia sp</i>                      |
| <i>Mallomonas producta</i>              | <i>Nephroclytium limneticum</i>          |
| <b>DIATOMOPHYCEAE</b>                   | <i>Oocystis sp</i>                       |
| <i>Asterionella gracillima</i>          | <i>Pediastrum boryanum</i>               |
| <i>Campylodiscus noricus</i>            | <i>Pediastrum duplex</i>                 |
| <i>Cyclotella comta v. melosiroides</i> | <i>Pediastrum tetras</i>                 |
| <i>Cyclotella schroeteri</i>            | <i>Scenedesmus acutus</i>                |
| <i>Fragilaria crotonensis</i>           | <i>Scenedesmus linearis</i>              |
| <i>Melosira islandica v. helvetica</i>  | <i>Scenedesmus magnus</i>                |
| <i>Stephanodiscus astraee</i>           | <i>Scenedesmus obtusus</i>               |
| <i>Stephanodiscus hantschii</i>         | <i>Sphaerocystis lacustris</i>           |
| <i>Synedra delicatissima</i>            | <i>Staurastrum avicula</i>               |
| <i>Tabellaria fenestrata</i>            | <i>Staurastrum cf crenulatum</i>         |
| <i>Tabellaria flocculosa</i>            | <i>Staurastrum chaetoceras</i>           |
| <b>EUGLENOPHYCEAE</b>                   | <i>Staurastrum pingue</i>                |
| <i>Colacium vesiculosum</i>             | <i>Tetraedron minimum</i>                |
| <b>CHLOROPHYCEAE</b>                    |  |
| <i>Gloeococcus schroeteri</i>           |  |
| <i>Pediastrum boryanum</i>              |  |
| <i>Spirogyra sp</i>                     |  |

Tableau 1. Liste des taxa observés par CHODAT (1987), BACHMANN (1901) et RIVIER (1936) et liste des taxa déterminés dans la présente étude (1988-1989).

| TAXA                               | Fréq. | 7.12.88 | 21.12.88 | 15.1.89 | 18.2.89 | 9.3.89 | 23.3.89 | 16.5.89 | 20.6.89 | 21.7.89 | 24.8.89 | 25.9.89 | 30.10.89 | 30.11.89 |
|------------------------------------|-------|---------|----------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| <b>CYANOBACTERIES</b>              |       |         |          |         |         |        |         |         |         |         |         |         |          |          |
| <i>Anabaena</i>                    | 7     | x       | x        |         | x       |        |         | x       | x       | x       | x       |         |          |          |
| <i>Aphanizomenon</i>               | 4     |         |          |         |         | x      | x       |         |         |         |         |         | x        | x        |
| <i>Merismopedia</i>                | 3     | x       |          |         |         |        |         |         |         | x       |         | x       |          |          |
| <b>DINOPHYCEAE</b>                 |       |         |          |         |         |        |         |         |         |         |         |         |          |          |
| <i>Ceratium</i>                    | 5     |         |          | x       |         |        |         |         | x       | x       | x       | x       |          |          |
| <i>Gymnodinium</i>                 | 7     |         | x        |         | x       |        | x       | x       | x       |         | x       |         |          | x        |
| <i>Peridiniopsis et Peridinium</i> | 6     |         | x        |         |         | x      | x       |         |         | x       | 1       |         |          | x        |
| <b>CRYPTOPHYCEAE</b>               |       |         |          |         |         |        |         |         |         |         |         |         |          |          |
| <i>Cryptomonas</i>                 | 13    | x       | x        | x       | x       | x      | x       | x       | x       | x       | x       | x       | x        | 2        |
| <i>Rhodomonas</i>                  | 12    | x       | x        | x       | x       | x      | x       | 3       | x       | x       | x       |         | x        | x        |
| <b>EUGLENOPHYCEAE</b>              |       |         |          |         |         |        |         |         |         |         |         |         |          |          |
| <i>Trachelomonas</i>               | 1     |         |          |         |         |        |         |         |         |         | x       |         |          |          |
| <b>CHRYSTOPHYCEAE</b>              |       |         |          |         |         |        |         |         |         |         |         |         |          |          |
| <i>Bitrichia</i>                   | 2     |         |          |         |         |        |         |         |         |         | x       | x       |          |          |
| <i>Dinobryon</i>                   | 5     | x       |          |         |         |        |         | x       | x       | x       | x       |         |          |          |
| <i>Dinobryon divergens</i>         |       |         |          |         |         |        |         |         |         | 1       | 1       |         |          |          |
| <i>Kephyrion</i>                   | 1     |         |          |         |         | x      |         |         |         |         |         |         |          |          |
| <b>DIATOMOPHYCEAE</b>              |       |         |          |         |         |        |         |         |         |         |         |         |          |          |
| <i>Amphora</i>                     | 1     |         |          |         | x       |        |         |         |         |         |         |         |          |          |
| <i>Asterionella formosa</i>        | 6     |         | x        |         |         | x      | x       | x       |         |         |         |         | x        | 1        |
| <i>Cyclotella radiosa</i>          | 4     | x       | x        |         |         |        |         |         |         | 2       | x       |         |          |          |
| <i>Cymbella</i>                    | 3     | x       |          | x       | x       |        |         |         |         |         |         |         |          |          |
| <i>Fragilaria</i>                  | 10    | x       | x        | x       |         | x      | x       | x       | x       | x       |         |         | x        | x        |
| <i>Fragilaria crotonensis</i>      |       |         | 1        |         |         |        |         |         |         |         |         |         |          |          |
| <i>Aulacoseira</i>                 | 4     | x       |          |         |         | 1      |         |         | 2       |         |         |         | x        |          |
| <i>Navicula</i>                    | 6     | x       | x        | x       | x       | x      | x       |         |         |         |         |         |          |          |
| <i>Nitzschia</i>                   | 4     | x       | x        | x       | x       |        |         |         |         |         |         |         |          |          |
| <i>Rhoicosphenia</i>               | 1     |         |          |         |         |        |         |         |         |         |         |         | x        |          |
| <i>Stephanodiscus</i>              | 13    | x       | x        | x       | x       | x      | x       | x       | x       | x       | x       | x       | x        | x        |
| <i>Stephanodiscus neoastraea</i>   |       |         | 1        | 1       | 1       | 2      |         |         |         |         |         |         |          | 1        |
| <i>Synedra</i>                     | 1     |         |          |         |         |        |         |         |         |         | x       |         |          |          |
| <b>CHLOROPHYCEAE</b>               |       |         |          |         |         |        |         |         |         |         |         |         |          |          |
| <i>Ankyra</i>                      | 10    | x       | x        |         |         | x      |         | x       | x       | x       | x       | x       | x        | x        |
| <i>Ankistrodesmus</i>              | 2     |         |          |         |         |        | x       | x       |         |         |         |         |          |          |
| <i>Chlamydomonas</i>               | 1     |         |          |         |         |        | x       |         |         |         |         |         |          |          |
| <i>Chlorella</i>                   | 7     | x       |          |         | x       |        | x       | x       |         |         | x       | x       | x        |          |
| <i>Closterium</i>                  | 13    | x       | x        | x       | x       | x      | x       | x       | x       | x       | x       | x       | x        | x        |
| <i>Glosterium aciculare</i>        |       |         |          |         |         |        |         |         |         | 1       | 1       |         |          |          |
| <i>Coelastrum</i>                  | 4     |         |          |         |         |        |         |         | x       |         | x       | x       | x        |          |
| <i>Cosmarium</i>                   | 5     | x       |          |         |         |        |         |         |         | x       | x       | x       | x        |          |
| <i>Cosmarium subprotumidum</i>     |       |         |          |         |         |        |         |         |         |         |         |         | 1        |          |
| <i>Crucigena tetrapedia</i>        | 8     | x       |          | x       |         |        |         | x       | 1       | 1       | x       | x       | x        |          |
| <i>Elakathryx</i>                  | 6     | x       |          |         |         |        | x       |         | x       | x       | x       | x       |          |          |
| <i>Golenkinia</i>                  | 1     |         |          |         |         |        |         |         |         | x       |         |         |          |          |
| <i>Kirchneriella</i>               | 4     |         |          |         |         |        |         |         | x       | x       | x       | x       |          |          |
| <i>Lagerhemia</i>                  | 2     |         |          |         |         |        |         |         |         | x       | x       |         |          |          |
| <i>Mougeotia</i>                   | 2     | x       |          |         |         |        |         |         |         |         |         |         | x        |          |
| <i>Nephrocytium</i>                | 1     | x       |          |         |         |        |         |         |         |         |         |         |          |          |
| <i>Oocystis sp.</i>                | 10    | x       |          |         | x       | x      |         | x       | 4       | 3       | x       | 1       | 1        | x        |
| <i>Pediastrum</i>                  | 11    | x       | x        | x       | x       | x      | x       | x       | x       | x       | x       | x       | x        |          |
| <i>Scenedesmus</i>                 | 12    | x       |          | x       | x       | x      | x       | x       | x       | x       | x       | x       | x        | x        |
| <i>Scenedesmus linearis</i>        |       |         |          |         |         |        |         |         |         | 1       |         |         |          |          |
| <i>Sphaerocystis lacustris</i>     | 5     |         |          | x       |         |        |         |         | 1       | 1       | 1       | x       | 1        |          |
| <i>Staurastrum</i>                 | 11    | x       | x        | x       |         | x      |         | x       | x       | x       | x       | x       | x        | x        |
| <i>Tetraedron</i>                  | 3     | x       |          |         |         |        |         |         |         |         | x       | x       |          |          |
| Total des genres/prélevement       |       | 25      | 15       | 14      | 14      | 16     | 16      | 17      | 20      | 23      | 26      | 24      | 17       | 11       |

Tableau 2. Présence (X) /absence des genres observés entre le 7.12.1988 et le 30.11.1989. Les genres *Peridiniopsis* et *Peridinium*, souvent difficiles à départager lors des comptages, ont été regroupés.

Certains genres, mais aussi des espèces au sein d'un genre (par exemple *Scenedesmus linearis*) sont remarquables par leur abondance et ont été notés comme suit: 1: densité pouvant atteindre 10 à 99 cellules/ml. 2: 100 à 999 cellules/ml. 3: 1000 à 9999 cellules/ml. 4: densité supérieure à 9999 cellules/ml. Les taxa notés par X ont une abondance inférieure à 10 cellules/ml.

des stations d'épuration sur le bassin versant du lac. Dans le lac de Nantua (France), cette cyanobactérie a disparu (en tout cas dans l'épilimnion) à la suite de travaux d'assainissement (FEUILLADE 1985). Dans ce lac, en été, dès que les eaux épilimniques sont carencées en azote, cette espèce se réfugie en profondeur vers des régions plus fertiles (cette carence a pour effet d'augmenter la densité des cellules d'*Oscillatoria rubescens*). Il nous faut également signaler la présence de cette espèce depuis de nombreuses années dans le lac de Joux, Haut-Jura, Vaud (BOSSET 1981, REYMOND et LANG obs. pers.).

*Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs est toujours discrète dans les relevés. Elle peut cependant proliférer et former des boues sur la rive du lac de Morat, comme à la fin de l'automne 1991. Au lac de Neuchâtel de fortes invasions ont été observées dans les années soixante, après les premières fleurs d'eau à *Oscillatoria rubescens* (WUTHRICH 1962). Cette espèce est connue pour sa capacité de fixer l'azote moléculaire grâce à ses hétérocystes (KOHL & NICKLISCH 1988, ROUND 1981), c'est-à-dire de proliférer lorsque l'azote est limitant et que plus aucune concurrence n'existe pour l'acquisition des surplus de phosphore (UEHLINGER 1981). Alors qu'en principe, le phosphore limite la production primaire dans les lacs carbonatés, on observe des cas de limitation par l'azote, lorsque les eaux sont surchargées en phosphore. C'est le cas de lacs recevant beaucoup d'eaux usées non traitées ou qui subissent un fort impact agricole. Dans le Haut-Jura, le lac des Taillères (près de La Brévine, Neuchâtel) est affecté par ce genre de pollution agricole. Dès 1983, chaque année en fin d'été, *Anabaena solitaria* fo. *planctonica* (Brunnth.) Komárek, une autre cyanobactérie fixatrice d'azote gazeux, a provoqué des fleurs d'eau avec dépôt littoral de boues très colorées et odoriférantes. C'est seulement à la suite de mesures prises contre les excès de fumures à proximité du lac et le maintien de son niveau proche de la cote maximale (directives du Service cantonal de la protection de l'environnement, Neuchâtel), que ces fleurs d'eau ont diminué en intensité jusqu'en 1990, ont disparu en 1991 et n'ont que coloré légèrement l'eau en 1992.

*Rhodomonas* sp. est présent presque toute l'année, avec un maximum d'abondance d'environ 1400 cellules/ml le 23.3.89. Par sa petite taille c'est une algue qui fait partie du nannoplancton. L'abondance de cette fraction du phytoplancton, représentée également ici (Tab. 2) par *Cryptomonas* sp. et *Oocystis* sp. est une marque d'eutrophie. Dans de tels régimes trophiques, c'est surtout cette fraction, grâce à sa bonne flottabilité, qui assure la croissance du zooplancton herbivore dans la zone épilimnique (POURRIOT *et al.* 1982, REYNOLDS 1986, SOMMER 1986).

*Stephanodiscus neoastrea* Håkansson est la diatomée la plus abondante des présents relevés (Tab. 2). Visible tout au long de l'année, elle atteint sa densité maximale le 9.3.89 avec 125 cellules/ml. Elle avait vraisemblablement été répertoriée par CHODAT (1897) et RIVIER (1936) sous le nom de *S. astrea*.

Plusieurs espèces de *Stephanodiscus* dominent le phytoplancton des lacs à hautes teneurs en électrolytes, eutrophes ou très pollués (BUERGI 1976, ENNIS *et al.* 1983, HÅKANSSON 1989, KLEE et STEINBERG 1987, KRAMMER

& LANGE-BERTALOT 1991). Le maxima printanier (et parfois automnal) de ces espèces et des diatomées en général, est lié à leur forte compétitivité pour l'acquisition du phosphore et leur fort pouvoir de multiplication (ROUND 1981, UEHLINGER 1981) pendant et vers la fin de circulation des eaux, lorsque les fertilisants sont amenés en surface et que suffisamment de silicates sont à disposition.

Une étude de WUTHRICH (QUARTIER 1948) est consacrée à la diatomée *Tabellaria fenestrata* auct. non (Lyngbye) Kütz., alors abondante dans les lacs de Morat, Neuchâtel et Biemme. Il s'agit probablement de *Tabellaria flocculosa* (Roth) Kütz., comme dans le lac de Neuchâtel, mais la vérification n'a pas pu être faite, car le matériel original ne se trouve pas dans la collection Wuthrich. Cette espèce n'apparaît plus dans les relevés actuels. Elle se développe plutôt dans les lacs oligotrophes à mésotrophes (KRAMMER & LANGE-BERTALOT 1991).

*Oocystis* sp. est particulièrement abondant pendant les mois de juin et juillet 1989 avec un maximum de 31000 cellules/ml le 20.6.89. Cet organisme ainsi que son pullulement (Tab. 2) n'est mentionné dans aucun des rapports antérieurs. Il est cependant possible que par sa taille inférieure à 10 µm, cette algue ait autrefois échappé aux prélèvements réalisés au filet.

*Spirogyra* sp. est déjà mentionnée par RIVIER (1936). Cette algue n'apparaît pas dans nos relevés 1988-1989, mais par contre s'est développée en grande quantité en juin 1992. Cette chlorophycée filamenteuse est généralement benthique. Elle peut cependant tellement proliférer qu'elle forme la masse principale du phytoplancton et recouvre d'une gelée verte les filets de fond des pêcheurs. Le développement massif d'espèces périphytiques ou benthiques dans le phytoplancton est un signe majeur d'eutrophie (KUHN *et al.* 1981).

### L'état trophique du lac de Morat

Les auteurs qui ont étudié le lac de Morat au siècle passé, et pendant la première moitié de ce siècle, en particulier RIVIER (1936), ont qualifié son état d'eutrophie, sur la base de la zone hypolimnique désoxygénée ou sur la base des fleurs d'eau régulières à *Oscillatoria rubescens*. Cette eutrophie est d'origine géomorphologique, elle correspond à la définition de THIENEMANN (1925) et NAUMANN (1932): lac de plaine à fond plat, qui reçoit beaucoup de nutriments d'un grand bassin versant et dont le volume de la zone trophogène est grande par rapport à celui de la zone tropholytique. Plus récemment, une étude de l'EAWAG (1960) montre sa richesse en phosphore, propose des mesures d'assainissement, puis NOËL & FASEL (1989), LIECHTI (1989), signalent une diminution de sa charge phosphatée, mais le qualifient encore d'eutrophe à cause des excès de ce fertilisant majeur (VOLLENWEIDER 1976). Malgré cette diminution du taux de phosphore, LANG & REYMOND (1993) montrent que les communautés benthiques d'oligochètes n'ont pas changé pendant la période 1980 à 1991, elles sont toujours formées d'espèces adaptées à l'eutrophie, c'est-à-dire à de fortes teneurs en matières organiques et à de fortes dépressions d'oxygène dissous.

La succession phytoplanctonique annuelle présentée ici témoigne de cette richesse nutritive par la dominance de *Stephanodiscus neoastraea*, l'impor-

tance du nanoplancton à *Rhodomonas* sp., *Cryptomonas* sp. et *Oocystis* sp., les développements massifs de *Spirogyra* sp. et le fait que plusieurs développements massifs d'algues se suivent pendant l'été (POURRIOT *et al.* 1982). D'autre part les fleurs d'eau à *Aphanizomenon flos-aquae* font penser que la charge phosphatée est encore excessive, que même l'azote peut être parfois limitant. Cela correspond à une eutrophie non seulement typologique mais aussi à un déséquilibre qu'on peut attribuer à l'impact humain. La disparition de *Tabellaria fenestrata* confirme cette interprétation, ainsi que l'essentiel du cortège d'espèces observées (Tab. 1), qui sont plutôt caractéristiques de milieux mésotrophes à eutrophes. Il est à remarquer que le maxima de *Cyclotella radiosa* (espèce rencontrée plutôt dans des conditions oligo-mésotrophes) est estival, c'est-à-dire qu'il apparaît lorsque l'épilimnion a perdu la plus grande part de ses fertilisants.

Ces interprétations quant à la richesse nutritive des eaux du lac confirment les mesures chimiques et les observations algologiques faites sur le littoral (STRAUB 1982, 1989). Ses eaux sont les plus riches en fertilisants des quatre lacs subjurassiens (dans l'ordre décroissant: Morat, Loclat, Bienne et Neuchâtel). Le périphyton épilithique est très développé, envahi par *Cladophora* sp. et par les petites diatomées à grande amplitude écologique et à fort pouvoir de multiplication telles *Amphora pediculus* (Kütz.) Grun., *Achnanthes minutissima* Kütz., *Fragilaria construens* fo. *venter* (Ehr.) Hust., *Navicula reichardtiana* Lange-Bertalot et *Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot.

En conclusion, on peut constater que l'abaissement du taux de phosphore ne semble pas encore suffisant pour contrôler les populations d'algues. A moyen terme, on peut espérer que la tendance se poursuive, effet de l'interdiction des phosphates dans les lessives, malgré la vocation maraîchère d'une grande partie du bassin versant du lac. Cela devrait limiter les fleurs d'eau et permettre au lac de retrouver son état d'eutrophie équilibrée propre à son statut géographique et géologique.

---

#### Remerciements

C. Lang de St-Sulpice nous a encouragés à réaliser ce travail. P. Schaer, pêcheur à Guévaux, a réalisé les prélèvements. J.-C. Druart de Thonon, J. Popovsky de Prague, F. Kouwets de Leiden, G. Tell de Buenos Aires et A. Couté de Paris nous ont aidés pour les déterminations.

---

#### Résumé

Pendant une année (12.1988-11.1989), 13 prélèvements d'eau ont été réalisés à intervalle d'un mois environ. L'examen du phytoplancton a permis d'établir une liste de 68 taxa. *Stephanodiscus neoastraea*, *Rhodomonas* sp. et *Oocystis* sp. constituent les taxa les plus abondants, les deux premiers en mars, et le troisième en juin.



*Aphanizomenon flos-aquae* ainsi que *Spirogyra* sp. peuvent également être très abondants. *Oscillatoria rubescens*, très abondante autrefois n'a pas été observée présentement. La liste du phytoplancton est accompagnée de celles réalisées antérieurement par CHODAT (1897), BACHMANN (1901) et RIVIER (1936). Une interprétation de l'état trophique du lac est proposée.

### Zusammenfassung

*Das Phytoplankton vom Murtensee zwischen 1988-1989: Vergleich mit früheren Angaben.* Während eines Jahres (12. 1988 bis 11. 1989) wurden 13 Proben von Phytoplankton monatlich erhoben, in welchen 68 Taxa erkannt wurden. *Stephanodiscus neoastraea*, *Rhodomonas* sp. und *Oocystis* sp. sind die reichhaltigsten Taxa, die beiden ersten im März und das dritte in Juni. *Aphanizomenon flos-aquae* und sogar *Spirogyra* sp. können auch sehr reichhaltig sein. *Oscillatoria rubescens*, die früher sehr reichhaltig war, wurde hier nicht mehr beobachtet. Die Phytoplanktonliste wird mit jenen früheren von CHODAT (1897), BACHMANN (1901) und RIVIER (1936) verglichen. Eine Erläuterung des trophischen Status des Sees ist vorgeschlagen.

### Summary

*The phytoplankton of the Lake Morat in 1988-1989: comparison with previous records.* During about one year (12.1988-11.1989), 13 samples of phytoplankton have been monthly collected and 68 taxa have been identified. *Stephanodiscus neoastraea*, *Rhodomonas* sp. and *Oocystis* sp. were the most abundant taxa in March, March and June respectively. It is also noted that *Aphanizomenon flos-aquae* and *Spirogyra* sp. can also be very abundant. The previously abundant *Oscillatoria rubescens* was no more observed. The list of the present taxa is compared to previous records by CHODAT (1897), BACHMANN (1901) and RIVIER (1936). An interpretation of the trophic state of the lake is proposed.

---

### BIBLIOGRAPHIE

- BACHMANN, H. — (1901). Beitrag zur Kenntnis der Schwebeflora der Schweizer Seen. *Biol. Centralbl.* 21: 193-209, 225-247.
- BOSSET, E. — (1981). Evolution de l'état sanitaire du lac de Joux de 1953/57 à 1978/79. *Bulletin de l' A.R.P.E.A.* 108: 41-64.
- BUERGI, H. R. — (1976). Die Phytoplanktonentwicklung im Bodensee in den Jahren 1961 bis 1963. *Ber. Int. Gewässerschutzkomm. Bodensee* 18: 1-87.
- BURCKHARDT, G. — (1899). Faunistische und systematische Studien über das zooplankton der grösseren Seen der Schweiz und ihrer Grenzgebiete. *Rev. Suisse Zool.* 7: 353-714.
- CHODAT, R. — (1897). Recherches sur les algues pélagiques de quelques lacs suisses et français. *Bull. de l'herbier Boissier, Genève* 5: 289-314.
- DAVAUD, E. — (1976). Contribution à l'étude géochimique et sédimentologique de dépôts lacustres récents (Lac de Morat, Suisse). Université de Genève, thèse N° 1745.
- DE CANDOLLE, A.-P. — (1825). Notice sur la matière qui a coloré en rouge le lac de Morat au printemps de 1825. *Mém. Soc. Phys. Hist. nat. de Genève* 3: 29-42.
- DE GANDOLFI, — (1910/11). Les larves de *Corethra plumicornis* dans le lac de Morat. *Bull. Soc. Fribourg. Sci. Nat.* 19: 79.

- EAWAG, — (1960). Der Murtensee; sein gegenwärtiger chemisch-biologischer Zustand; Die Herkunft der eutrophierenden Stoffe; Seesäuerungen; Schutz vor Verunreinigung. Gesamtbericht 1954/1955.
- ENNIS, G. L., NORTHCOPE, T. G. & STOCKNER, J. G. — (1983). Recent trophic changes in Kootenay lake, British Columbia, as recorded by fossil diatoms. *Can. J. Bot.* 61 (7): 1983-1992.
- FAVRE, J. — (1941). Les *Pisidium* du canton de Neuchâtel. *Bull. Soc. Neuchâtel. Sci. Nat.* 66: 55-112.
- FEUILLADE, J. (ed.) — (1985). Caractérisation et essais de restauration d'un écosystème dégradé: le lac de Nantua. INRA, Paris: 1-165.
- HÅKANSSON, H. — (1989). Diatom succession during Middle and Late Holocene time in Lake Krageholmssjön, southern Sweden. *Nova Hedwigia* 48 (1-2): 143-166.
- HIRSIG, P. — (1983). Wind- und Zuflussbedingte Strömung im Murtensee (Schweiz). Inauguraldissertation. Universität Bern.
- JAAG, O. — (1948). Die neuere Entwicklungen und der heutige Zustand der Schweizer Seen. Verhandlungen der Internationalen Vereinigungen für theoretische und angewandte Limnologie. 10: 192-209.
- KOHL, J. G. & NICKLISCH, A. — (1988). Ökophysiologie der Algen. Wachstum und Ressourcennutzung. Akademie-Verlag, Berlin: 1-253.
- KRAMMER, K. et LANGE-BERTALOT, H. — (1991). *Bacillariophyceae*, Teil. 3: *Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. In: Ettl, H. et al. (eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa 2 (3). G. Fischer, Stuttgart: 1-576.
- KUHN, D.L., PLAFKIN, J.L., CAIRNS, J. et LOWE, R.L. — (1981). Quantitative characterization of aquatic environments using diatom life-form strategies. *Trans. Am. Microsc. Soc.* 100 (2): 165-182.
- KLEE, R. & STEINBERG, C. — (1987). Kieselalgen bayerischer Gewässer. *Informationsberichte Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft* 4/87, Loseblattsammlung.
- LACHAVANNE, J.-B. — (1979). Les macrophytes du lac de Morat. *Ber. Schweiz. Bot. Ges.* 114: 114-132.
- LANG, C. & REYMOND, O. — (1993). Eutrophisation du lac de Morat indiquée par les communautés d'oligochètes: tendance 1980-1991. *Rev. Suisse Zool.* 100: 11-18.
- LIECHTI, P. — (1989). L'état du lac de Morat. *Bulletin de l'OFEPF, Berne.* 2/89: 32-36.
- NAUMANN, E. — (1932). Grundzüge der regionalen Limnologie. In: Thienemann, A. (ed.). *Die Binnengewässer* 11: 1-176.
- NOËL, F. & FASEL, D. — (1989). Etude du lac de Morat et de ses affluents, 1986-1988. Canton de Fribourg, Office de la protection de l'environnement, Section analytique. Rapport 98 pp.
- POURRIOT, R., CAPBLANCQ, J., CHAMP, P. & MEYER, J.-A. — (1982). Ecologie du plancton des eaux continentales. Collection d'écologie 16, Masson, Paris: 1-198.
- QUARTIER, A. — (1948). Sur le comportement de *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Ktz. dans les trois lacs sub-jurassiens. *Schw. Z. Hydrol.* 10: 13-22.
- REYNOLDS, C.S. — (1986). Experimental manipulations of the phytoplankton periodicity in large limnetic enclosures in Blelham Tarn, English Lake District. In: Munawar, M. & Talling, J. F. (eds.) *Seasonality of Freshwater Phytoplankton*: 43-64.

- RIVIER, O. — (1936). Recherches hydrobiologiques sur le lac de Morat. *Bull. Soc. Neuchâtel. Sc. Nat.* 61: 125-181.
- ROBERT, H. — (1923). Note sur le plancton des lacs de Neuchâtel, Bienne et Morat. *Bull. Soc. Neuchâtel. Sc. Nat.* 48: 17-24.
- ROUND, F. E. — (1981). The ecology of algae. Cambridge University Press, Cambridge: 1-629.
- SCHROEDER, R. — (1969). Ein summierender Wasserschöpfer. *Arch. Hydrobiol.* 66: 241-243.
- SOMMER, U. — (1986). The periodicity of phytoplankton in Lake Constance (Bodensee) in comparison to other deep lakes of central Europe. *In: Munawar, M. & Talling, J. F. (eds.) Seasonality of Freshwater Phytoplankton: 1-7.*
- STRAUB, F. — (1976). Préliminaires à l'étude du phytoplancton du Loclat (canton de Neuchâtel). Travail de licence, Université de Neuchâtel: 1-41.
- (1982). Diatomées épilithiques de six lacs du Jura suisse: premiers résultats. *Cryptogamie: Algol.* 3: 339-348.
- (1989). Application de l'écologie des diatomées littorales de lacs carbonatés à la reconstitution des environnements préhistoriques d'un site archéologique. Hauterive-Champréveyres (lac de Neuchâtel). Thèse, Université de Neuchâtel, première partie: 1-88.
- THIENEMANN, A. — (1925). Die Binnengewässer Mitteleuropas. *In: Thienemann, A. (ed.) Die Binnengewässer 1: 1-255.*
- ÜHLINGER, U. — (1981). Experimentelle Untersuchungen zur Autökologie von *Aphanizomenon flos-aquae*. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 60: 260-288.
- VOLLENWEIDER, R. A. — (1976). Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 33: 53-83.
- WUTHRICH, M. — (1962). Note sur l'apparition d'*Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs dans le lac de Neuchâtel. *Bull. Soc. Neuchât. Sci. Nat.* 85: 103-108.
- (1965). Le phytoplancton du lac de Neuchâtel. *Schweiz. Z. Hydrol.* 27: 1-75.

---

Adresse des auteurs:

Olivier Reymond, Laboratoire d'hydrobiologie, Conservation de la faune, ch. du Marquisat 1, CH-1025 St-Sulpice, Suisse.

François Straub, Laboratoire d'algologie, Gymnase cantonal, CH-2300 La Chaux-de-Fonds, Suisse.