

Histoires cachées

Un peu de microbiologie aquatique (morceaux choisis)



Stéphan JACQUET

« Ce qui est important, ça ne se voit pas » (Le petit prince, Saint-Exupéry)

Le lac de Paladru ***n° 5***



Le lac d'Aiguebellette ***n° 4***



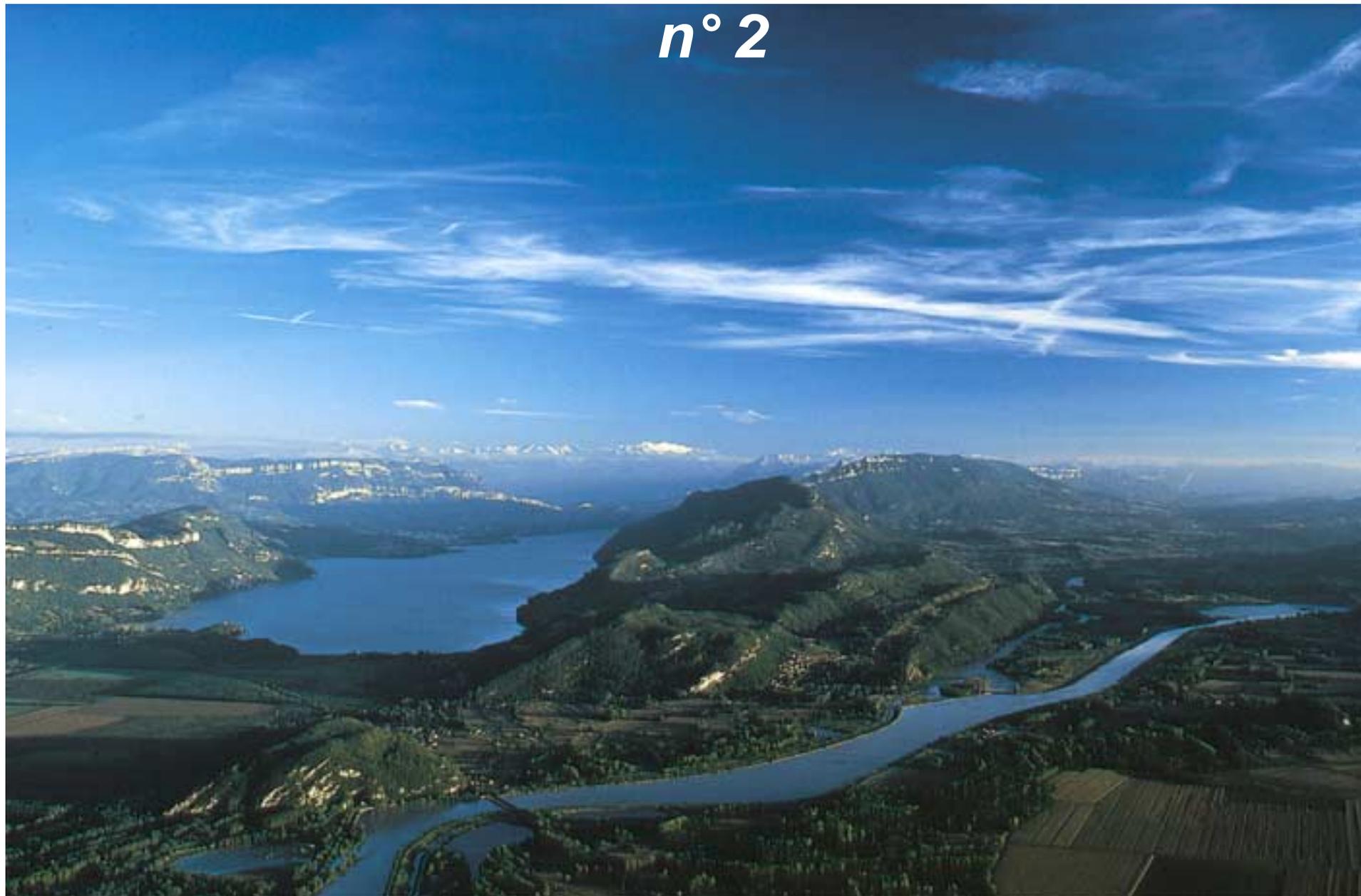
Le lac d'Annecy

n° 3

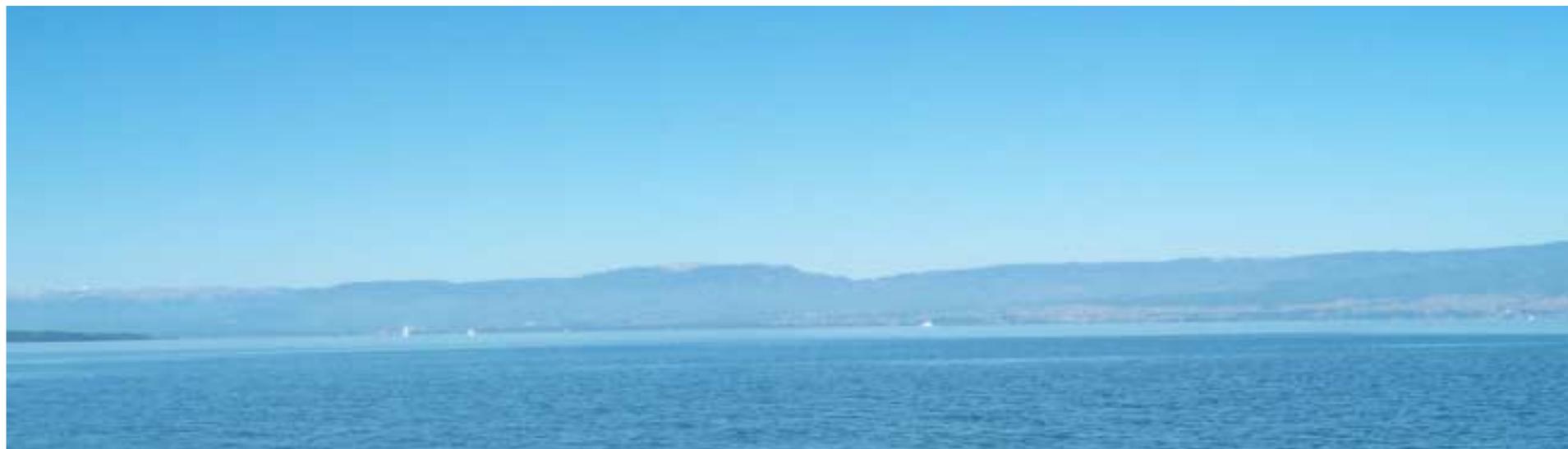


Le lac du Bourget

n° 2



Le lac Léman ***n° 1***



Le lac Léman



Superficie du plan d'eau	582 km ²
	348 km ² (60%)
	234 km ² (40%)
Périmètre du lac	167 km
Altitude moyenne	372 m
Profondeur maximum	309 m
Volume total d'eau	89.10 ⁹ m ³
Largeur maximum	13,8 km
Longueur dans l'axe	72,3 km
Temps moyen de renouvellement des eaux	12 ans

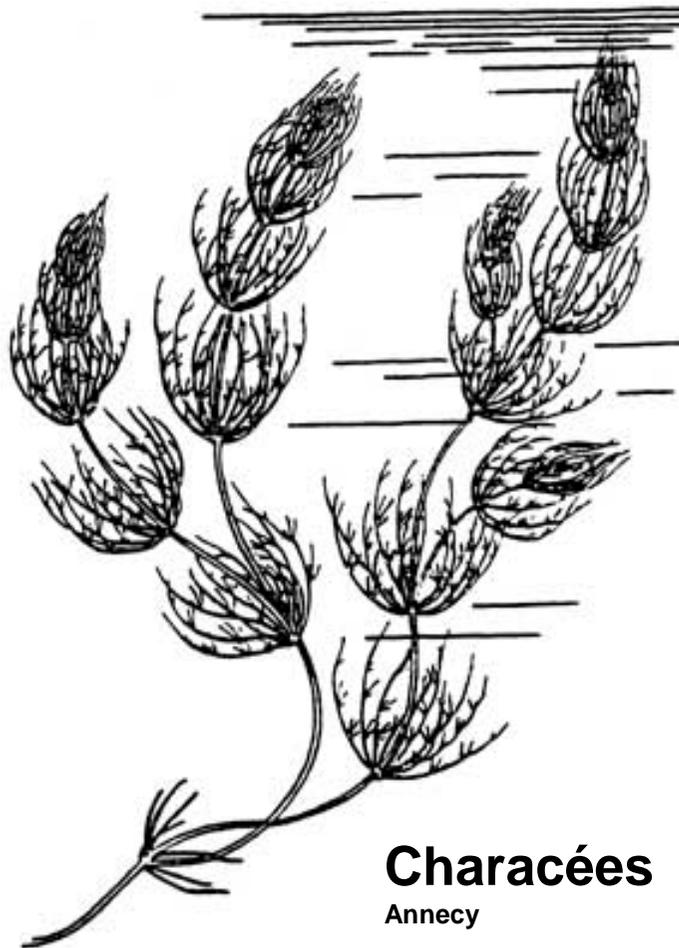
Biologie
étude du vivant

Ecologie
*étude des interactions entre le
vivant et l'environnement*



Plantes et macroalgues

Macrophytes (<10)



Characées
Annecy



Potamot perfolié



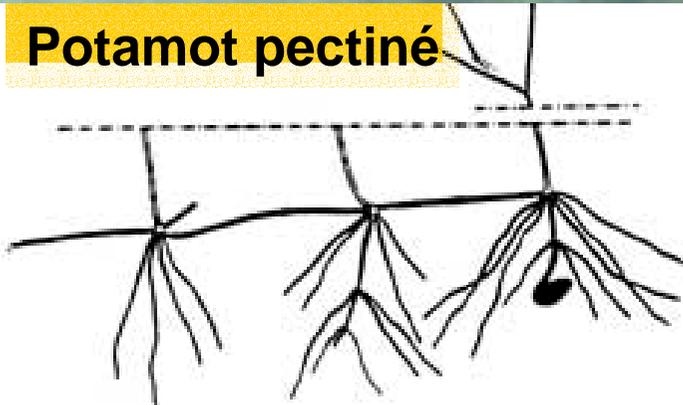
Elodée de Nuttall
invasive

Plantes et algues

Macrophytes



Potamot pectiné

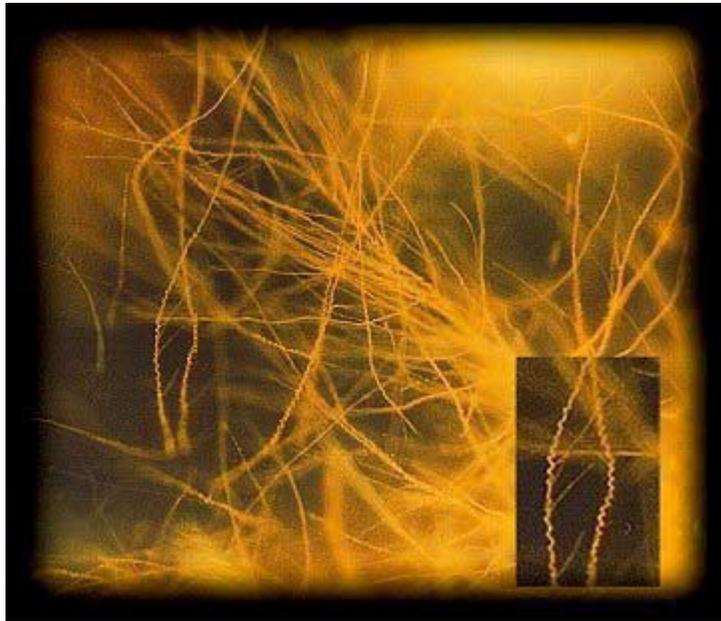


Myriophylle en épi



Plantes et algues

Macroalgues (2)



Spirogyres



Poissons (<20)



Perche



Brochet



Lotte

Poissons



**Omble
chevalier**



Carpe



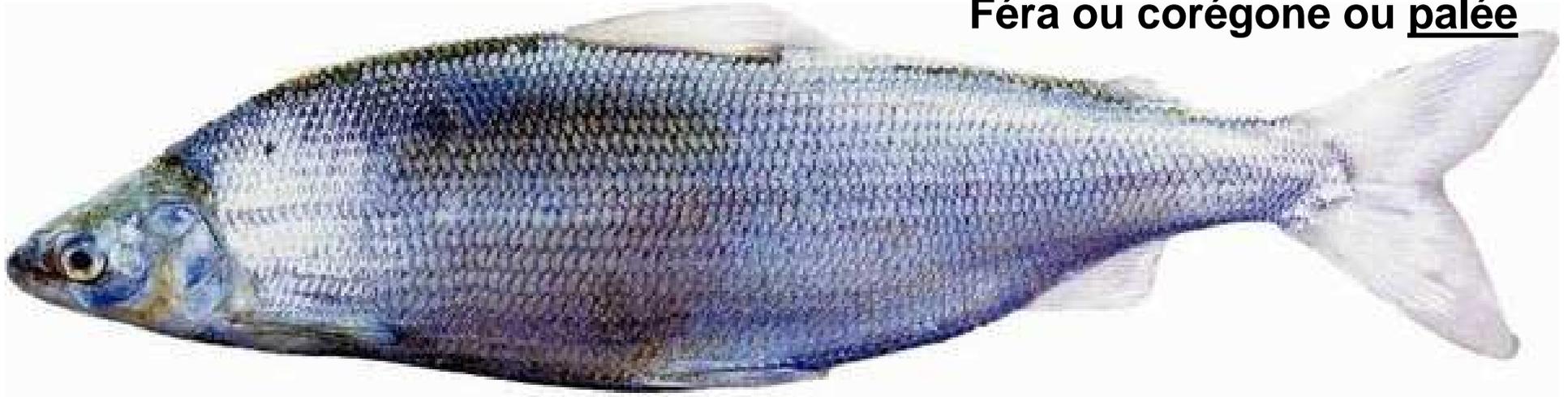
Tanche



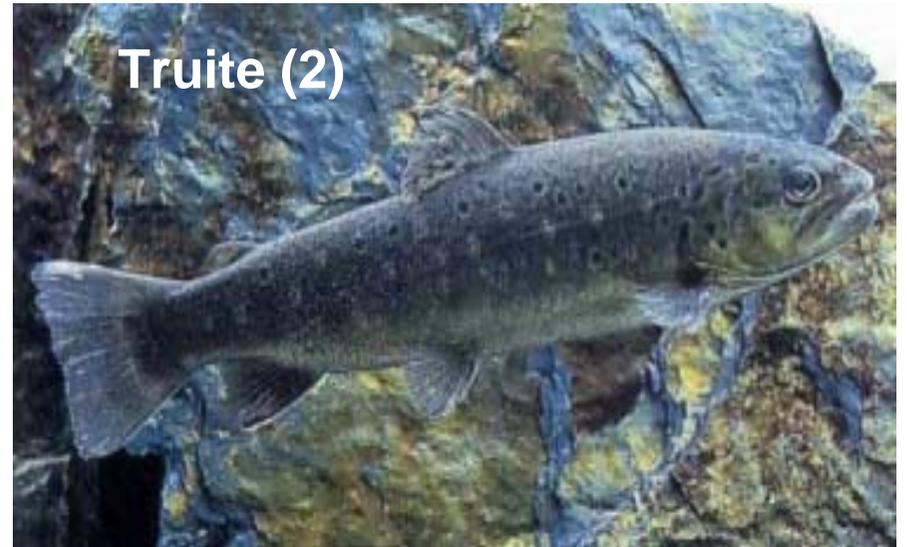
Chevaine

Poissons

Féra ou corégone ou palée



Gardon



Truite (2)

Crustacés (100)



Ecrevisses (3)

Invasives

Ecrevisse américaine

Ecrevisse de Californie

Ecrevisse à pattes grêles



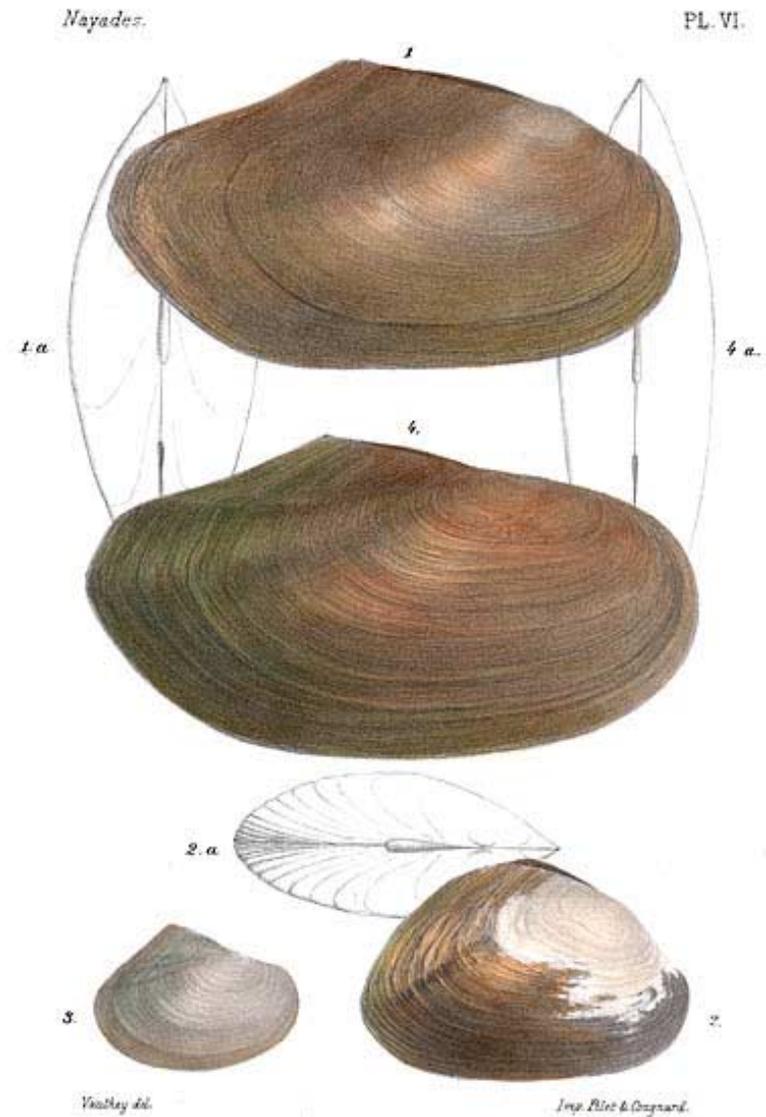
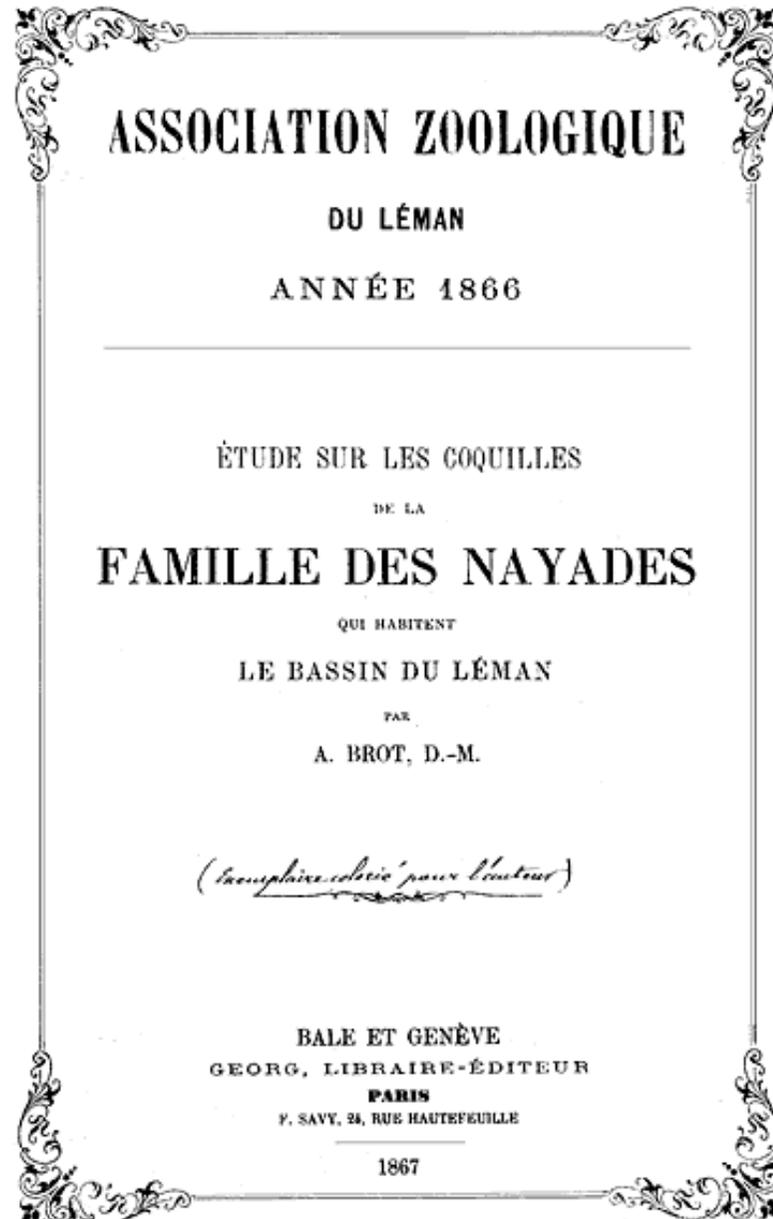
Crustacés



**Gammare du Danube
ou crevette tueuse**
invasive



Mollusques (<10)



Annodontes

Mollusques

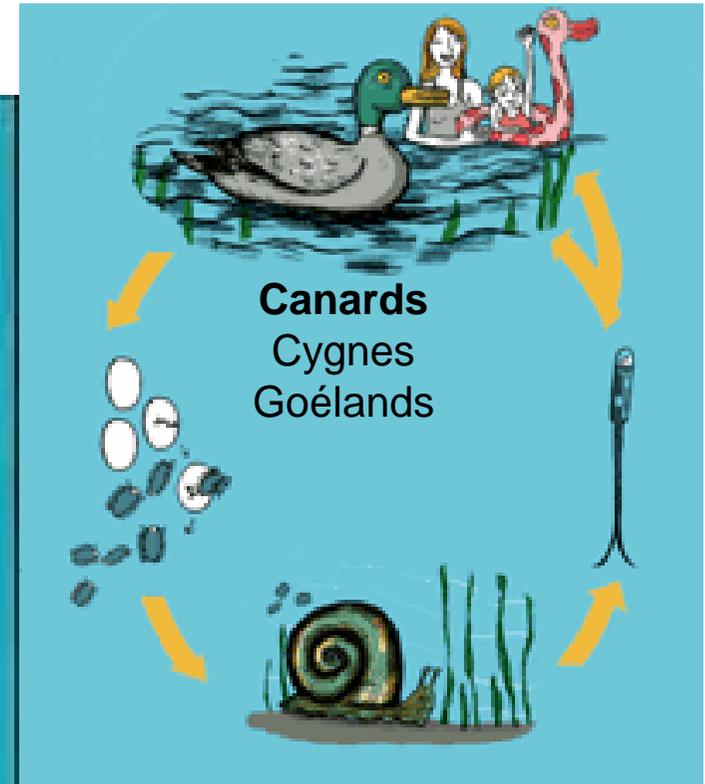
Dreissene ou moule zébrée
invasive



S. van Mechelen

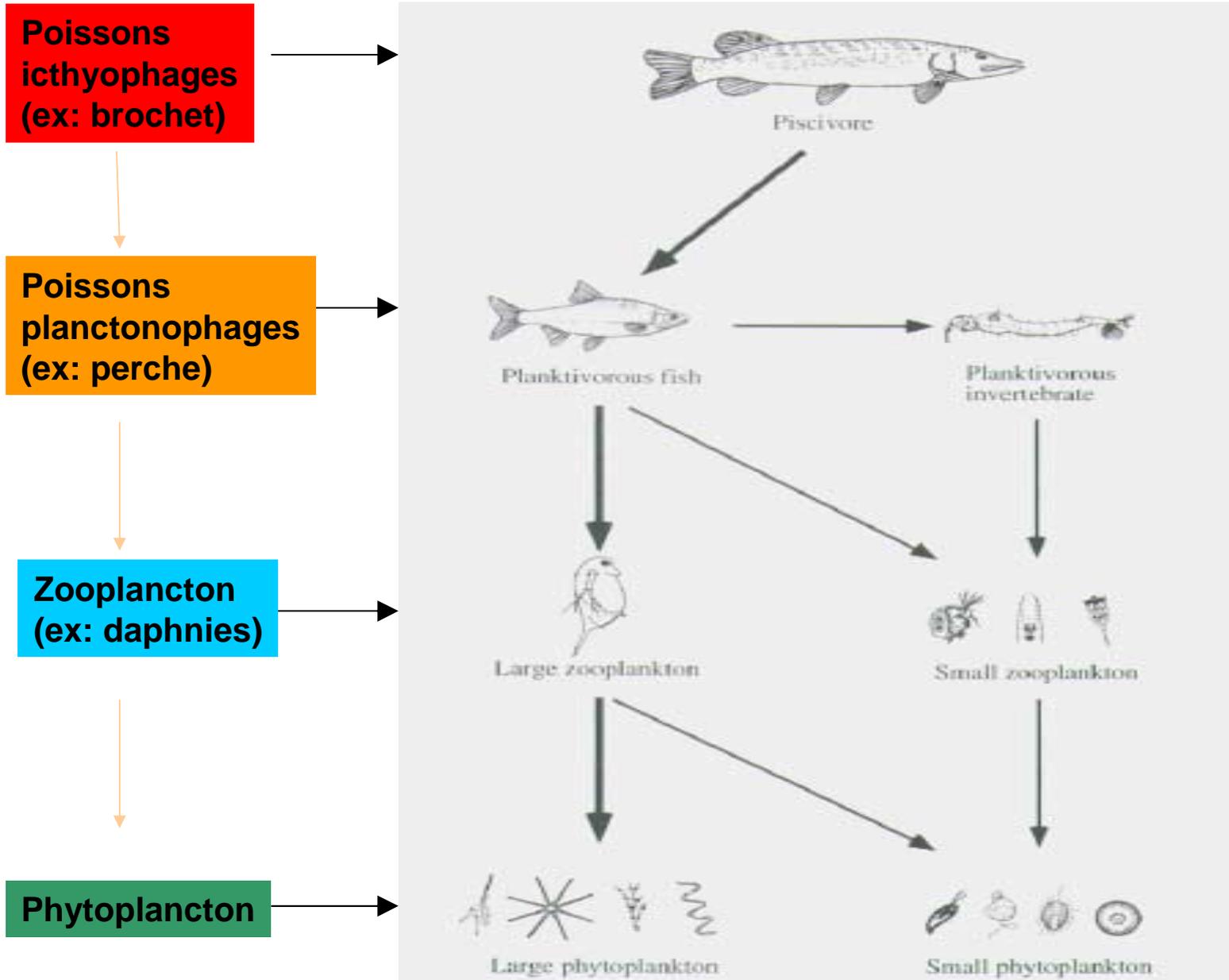
Mollusques

Escargots (3) = pas forcément bon signe ?

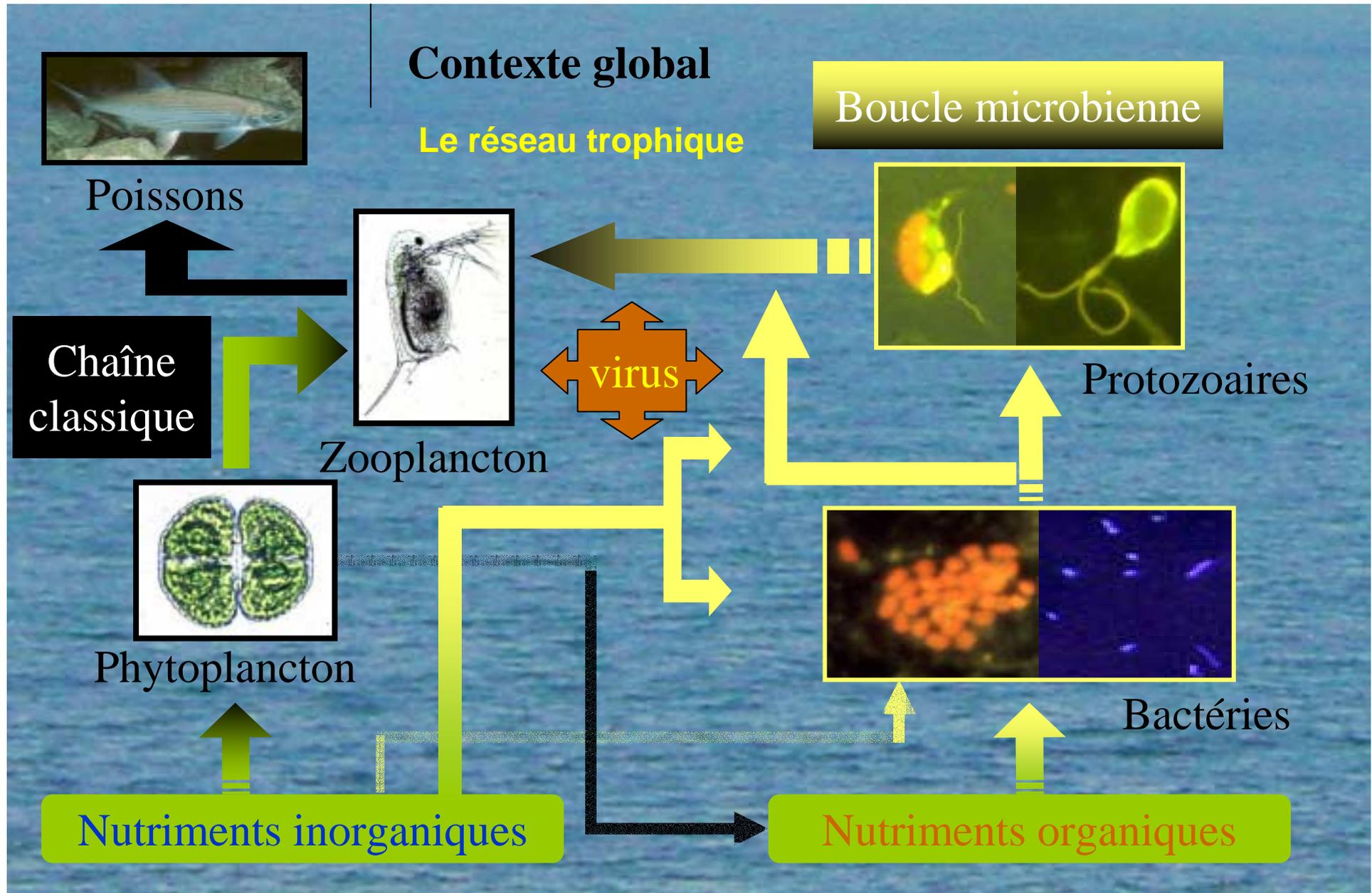


Petit escargot operculé
invasive

Quand les « gros » ont besoin des petits



Réseau trophique pélagique



Avec quelques chiffres

Abondance des organismes dans 1 ml d'échantillon d'eau (lac, mer, océan)

Virus / phages 10 000 000

Bactéries hétérotrophes 1 000 000

Bactéries photosynthétiques 100 000

Protozoaires < 10 000

Microalgues < 5 000

Zooplancton << 1

Poissons 0

Quelques copépodes



*Eudiaptomus
gracilis f*

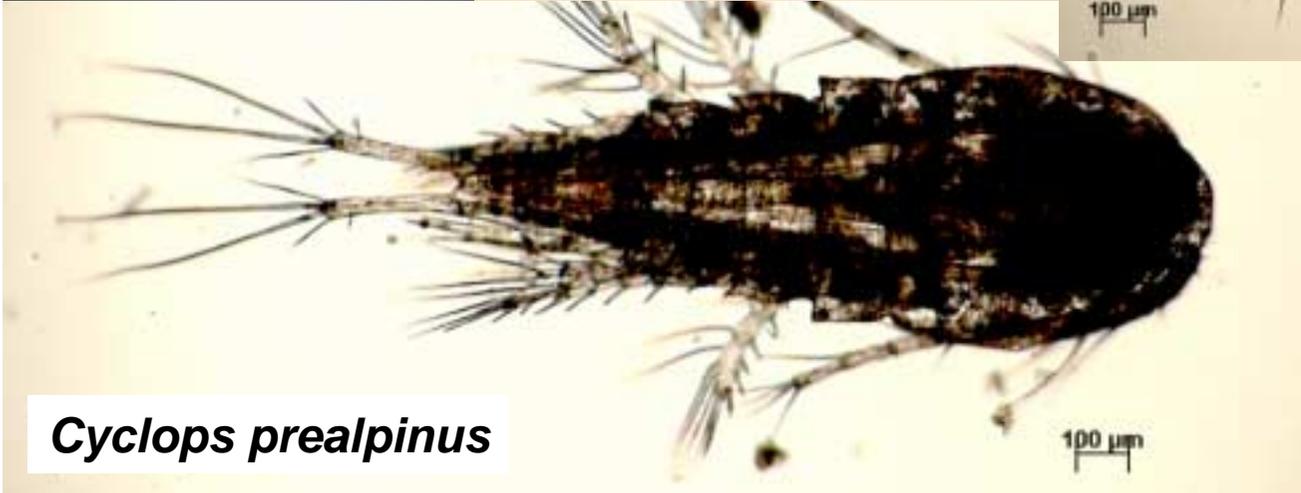


100 µm



Cyclops vicinus

100 µm



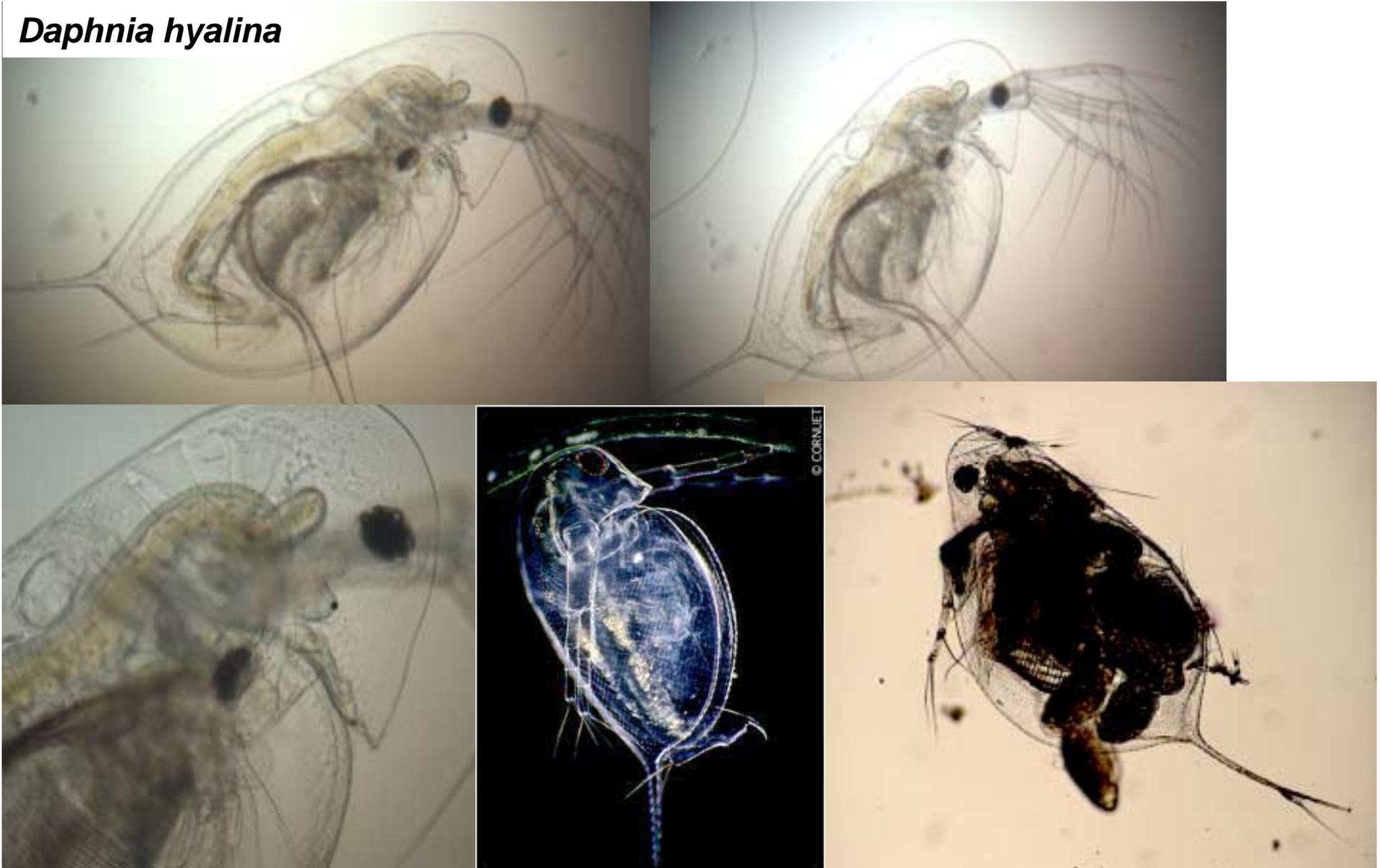
Cyclops prealpinus

100 µm

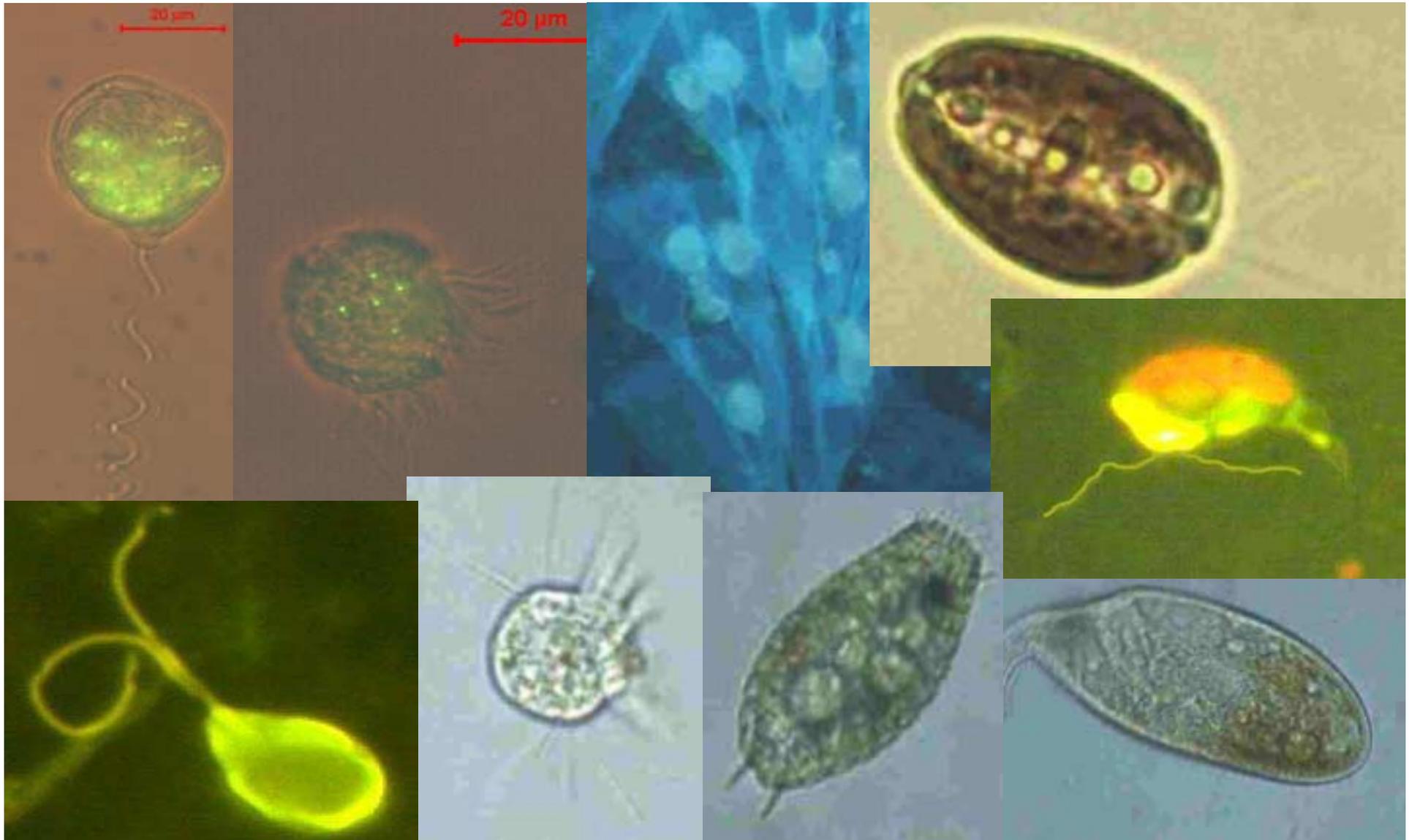
Chair saumonée des poissons

Quelques cladocères

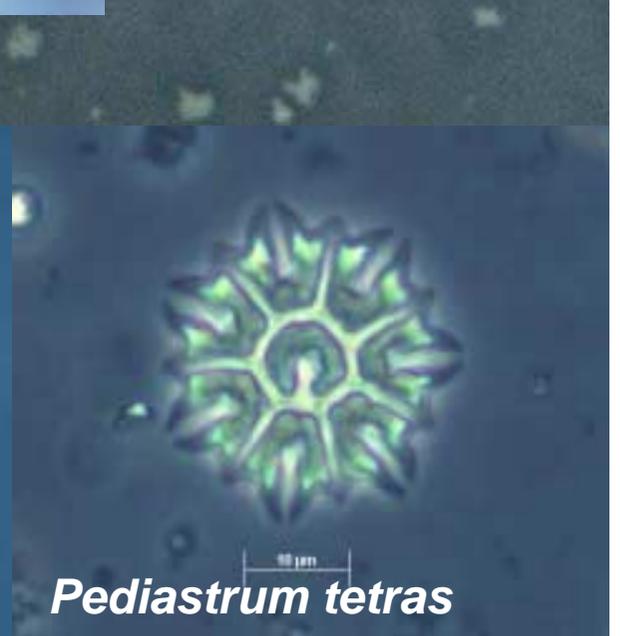
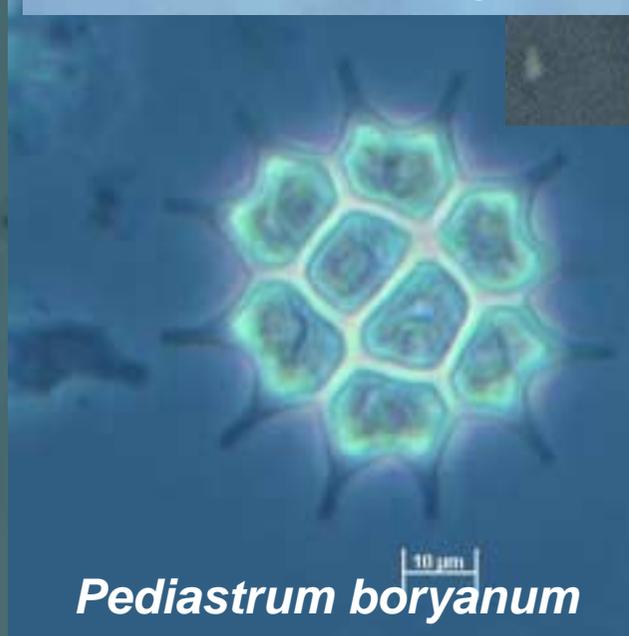
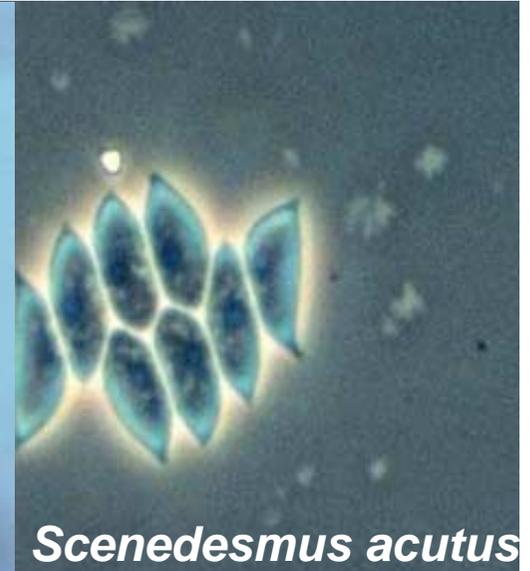
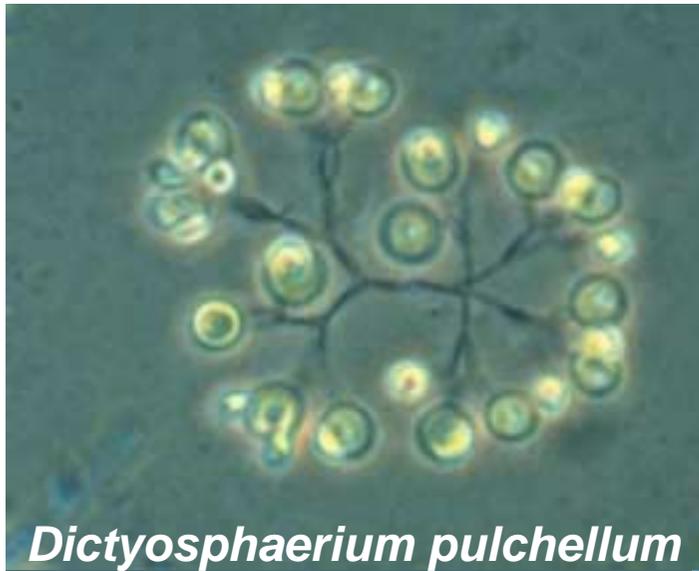
Daphnia hyalina



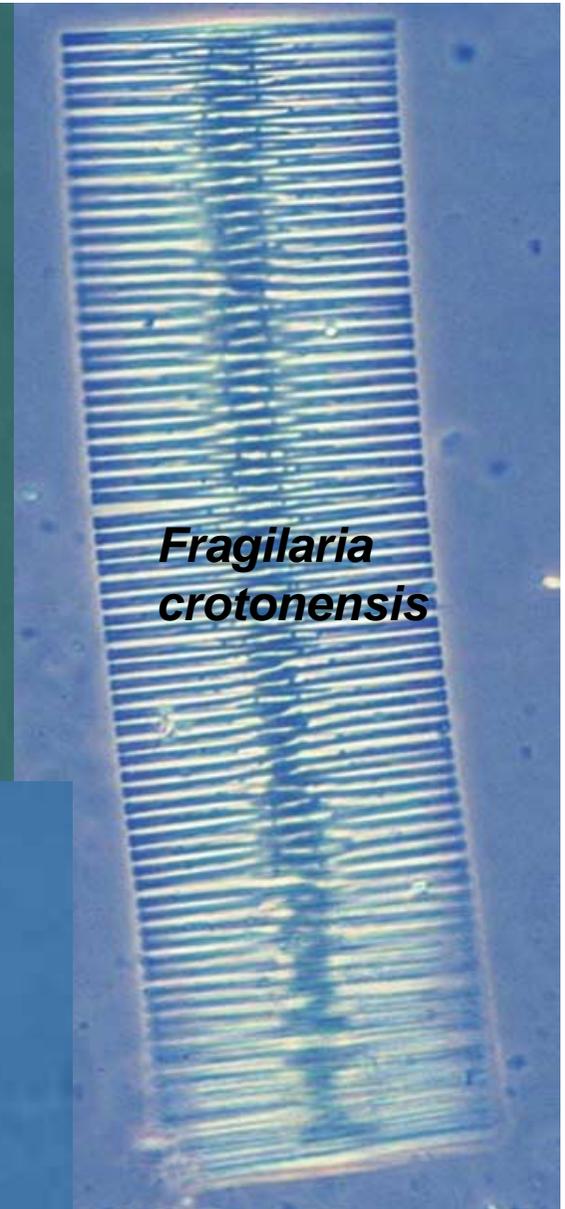
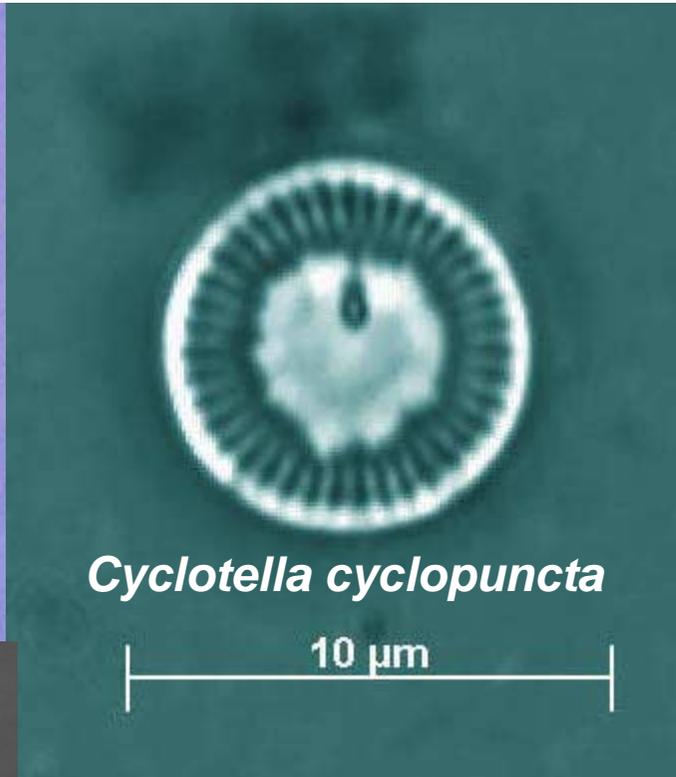
Quelques flagellés et ciliés



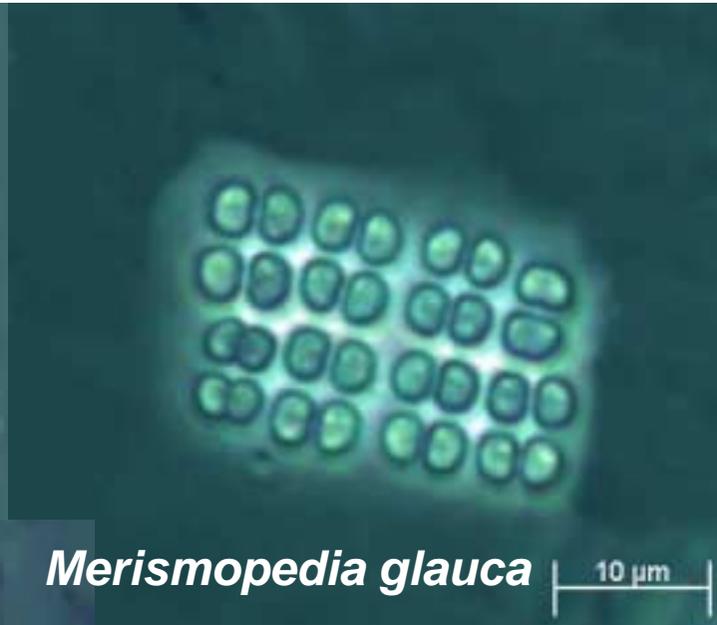
Quelques chlorophycées



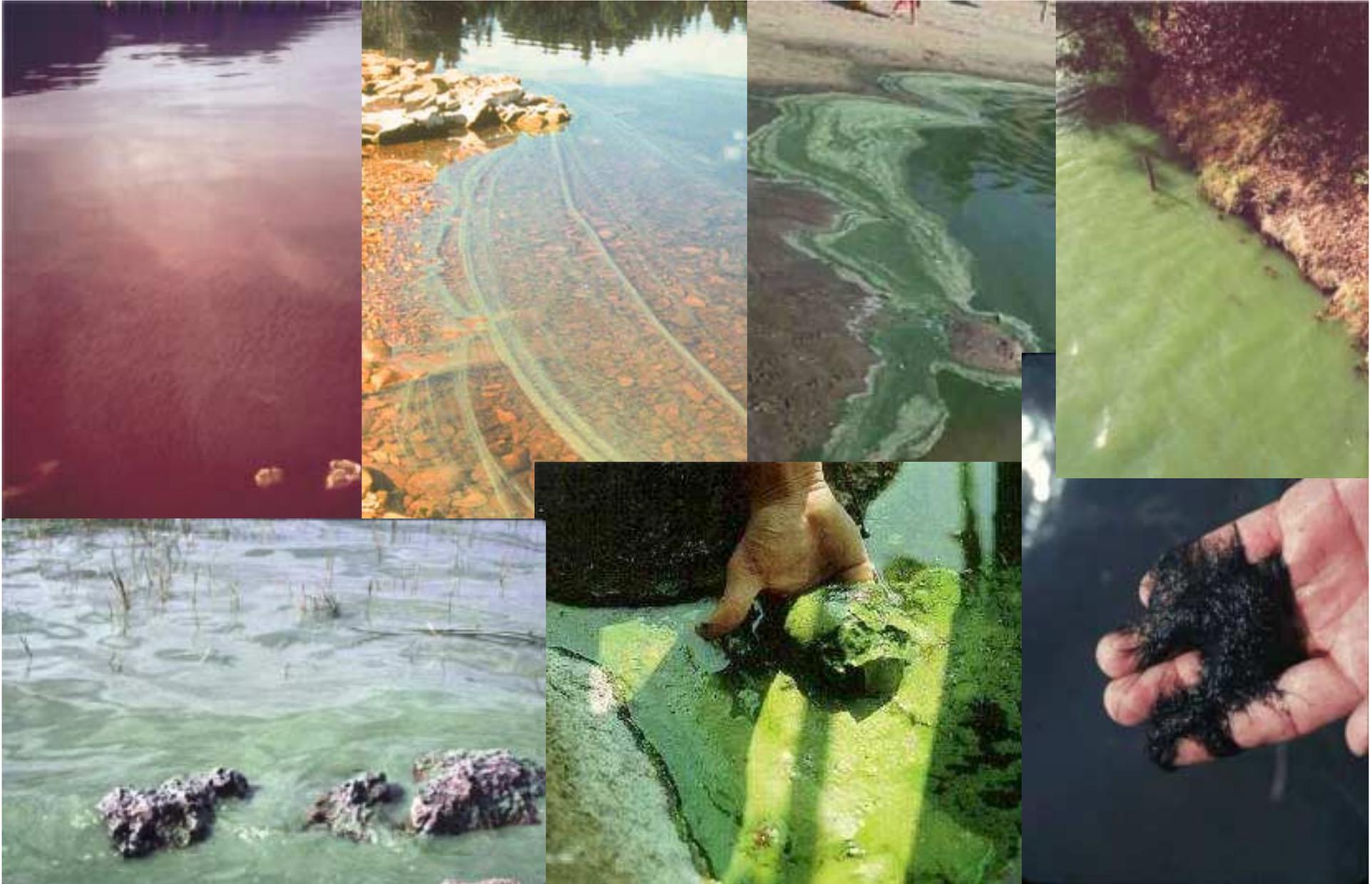
Quelques diatomées



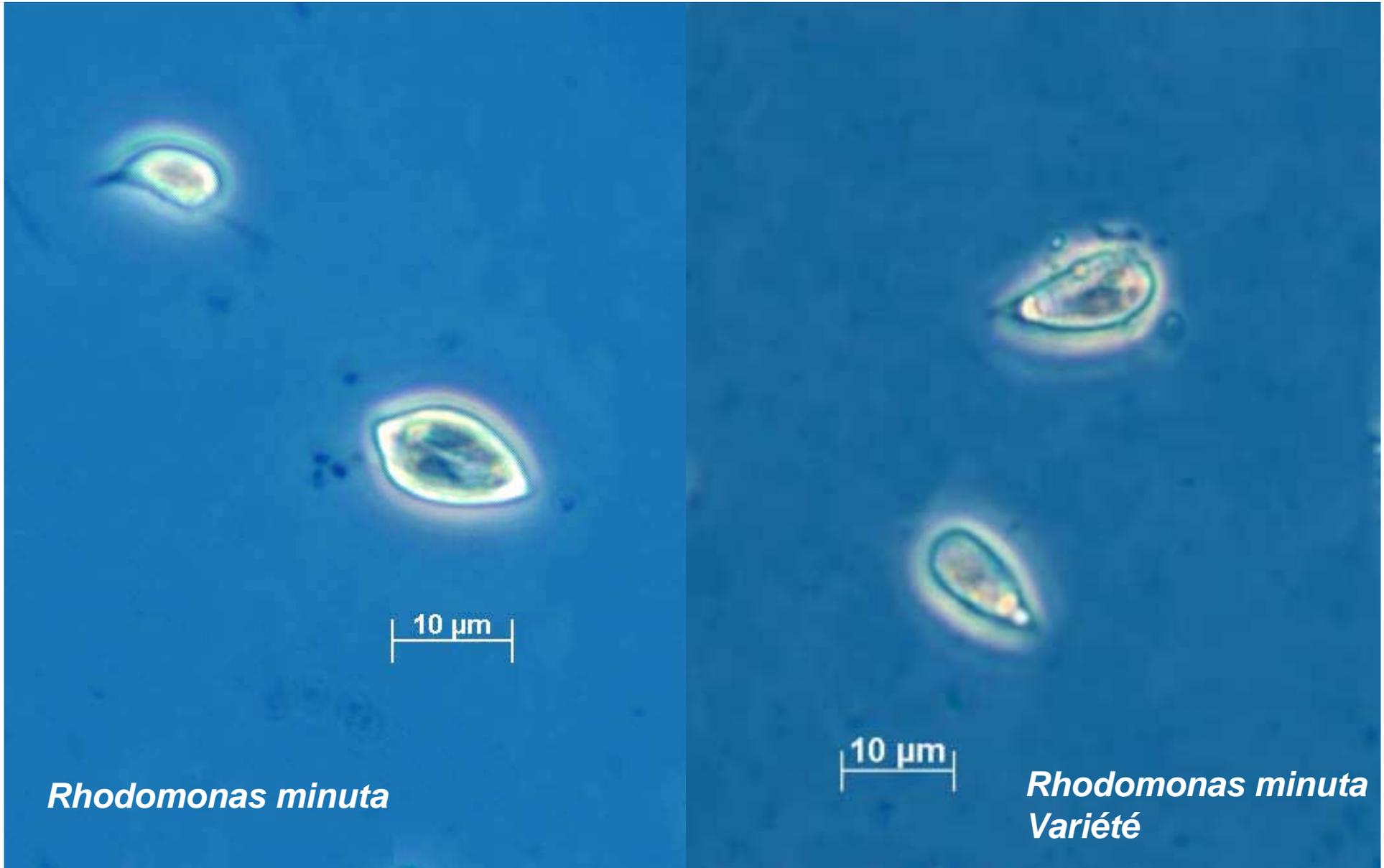
Quelques cyanobactéries



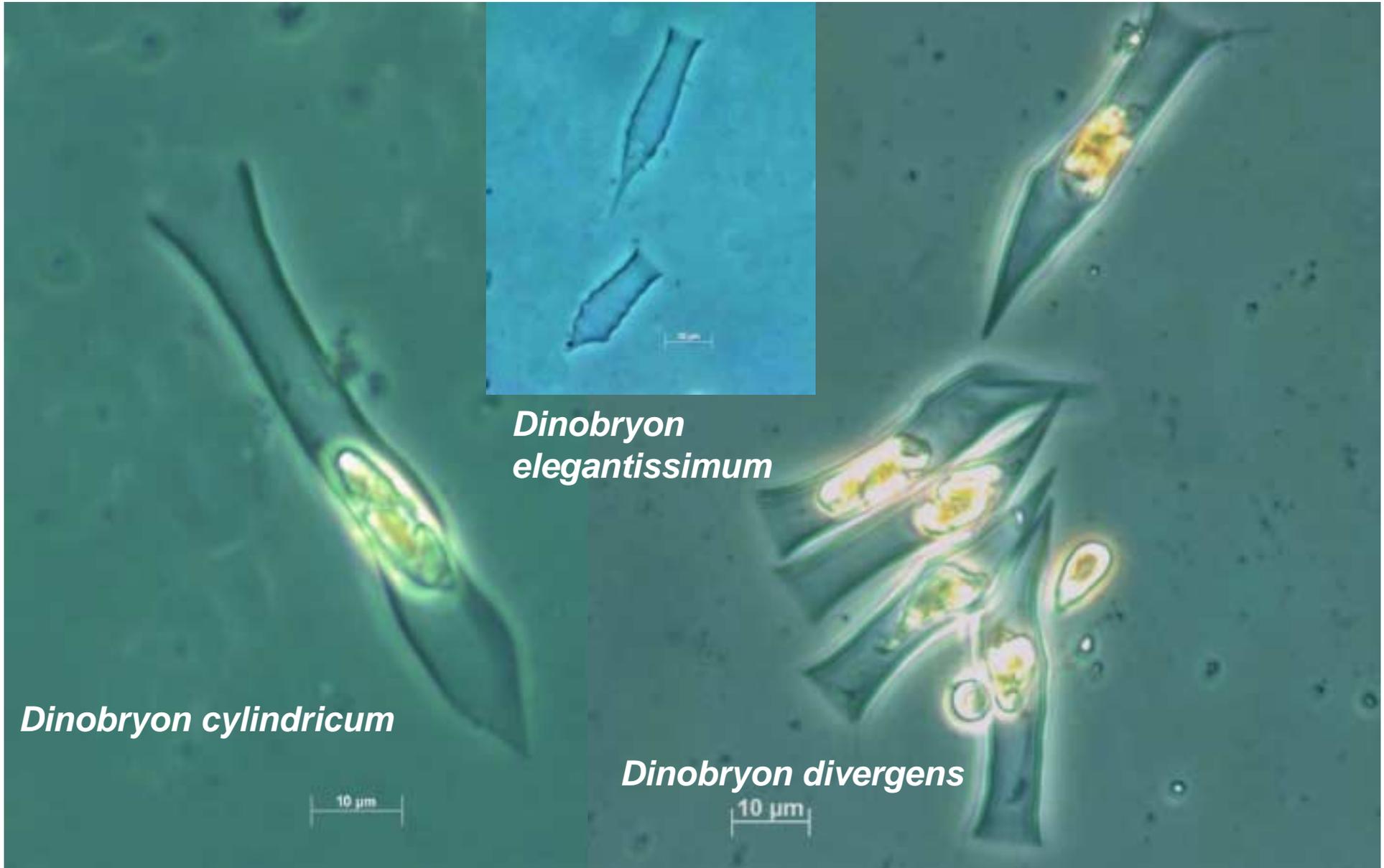
Quelques cyanobactéries



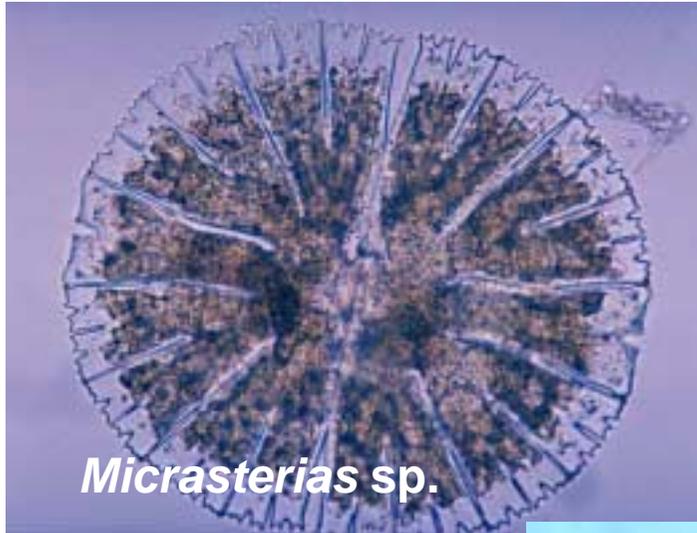
Quelques cryptophycées



Quelques chrysophycées



Quelques desmidiacées



Micrasterias sp.



Spyrogira sp.



Mougeotia sp.

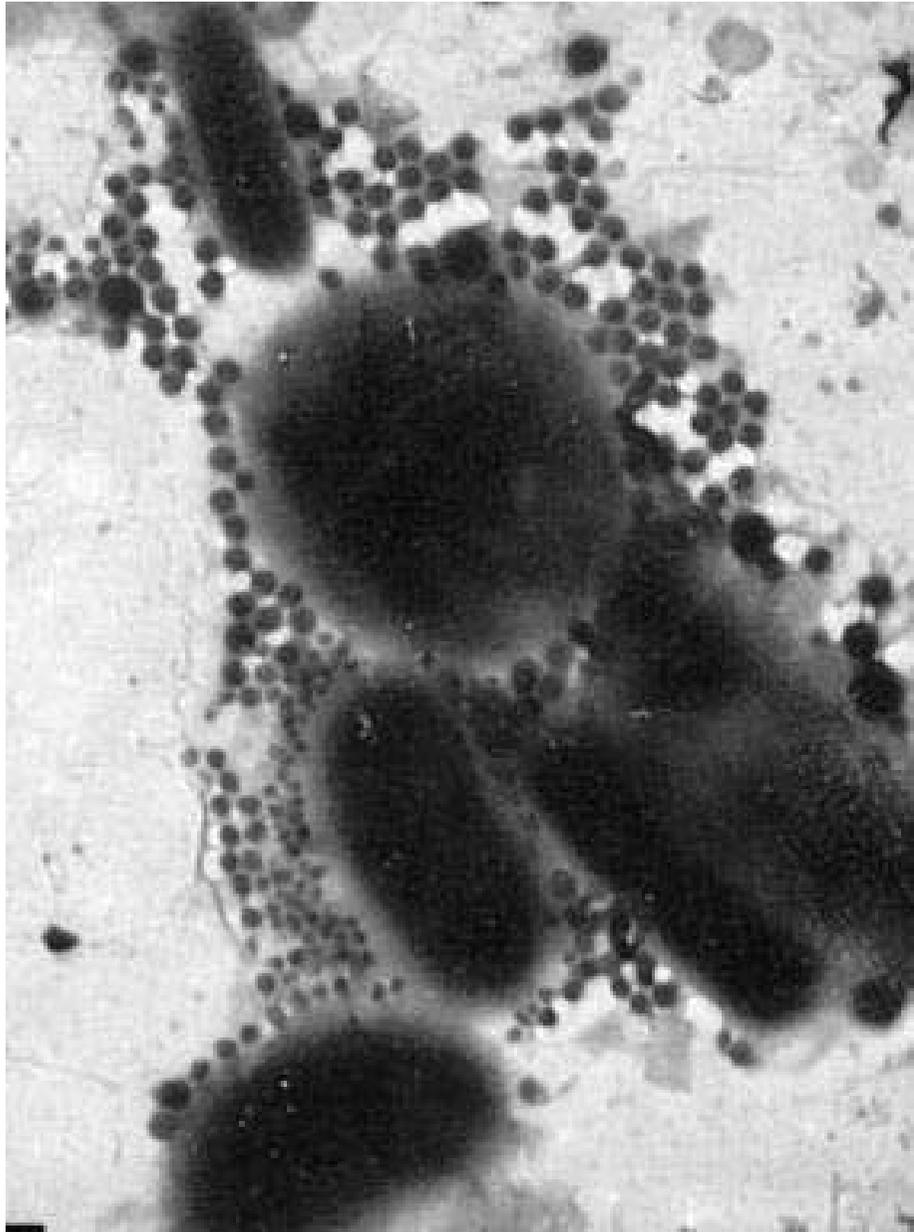


Ceratium hirundinella



Staurastrum sp.

Quelques virus et bactéries



Recherches en microbiologie aquatique

Quels sont les organismes ?

Identité, diversité, biodiversité

Que font-ils ?

Dynamique, succession d'espèces, rôle, fonction

Sont-ils dangereux ?

Toxicité, autre

Sont-ils (ir)remplaçables ?

Compétition, résistance, fitness

Recherches en microbiologie aquatique

Quels sont les organismes ?

Identité, diversité, biodiversité

Que font-ils ?

Dynamique, succession d'espèces, rôle, fonction

Sont-ils dangereux ?

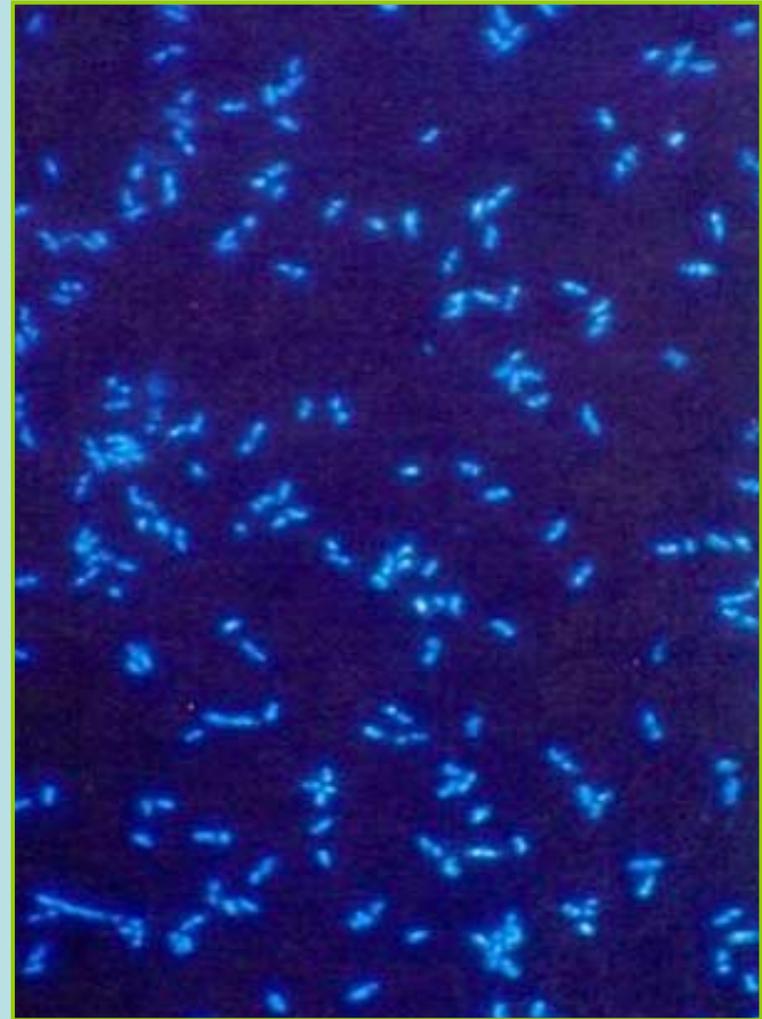
Toxicité, autre

Sont-ils (ir)remplaçables ?

Compétition, résistance, fitness

Recherches en microbiologie aquatique

Diversité des communautés naturelles



Recherches en microbiologie aquatique

Quelles techniques pour analyser la diversité ?

- Méthodes classiques:

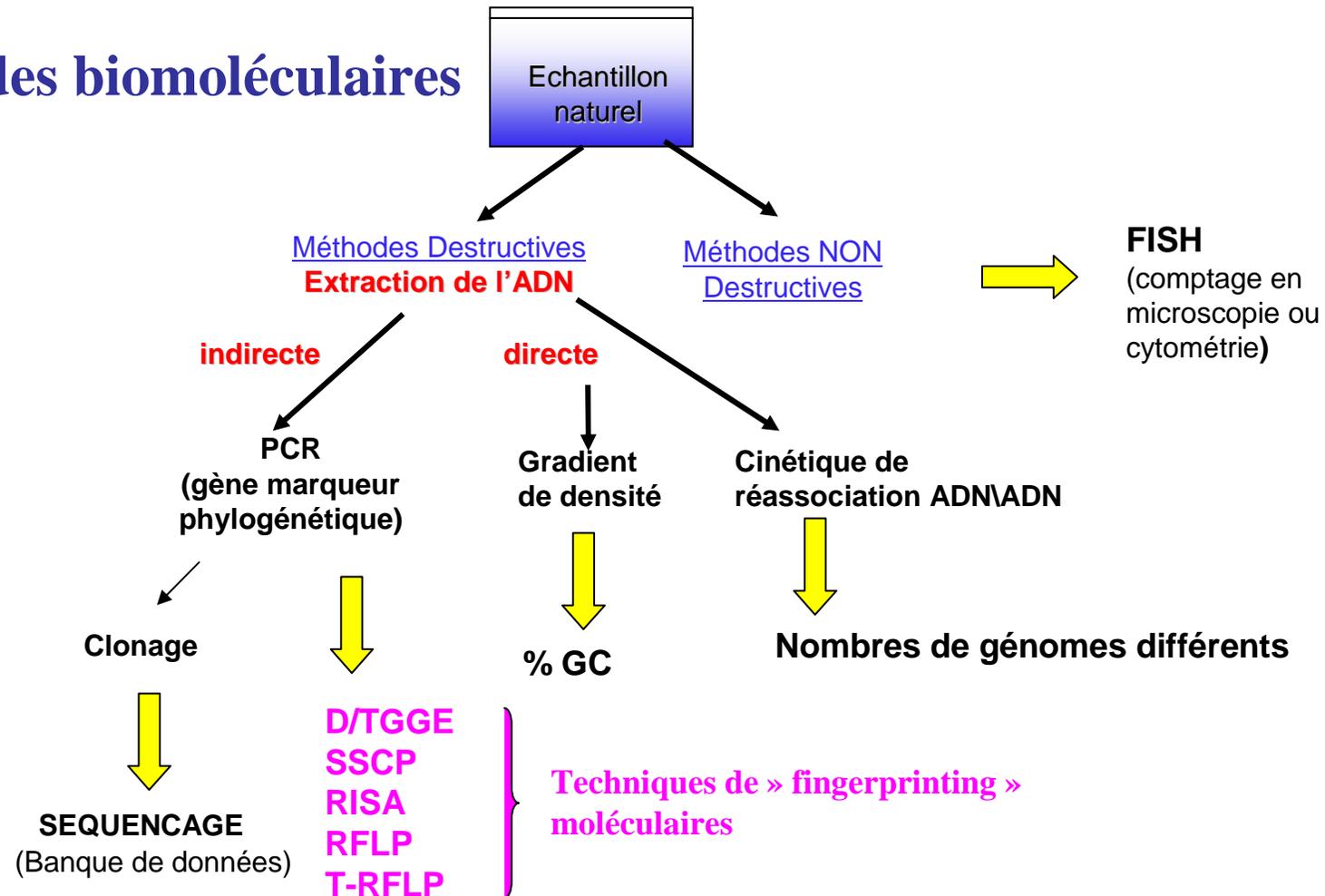
- Nombre restreint d'échantillons (temps, coût, expertise)
- 1-5% de micro-organismes sont cultivables (sous-estimation)

- Méthodes biomoléculaires:

- Différentes techniques pour différentes questions
- Méthodes qui ne nécessitent pas la mise en cultures
- Méthodes non-destructives (FISH,...)
- Méthodes destructives (SSCP, DGGE,...)

Recherches en microbiologie aquatique

Méthodes biomoléculaires



Recherches en microbiologie aquatique

Quels sont les organismes ?

Identité, diversité, biodiversité

Que font-ils ?

Dynamique, succession d'espèces, rôle, fonction

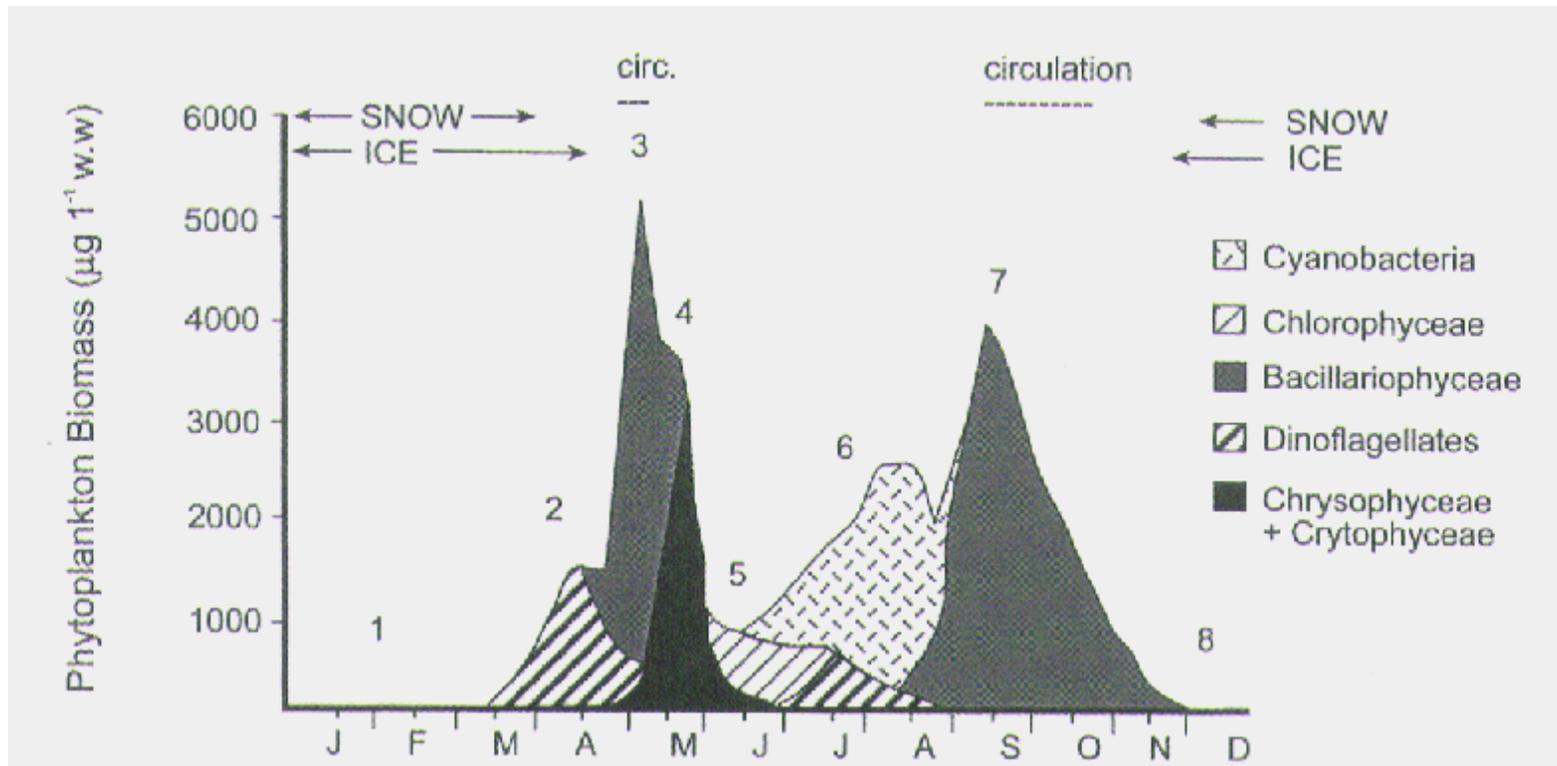
Sont-ils dangereux ?

Toxicité, autre

Sont-ils (ir)remplaçables ?

Compétition, résistance, fitness

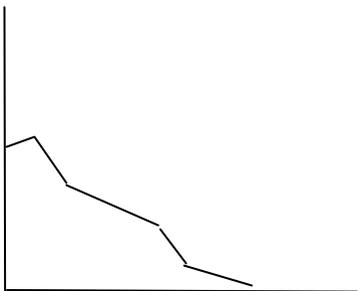
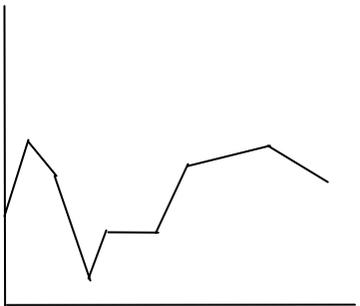
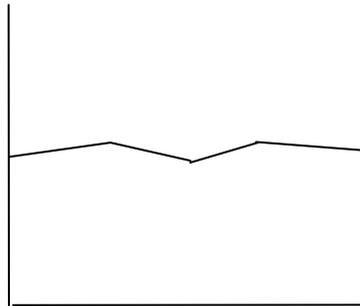
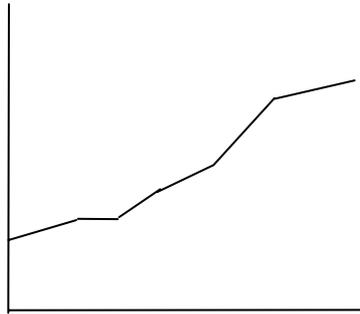
Recherches en microbiologie aquatique



Quels sont les facteurs environnementaux et les processus favorisant ou non la croissance des populations phytoplanctoniques ?

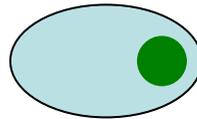
La dynamique des populations

Effectif des populations

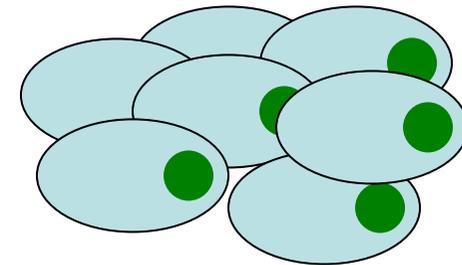


Temps

Propriétés individuelles
des organismes

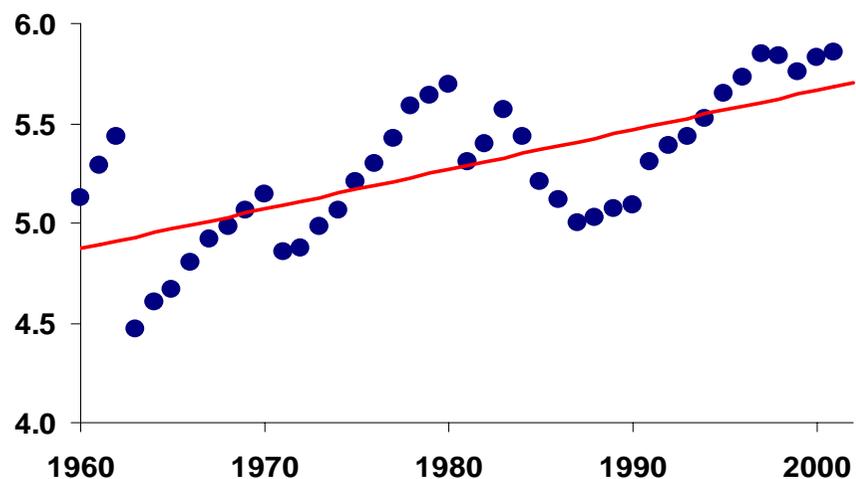


populations

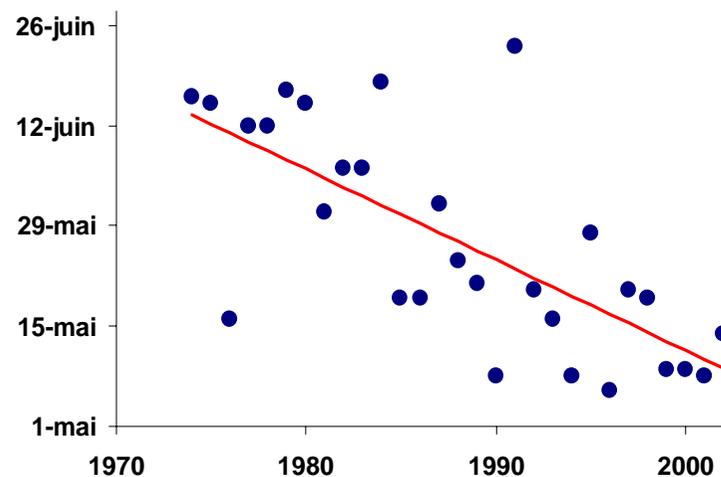


-----Facteurs-----		
physiques	chimiques	biologiques
Lumière	Nutriments	Nourriture
Température	Salinité	Prédation
Turbulence	Polluants	Compétition
Advection	Toxines	Lyse virale
Sédimentation		

Evolution des dynamiques planctoniques au cours d'une réoligotrophisation sur un fond de réchauffement climatique



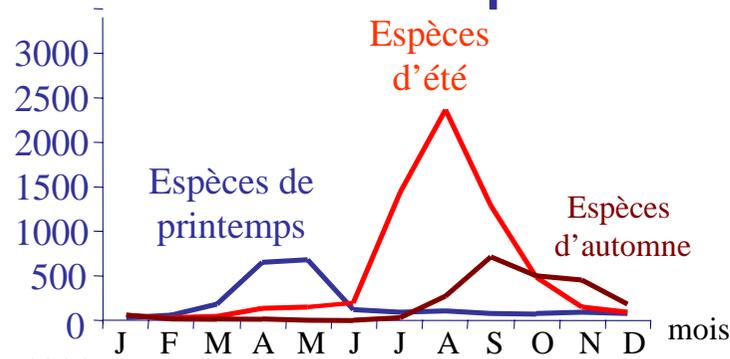
Moyennes annuelles des températures au fond du lac



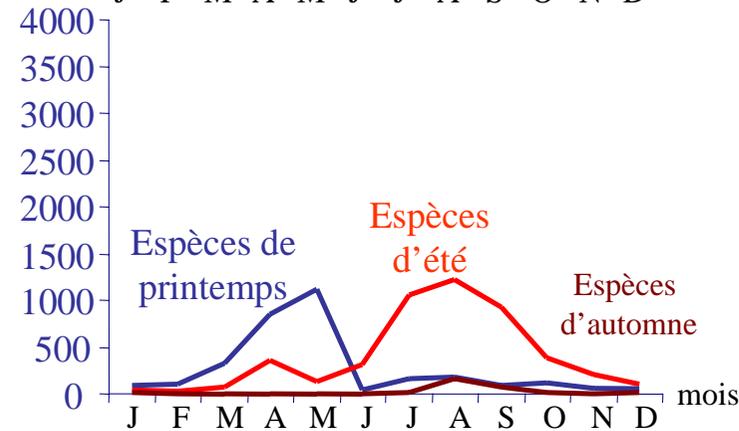
Date du début de stratification thermique

Pour le phytoplancton, le scénario dégagé rend compte d'une évolution plus saltatoire que régulière

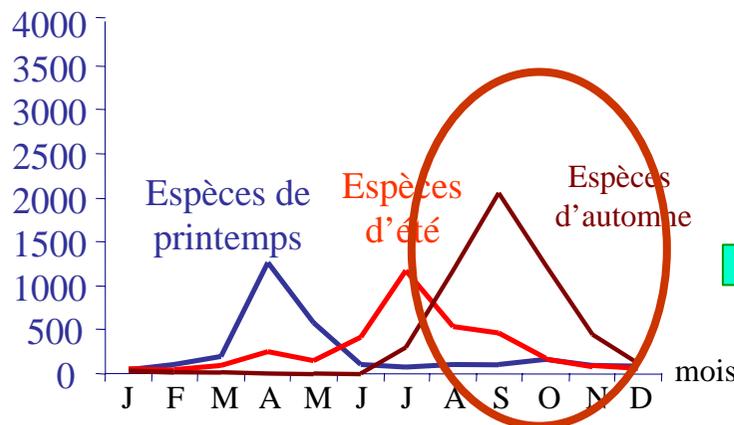
Jusqu'en 1985



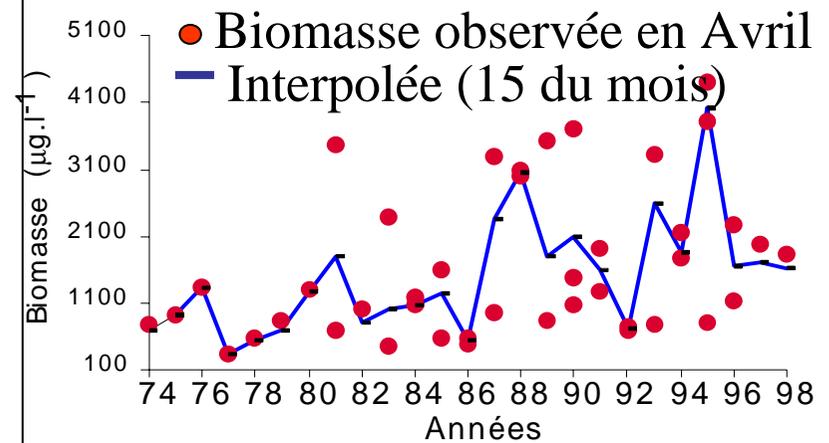
Période 1986-1991



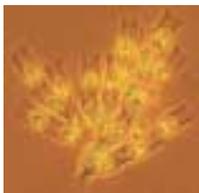
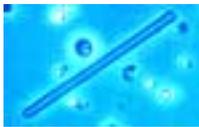
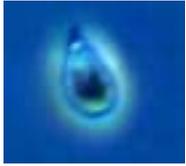
Période 1988-à nos jours



➤ La **cinétique** du développement vernal **tend à s'accélérer**

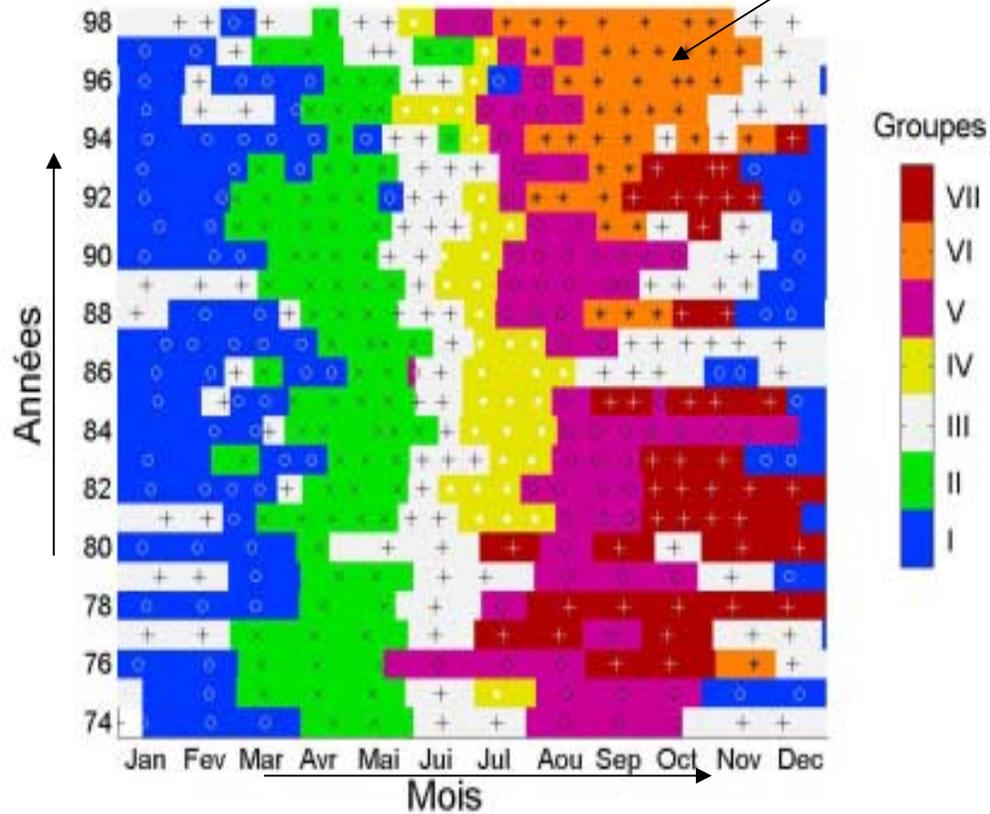
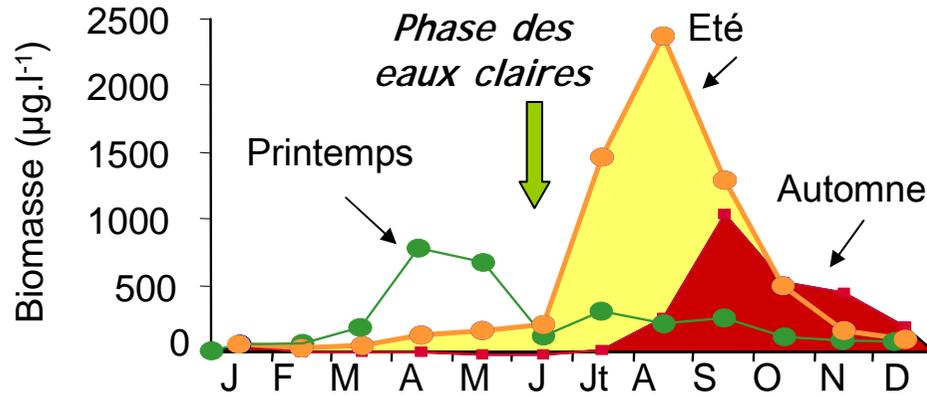


➤ Et les espèces indésirables, initialement automnales, sont revenues en force depuis 1988, et **s'accumulent de + en plus tôt** au cours de l'été



Phytoplankton...

Broutage par le zooplancton herbivore : Phase des eaux claires



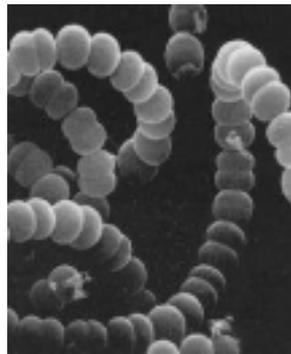
Les cyanobactéries

Les Cyanobactéries aussi appelées algues bleues ou algues vert-bleues sont des organismes intermédiaires entre bactéries et microalgues:

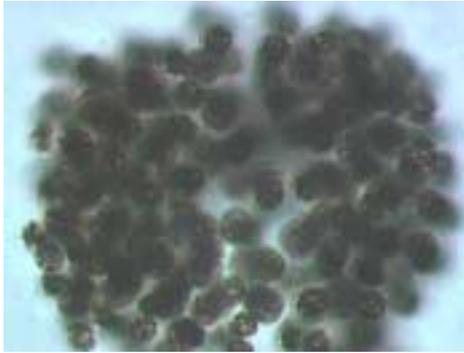
- bactéries car leurs cellules sont dépourvues de vrai noyau
- algues car elles contiennent des pigments photosynthétiques, typiquement la chlorophylle, la phycoérythrine, la phycocyanine.

Elles ont aussi des formes très variées:

- unicellulaires
- coloniales
- filamenteuses



Les cyanobactéries



Microcystis



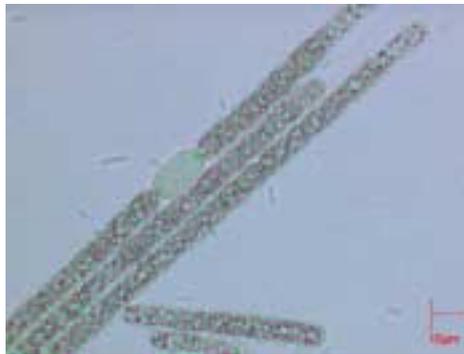
Anabaena



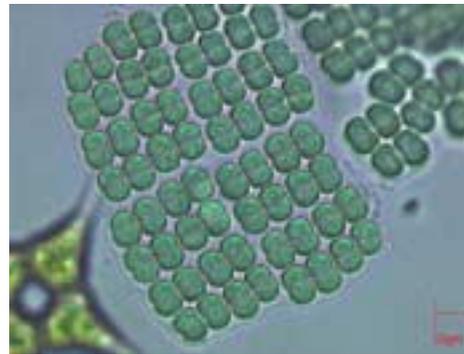
Anabaena



Gomphosphaeria



Aphanizomenon



Merismopedia



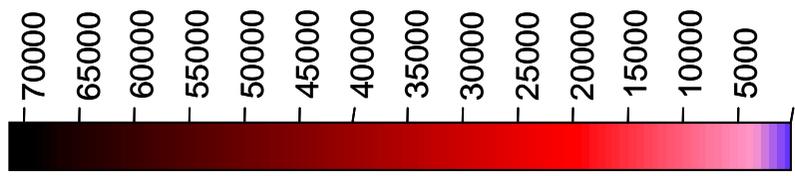
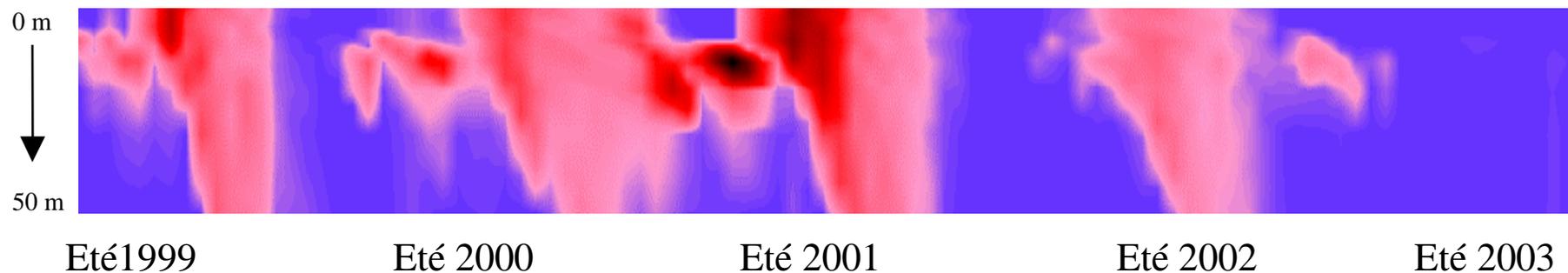
Microcystis



Planktothrix

En 1476 eut lieu la bataille de Morat (Suisse) au cours de laquelle les troupes de Charles le Téméraire furent défaites et précipitées dans le lac du même nom. A la suite de quoi le lac devint rouge, couleur attribuée à la remontée du « **Sang des Bourguignons** » et due, en fait, à la prolifération de la cyanobactérie *Planktothrix rubescens*





Pourquoi les cyanobactéries « gagnent » souvent lorsqu'elles sont en situation de compétition ?

Contrôle des communautés phytoplanctoniques

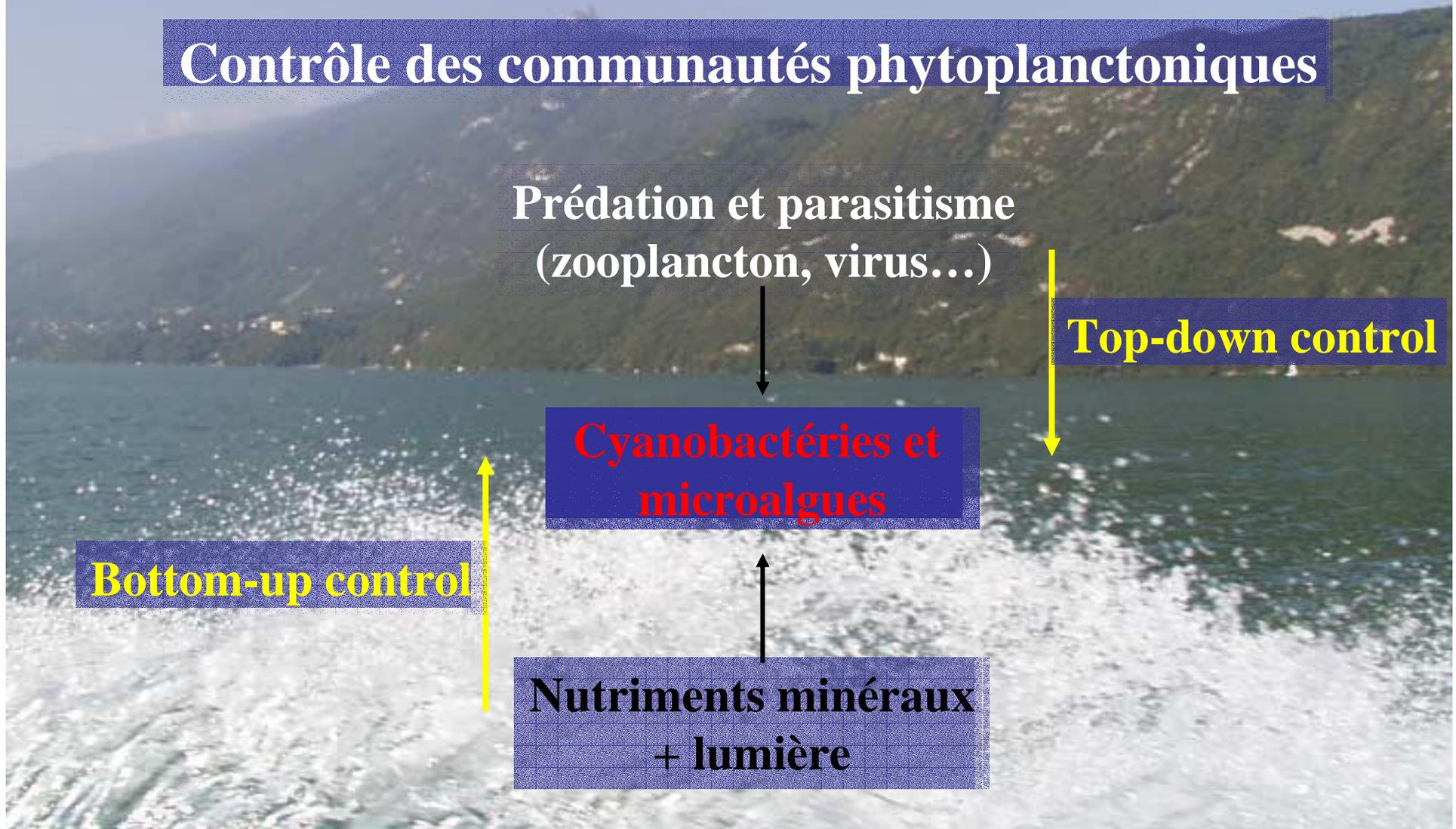
Prédation et parasitisme
(zooplancton, virus...)

Top-down control

Cyanobactéries et
microalgues

Bottom-up control

Nutriments minéraux
+ lumière



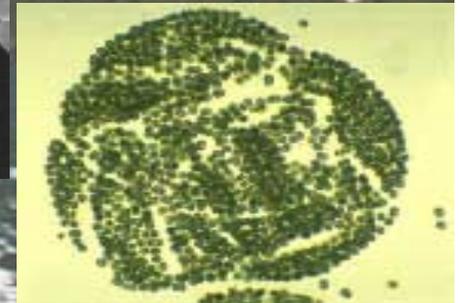
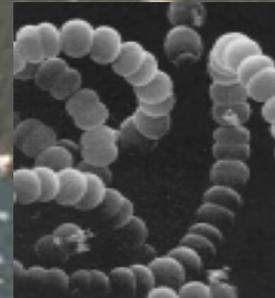
Pourquoi les cyanobactéries « gagnent » souvent lorsqu'elles sont en situation de compétition ?

- Contrôle de la flotabilité
- Présence de cellules spécialisées (hétéocystes, akinètes)
- Capacité de faire des réserves
- Pigments accessoires (phycoérythrine, ...)

- Organisation multi-cellulaire (filaments, colonies)
- Faible qualité nutritionnelle
- Synthèse de toxines



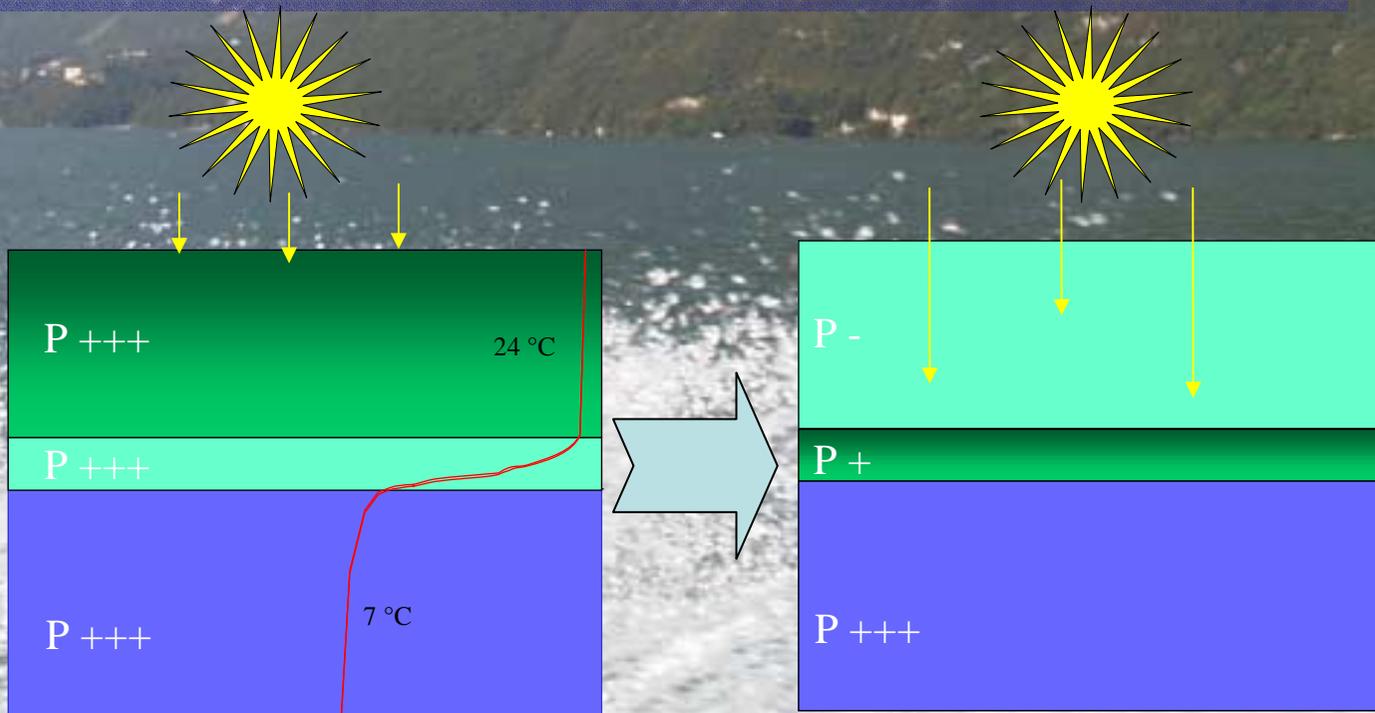
Utilisation lum / nuts



Défense contre les prédateurs

Le cas particulier de *P. rubescens* dans le Bourget

- adapté à faible lumière, faible conc. nutriments
- capacité de réserve et de photo-hétérotrophie
- été tardive – espèce automnale
- requiert une colonne d'eau stable
- capable de réguler sa flottabilité
- filamenteuse & toxique : faible pression des prédateurs
- probablement peu affecté par la lyse virale
- ...



Un scénario réaliste ?

Influence climatique
=
Hivers et printemps plus chauds

Pression humaine
=
Réduction de P

Avance du bloom printanier
& du dévelop. zooplanctonique

Eaux de surface
dépourvues de P

=
Avance du déclin des populations
& avance de la phase d'eaux claires

=
Enfoncement des populations
& la zone dépourvue de P

Espèces très compétitives pour
ce nouvel environnement :
faible nutriment, faible lumière, stabilité

Bourget, Léman,
Zurich, ...

Planktothrix rubescens

pas ou peu broutée

Recherches en microbiologie aquatique

Quels sont les organismes ?

Identité, diversité, biodiversité

Que font-ils ?

Dynamique, succession d'espèces, rôle, fonction

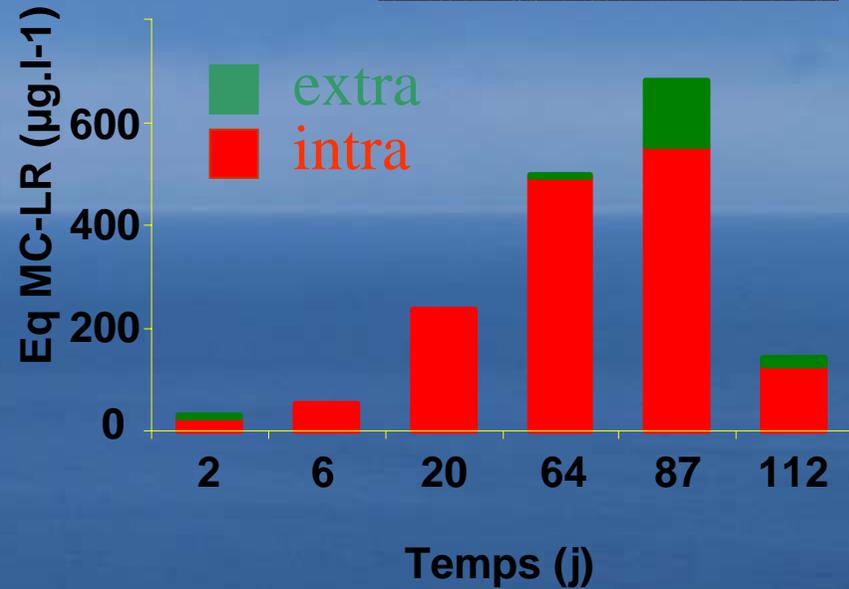
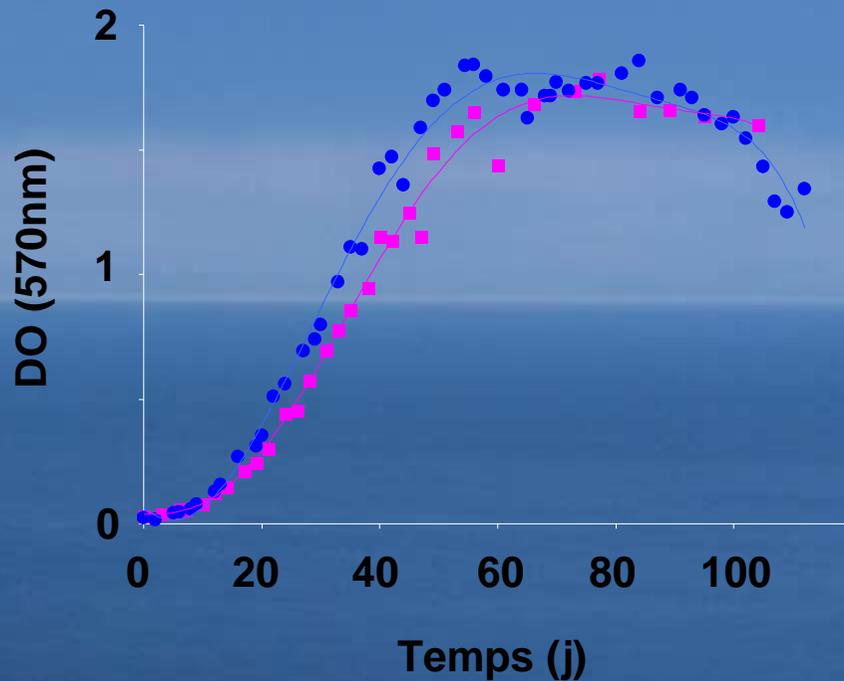
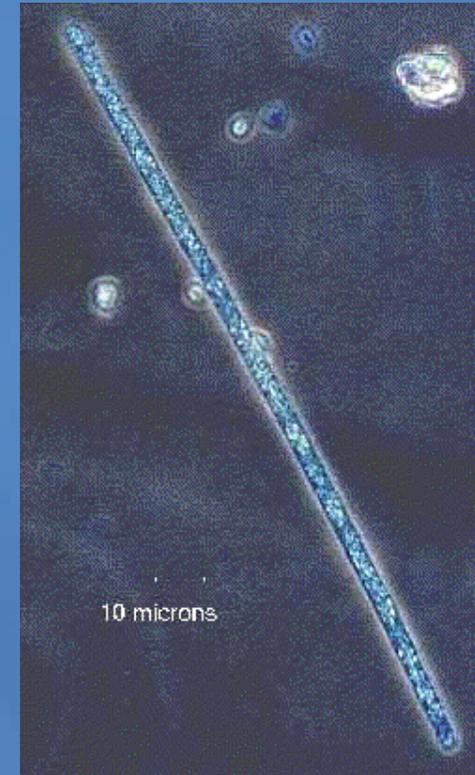
Sont-ils dangereux ?

Toxicité, autre

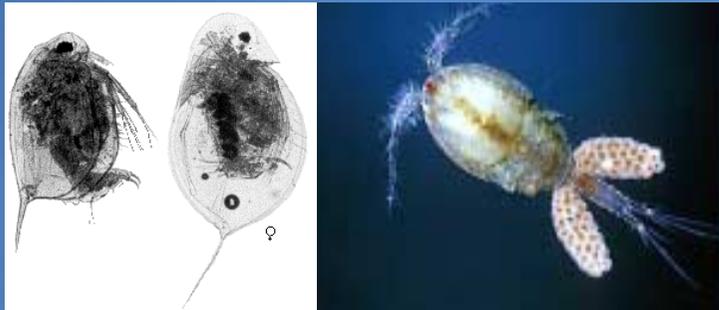
Sont-ils (ir)remplaçables ?

Compétition, résistance, fitness

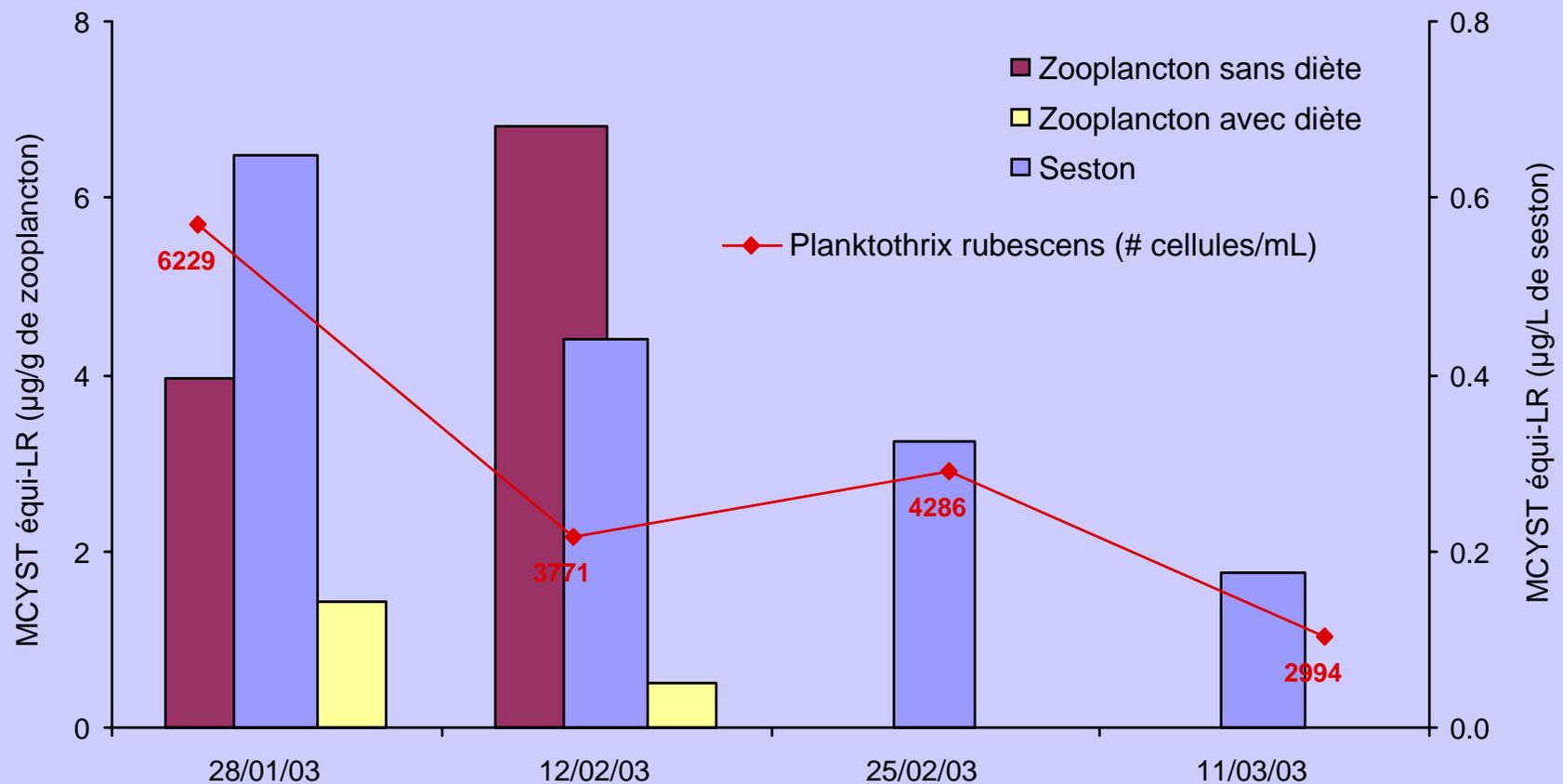
Expériences au laboratoire sur la croissance de l'espèce et sa production de toxines



Suivi *in situ*



Relations cyanobactérie - zooplancton





Planktothrix rubescens



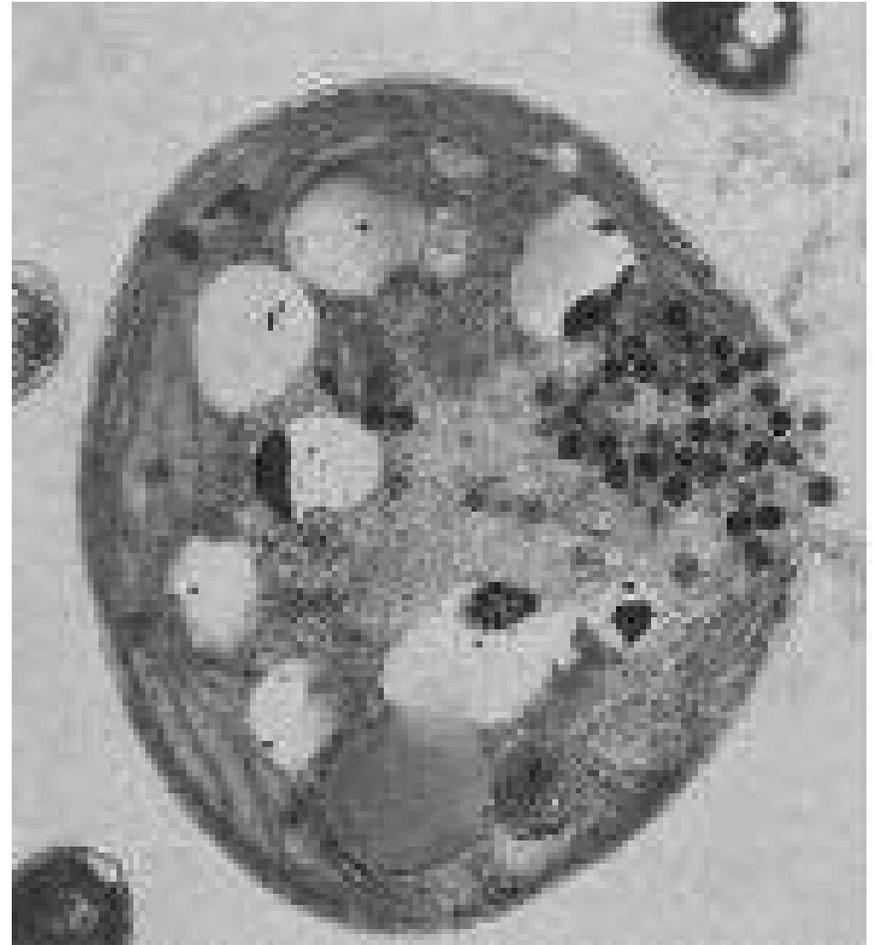
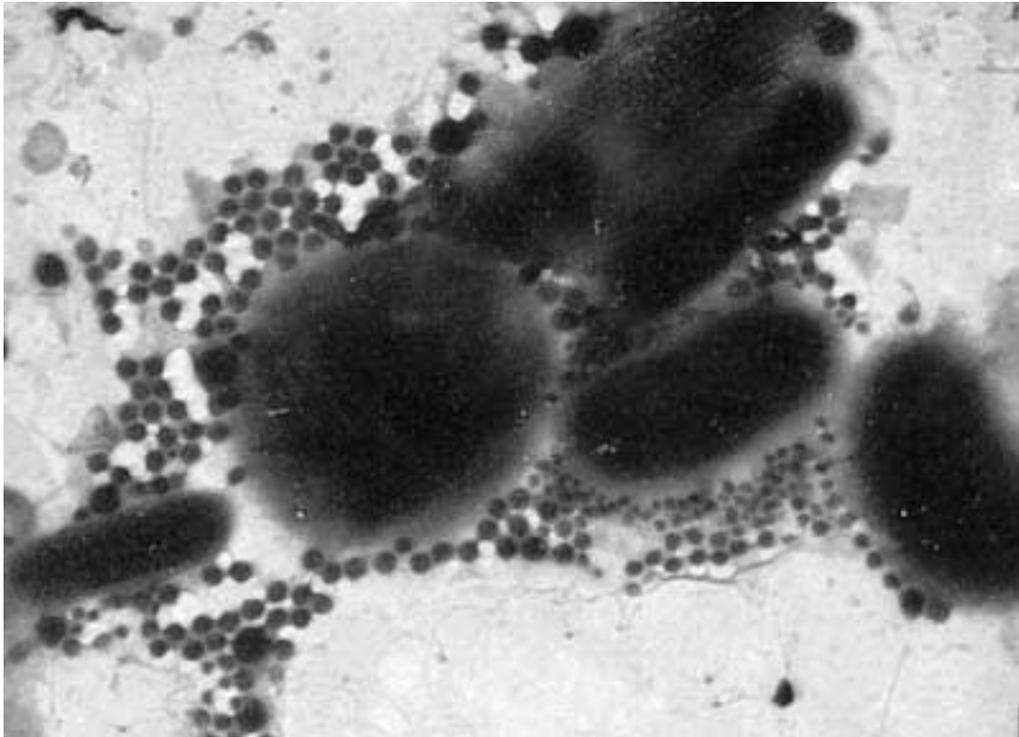
**Zooplancton
&
Toxines**



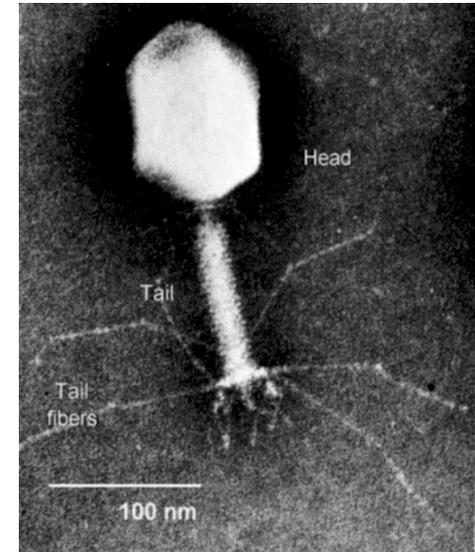
Vecteur de transfert

Accumulateur

Ecologie virale



Ecologie virale



1. Pourquoi s'y intéresser ?

- groupe biologique le plus abondant
- impact important sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes
- cycle de la matière (carbone, nutriments)
- l'écologie virale débute

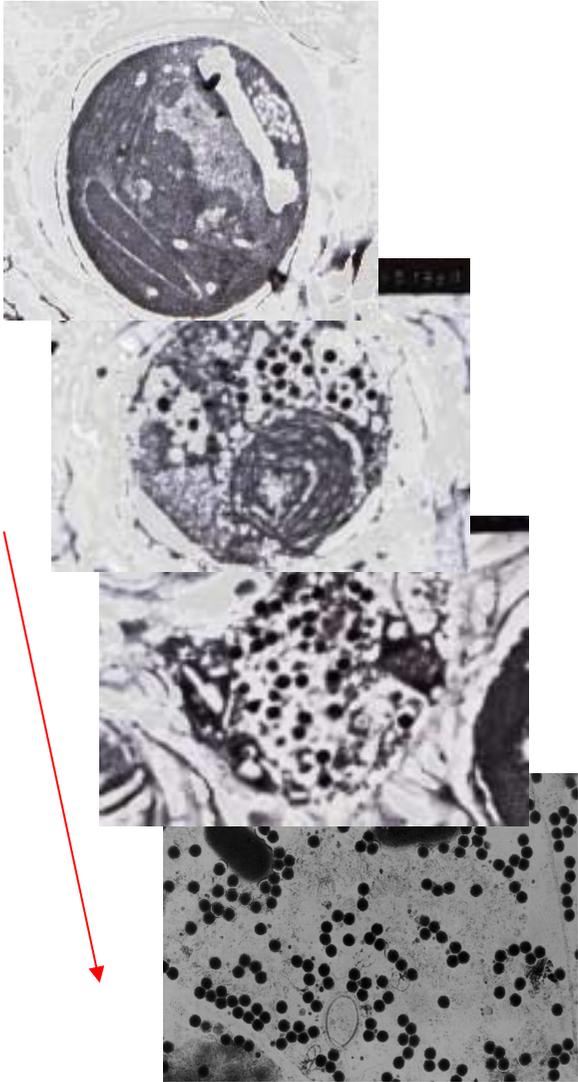
2. Quelle importance écologique ?

- réduction de la production primaire et bactérienne
- terminaison des efflorescences algales
- affectation de la dynamique des populations et de la diversité des communautés planctoniques
- transferts et recombinaisons génétiques

3. Applications potentielles ?

- contrôle des blooms à cyanobactéries toxiques

Ecologie virale



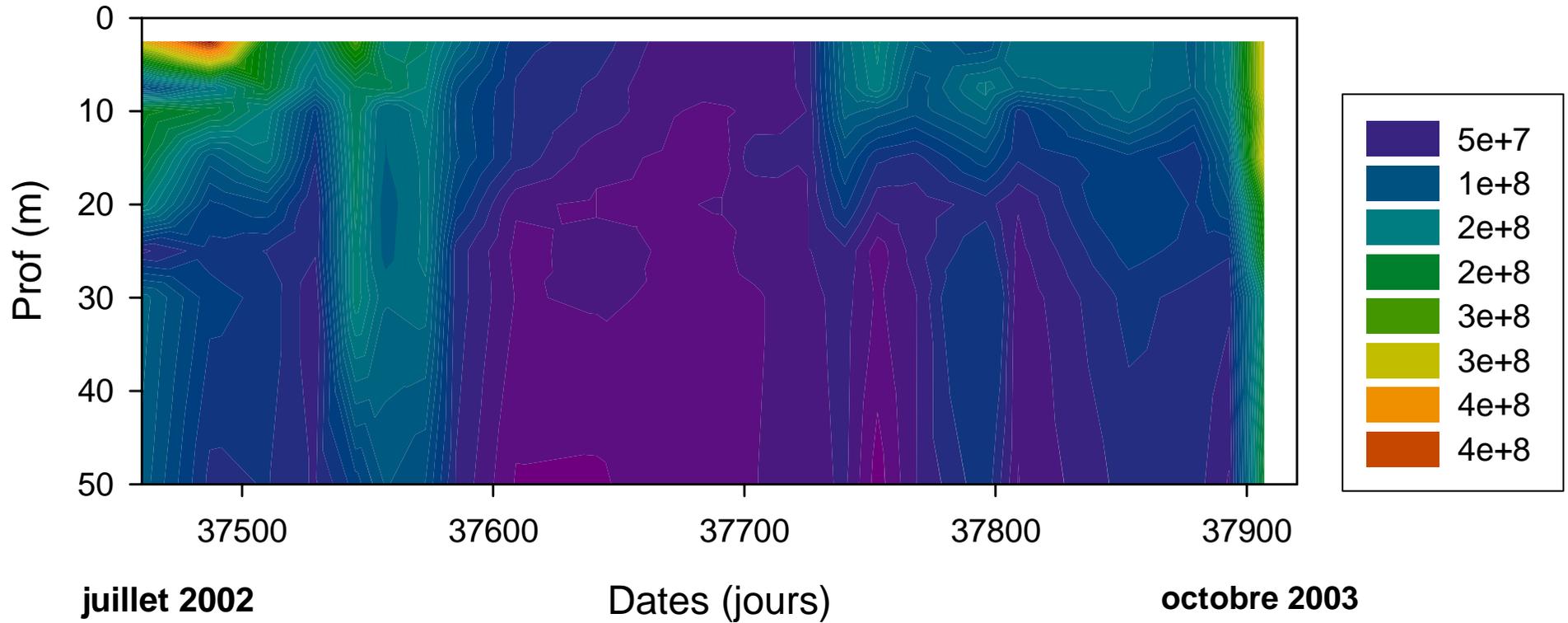
Quelle est la dynamique des communautés bactériennes et virales ?

Quelle est la diversité de ces communautés ?

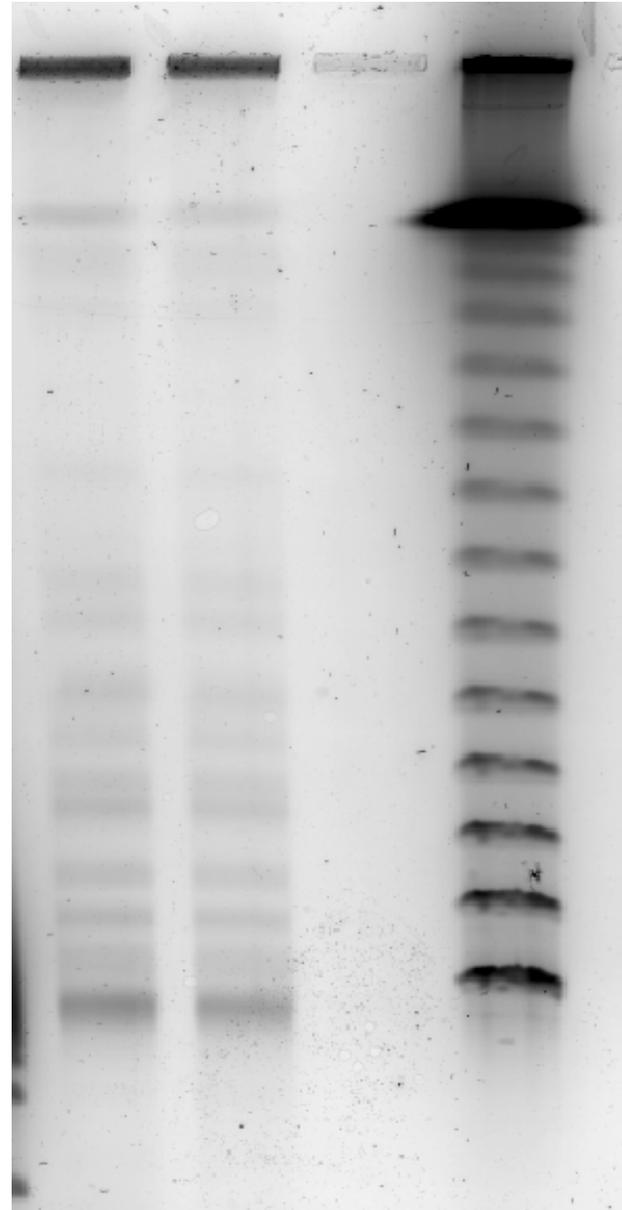
Quel est le rôle des virus en tant qu'agents de mortalité bactérienne ?

Ecologie virale

LAC LEMAN

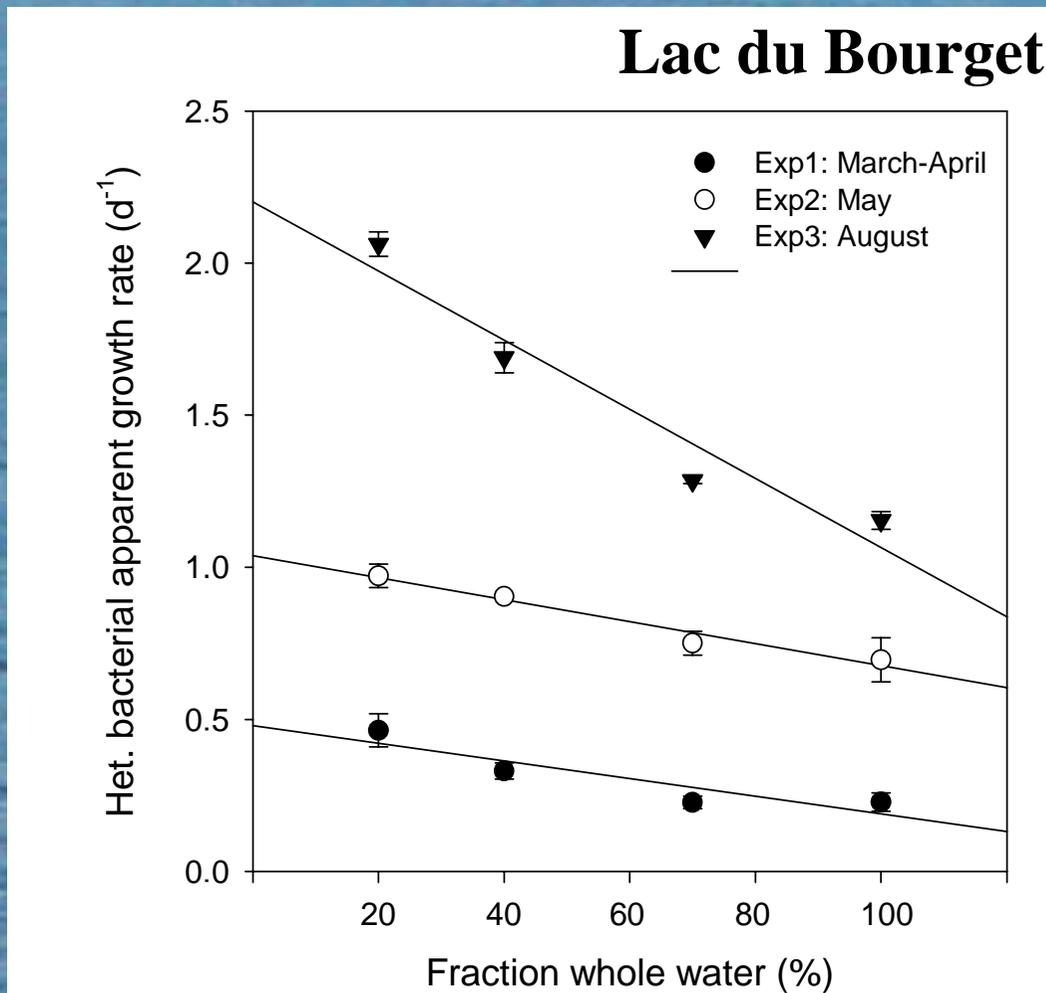


Ecologie virale



Ecologie virale

Impact sur la mortalité bactérienne « *in situ* »

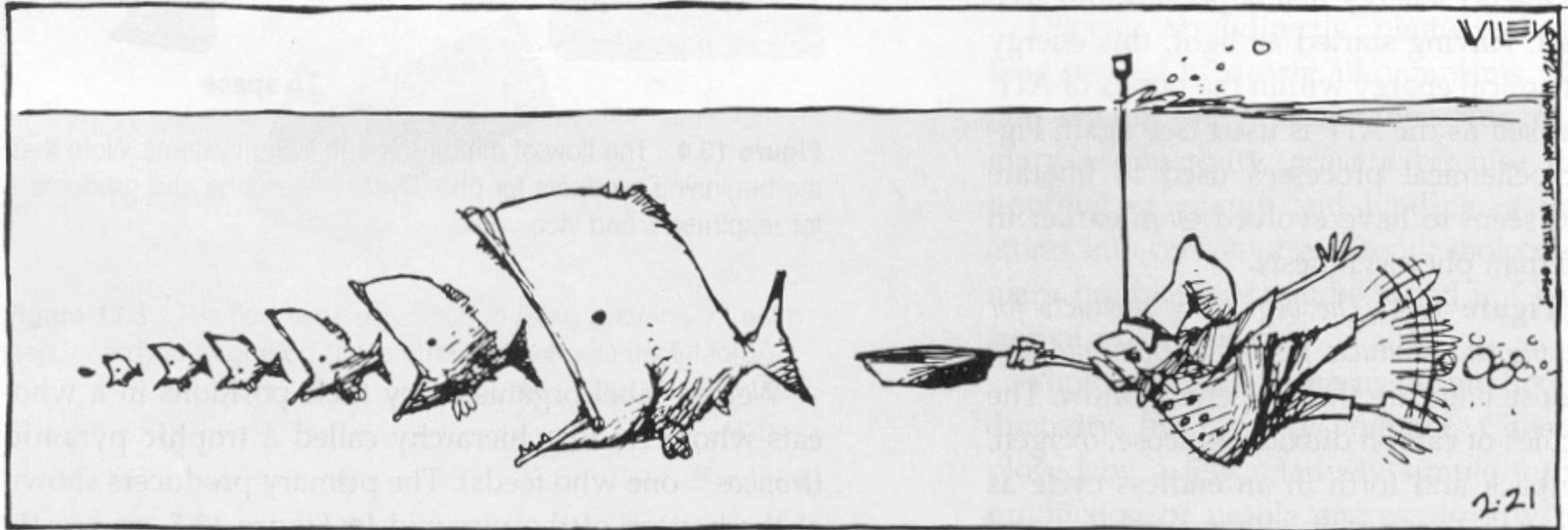


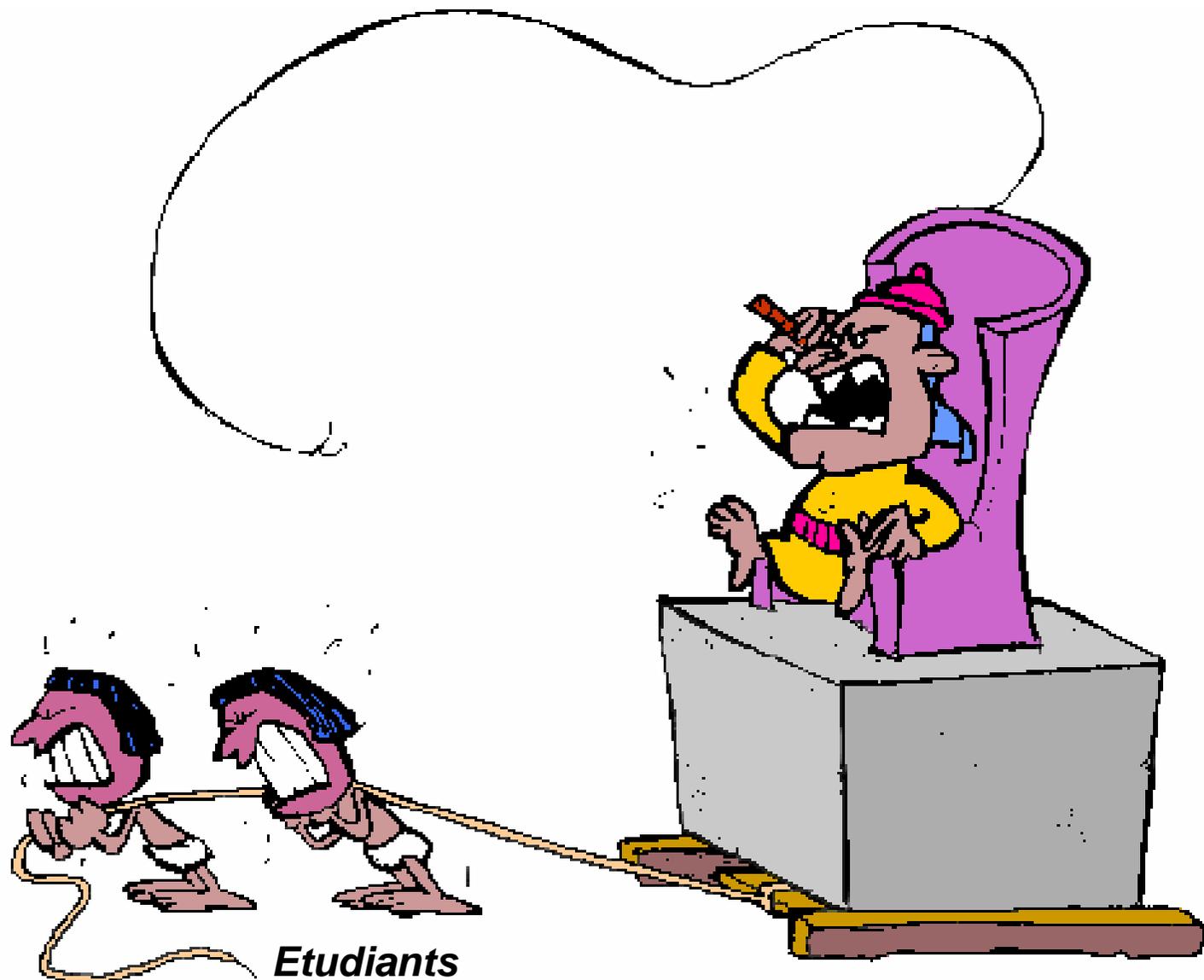
Mortalité journalière
imputable aux virus de

38 % en mars - avril
26 % en mai
34 % en août

Mortalité journalière
due aux protistes de

56 % en mars - avril
63 % en mai
18 % en août





***Etudiants
Stagiaires
Lycéens !***