



# Les Réseaux Trophiques Microbiens

## Structure et Facteurs de contrôle

*Le cas du lac du Bourget*

***Domaizon Isabelle***

***Personnic S., Dorigo U., Comte J., Duhamel S., Lepère C. \*, Mbade Sene A., Sime Ngando T. \*, Debroas D. \*, Leberre B., Millery A., Perney P., Fontvieille D.***

***Jacquet Stéphan***

UMR 42 CARTEL INRA Thonon les Bains - Université de Savoie Le Bourget du Lac

\* UMR CNRS 6023 Laboratoire Biologie des Protistes Université Blaise Pascal Clermont II

# LES ACTEURS des Réseaux Trophiques Microbiens

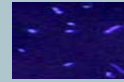
Des groupes fonctionnels variés définis en fonction de la taille et de la 'fonction trophique' des organismes

Picoplancton  
0.2- 3 µm

Nanoplancton  
3- 20 µm

Microplancton  
20 – 200 µm

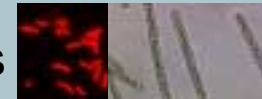
Bactéries hétérotrophes



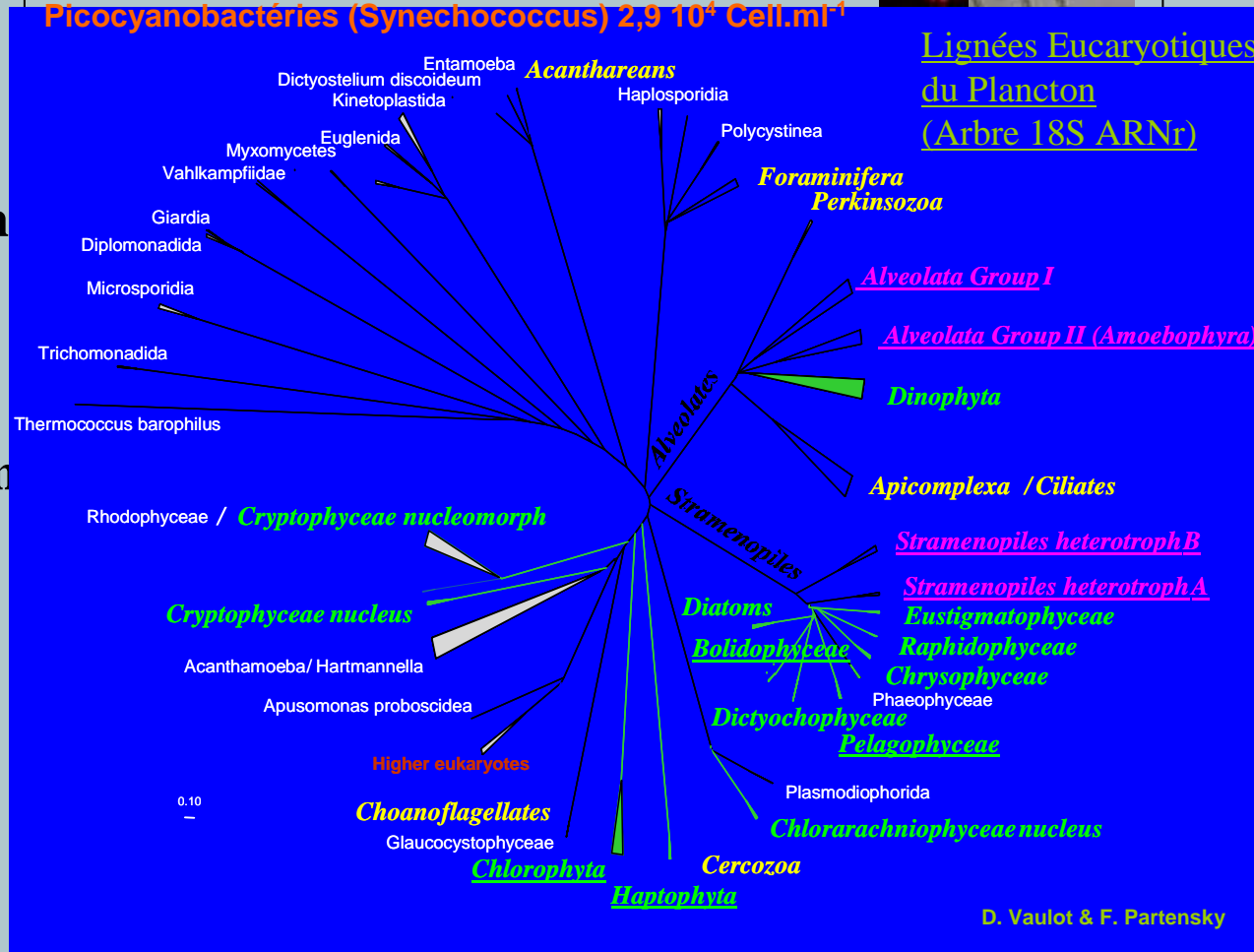
2,6 10<sup>6</sup> Cell.ml<sup>-1</sup>

Eubactéries  
Archae

Bactéries pigmentées = cyanobactéries



Picocyanobactéries (*Synechococcus*) 2,9 10<sup>4</sup> Cell.ml<sup>-1</sup>



Eucaryotes  
Unicellulaires

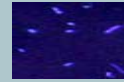
Cryptophytes  
Dinophytes  
Glaucophytes  
Straménopiles  
Haptophytes,  
Choanoflagellés  
Ciliés...

# LES ACTEURS des Réseaux Trophiques Microbiens

*Des groupes fonctionnels variés définis en fonction de la taille et de la 'fonction trophique' des organismes*

**Picoplancton**  
0.2- 3 µm

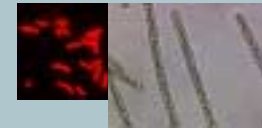
Bactéries hétérotrophes



2,6 10<sup>6</sup> Cell.ml<sup>-1</sup>

Bactéries pigmentées : cyanobactéries

Picocyanobactéries (*Synechococcus*) 2,9 10<sup>4</sup> Cell.ml<sup>-1</sup>



Eubactéries  
Archae

**Nanoplancton**  
3- 20 µm

Unicellulaires autotrophes

*Pico – nano- micro-algues*



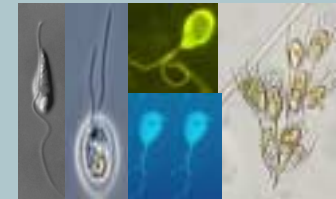
*Eucaryotes*  
*Unicellulaires*

**Microplancton**  
20 – 200 µm

Flagellés

Hétérotrophes, mixotrophes

9,7 10<sup>2</sup> Cell.ml<sup>-1</sup>



*Cryptophytes*  
*Dinophytes*  
*Glaucophytes*  
*Straménopiles*  
*Haptophytes,*  
*Choanoflagellés*  
*Ciliés...*

Ciliés

Hétérotrophes, mixotrophes

16 Cell.ml<sup>-1</sup>

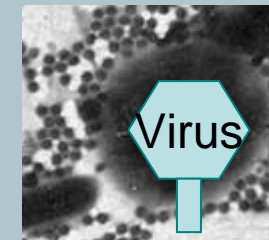


6,5 10<sup>7</sup> Cell.ml<sup>-1</sup>

Et aussi :

Rhizopodes Actinopodes

Champignons ... Héliozoaires => 145 cell.ml<sup>-1</sup>





# ORGANISATION et IMPORTANCE ECOLOGIQUE des Communautés Microbiennes

## Des organismes

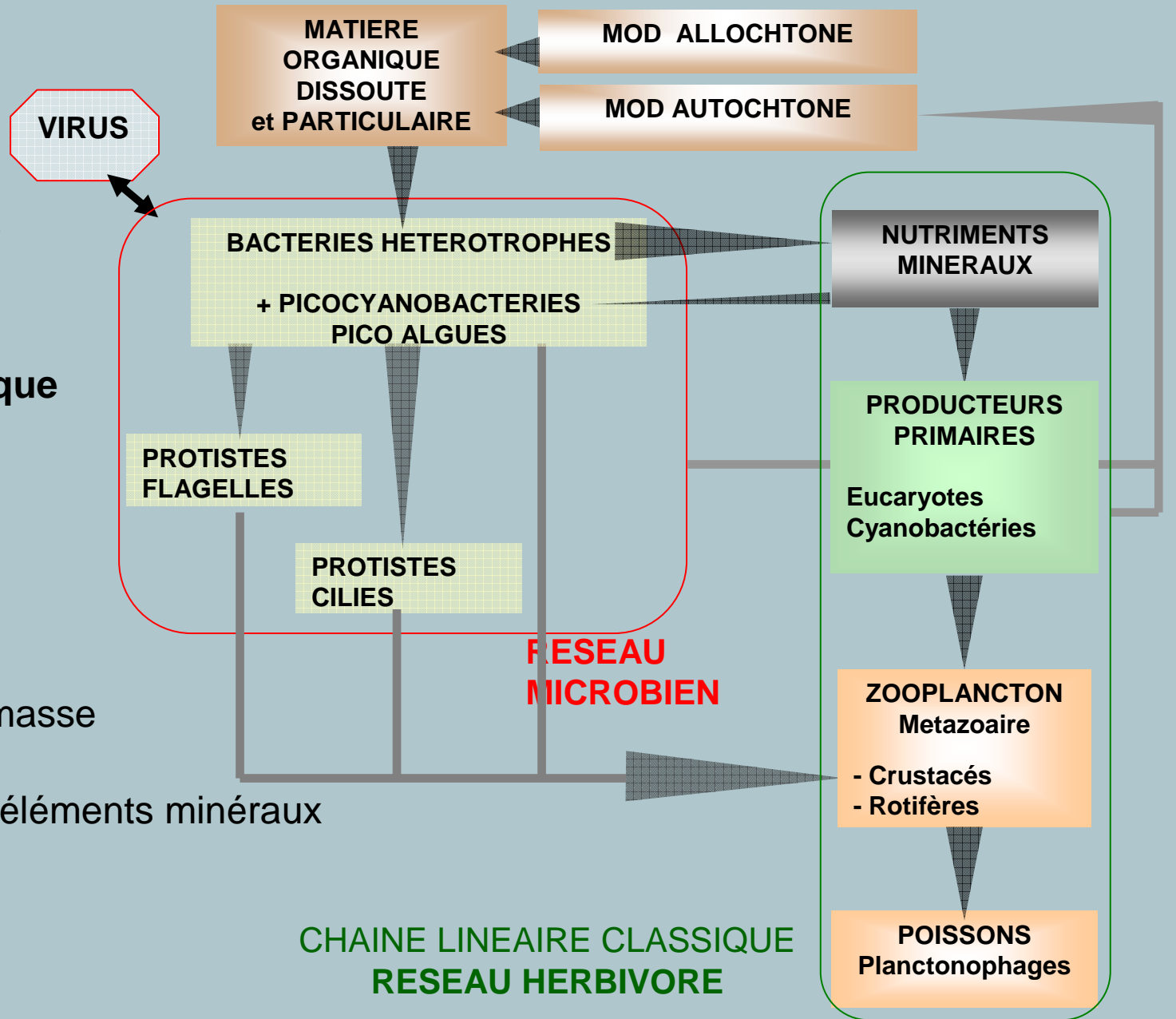
▪ Abondants,  
dominants en biomasse

▪ Diversifié  
sur le plan génétique  
et fonctionnel

▪ clés pour le  
fonctionnement  
de l'écosystème :

- Production de biomasse

- Régénération des éléments minéraux



CHAINE LINEAIRE CLASSIQUE  
RESEAU HERBIVORE

**Evaluer la diversité, la dynamique et les interactions  
pour comprendre  
le fonctionnement des réseaux trophiques microbiens  
et les processus qui déterminent leur structure**

• **Des approches écosystémiques**

*Suivi de la dynamique des  
micro-organismes pélagiques (0-50m)*



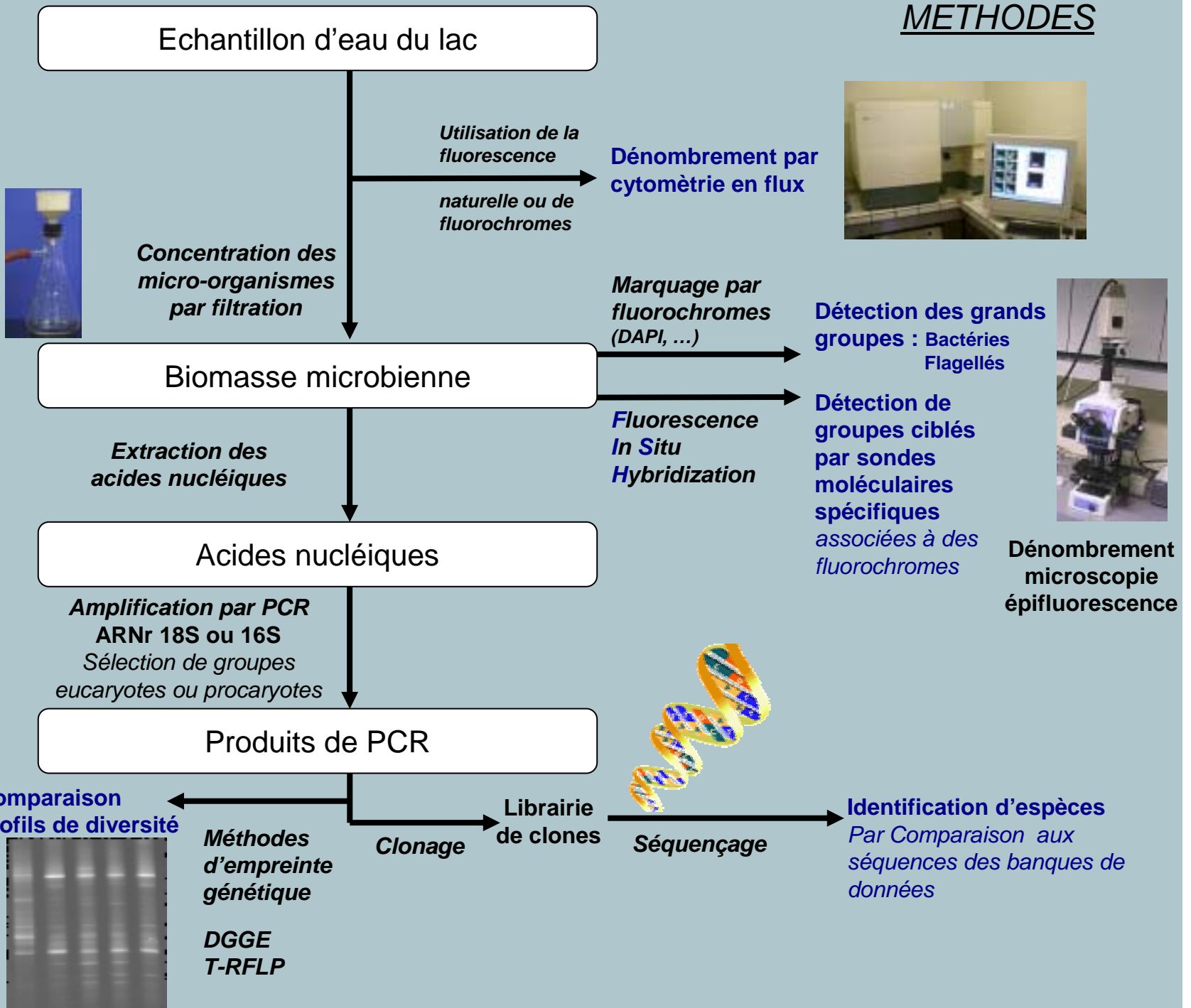
• **Des approches expérimentales *in situ***  
en microcosmes

- *Méthode de fractionnement des communautés*
- *Technique de dilution*



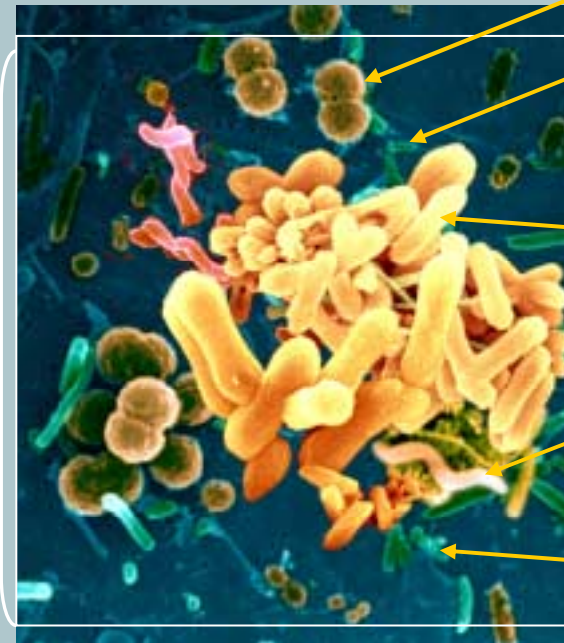
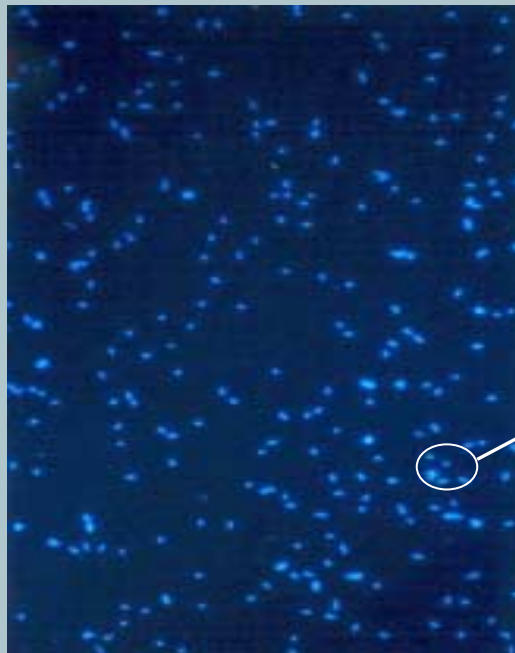


# METHODES



**DIVERSITE DES COMMUNAUTES MICROBIENNES ?**

*D'abord identifier pour ensuite comprendre le rôle de chacun*



Fortement active

Préférentiellement consommée par les flagellés

Sensible à l'attaque virale

Faiblement active

Peu sensible à l'attaque virale

Image P Gasol Basics Brussels



**DIVERSITE DES EUBACTERIES ?**

*Thèse U. Dorigo*

*Comparaison des communautés eubactériennes :  
Annecy, Bourget, Léman*

*Etude de la variabilité spatiale de la composition eubactérienne  
du lac du Bourget*

**DIVERSITE DES EUCARYOTES (< 5 µm) dans la zone épilimnique**

T-RFLP, Séquençage

=> **une diversité insoupçonnée**

=> Identification de taxa difficilement caractérisés en microscopie

=> Mise en évidence de l'importance des taxa parasites

Bicosoecida *Siluania monomastiga*  
*Cafeteria*



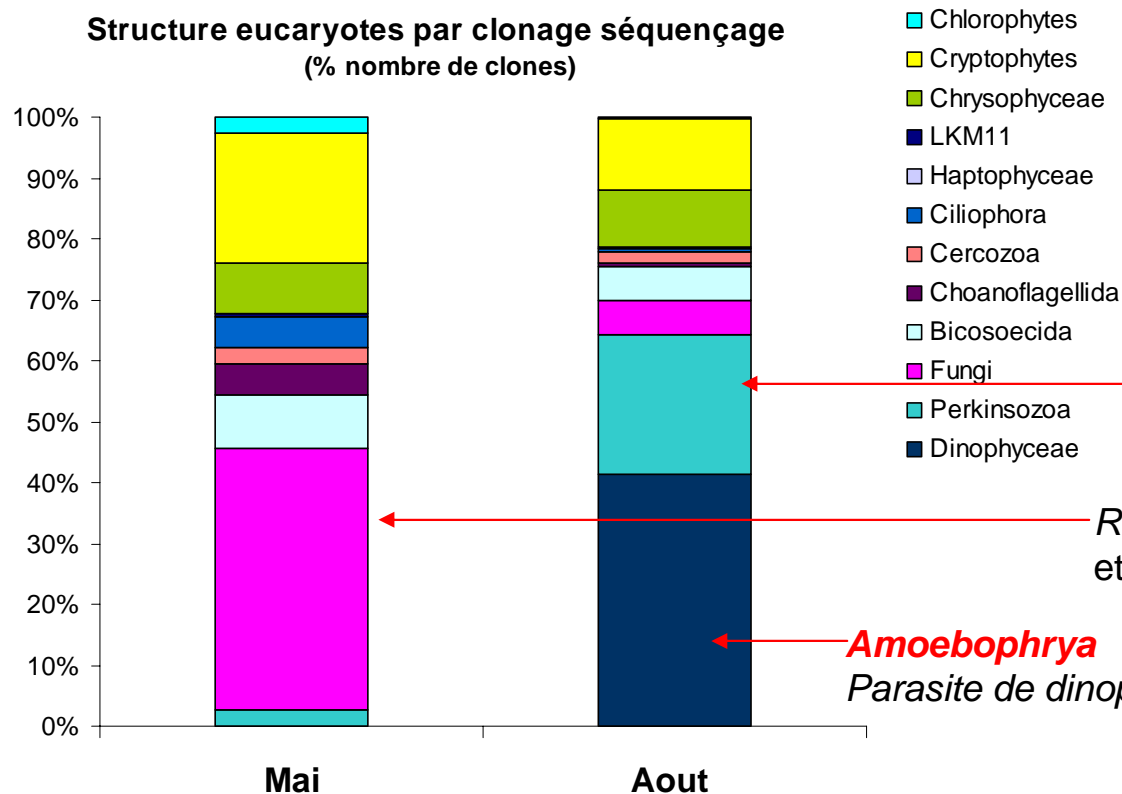
Cercozoa *Cercomonas*



Perkinsozoa *Perkinsus*



**Structure eucaryotes par clonage séquençage**  
(% nombre de clones)



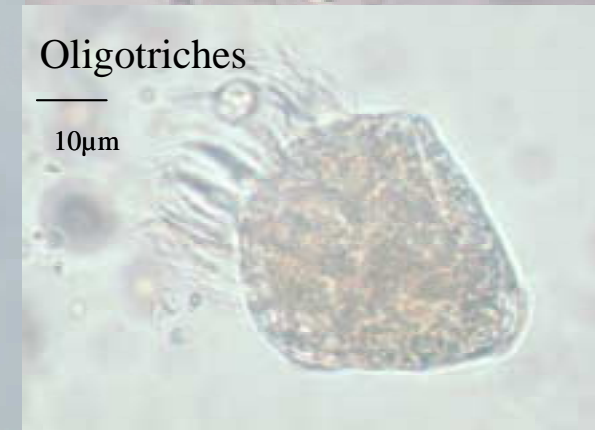
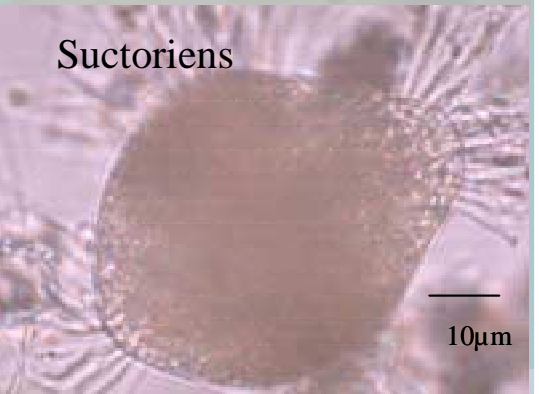
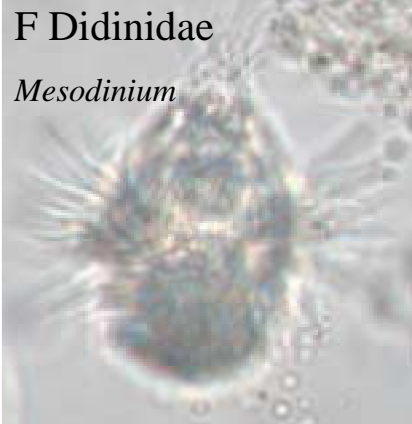
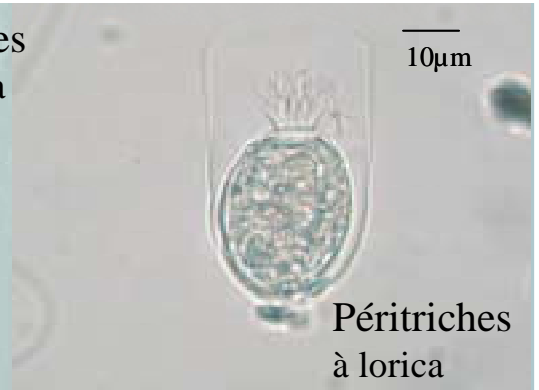
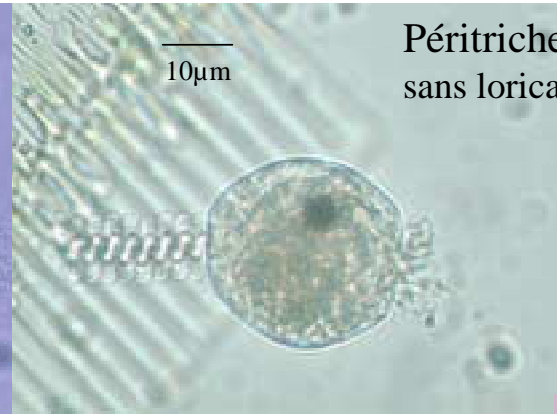
**Perkinsozoa**  
*Perkinsus*

*Rhizophlyctis*  
et autres **champignons**

**Amoebophrya**  
Parasite de dinophycées, ciliés, diatomées...

QUELQUES RESULTATS

Quelques ciliés et héliozoaires - Lac du Bourget (0-50m)





**LES LIENS TROPHIQUES ?**

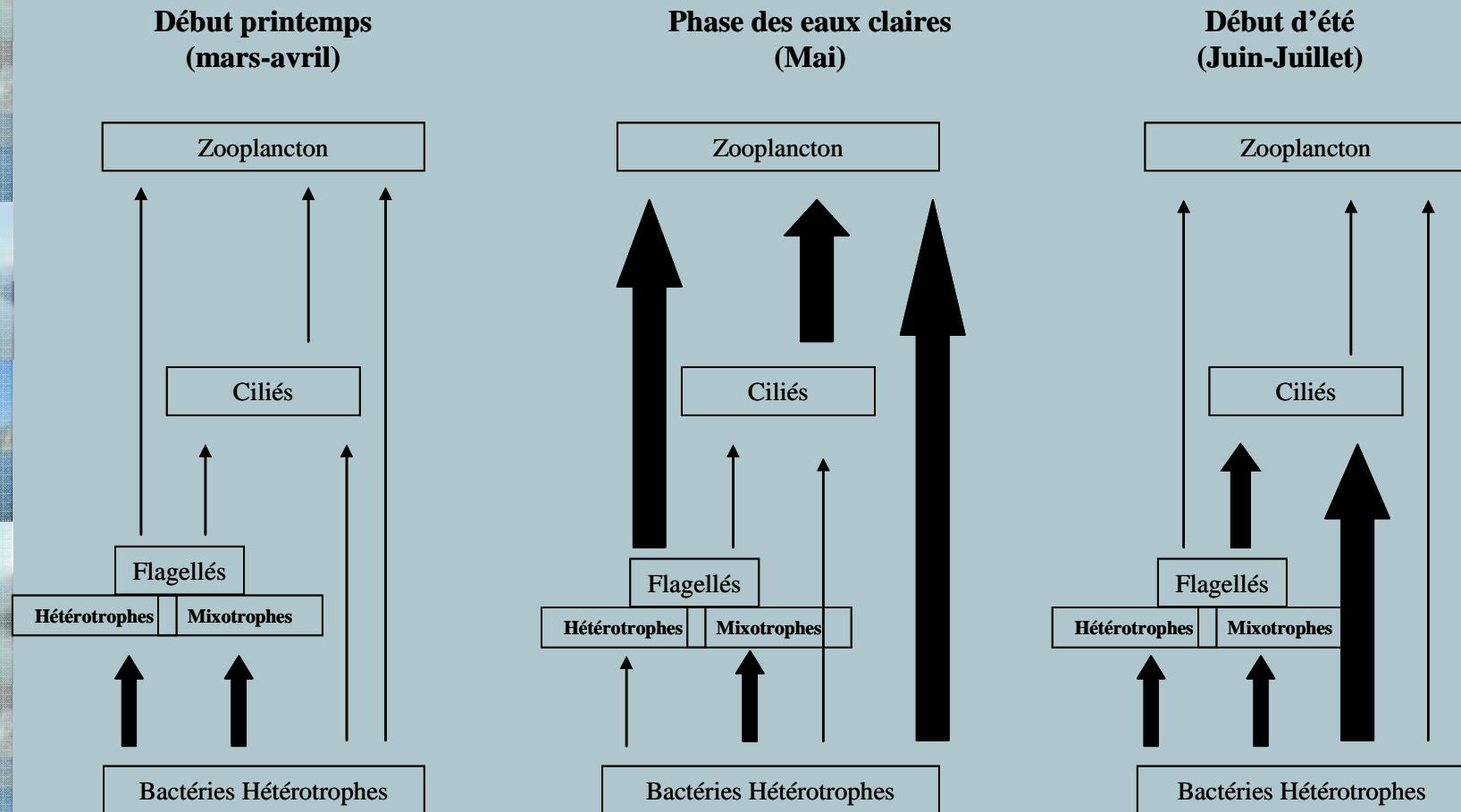
Quelles sont les **interactions trophiques directes** et **effets en cascades** ?

***Parce que connaître les voies de circulation du carbone est un pré requis pour comprendre les flux de carbone dans les réseaux pélagiques***



✓ Suivi *in situ* des communautés microbiennes

=> Des périodes distinctes dans l'organisation des communautés



## QUELQUES RESULTATS

✓ Approche expérimentale de fractionnement des communautés

| <b>Fraction<br/>&lt; 1µm</b>    | <b>Fraction<br/>&lt; 2 µm</b>    | <b>Fraction<br/>&lt; 5 µm</b> | <b>Fraction<br/>&lt; 20 µm</b>   | <b>Fraction<br/>&lt; 200 µm</b>      | <b>Fraction<br/>totale</b>                |
|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|---|
| <i>Virus</i><br><i>Bacteria</i> | + <i>pico</i><br><i>plancton</i> | + <i>petits</i><br><i>HNF</i> | + <i>nano</i><br><i>plancton</i> | + <i>microzoo</i><br><i>plancton</i> | + <i>grand meta</i><br><i>zooplancton</i> |

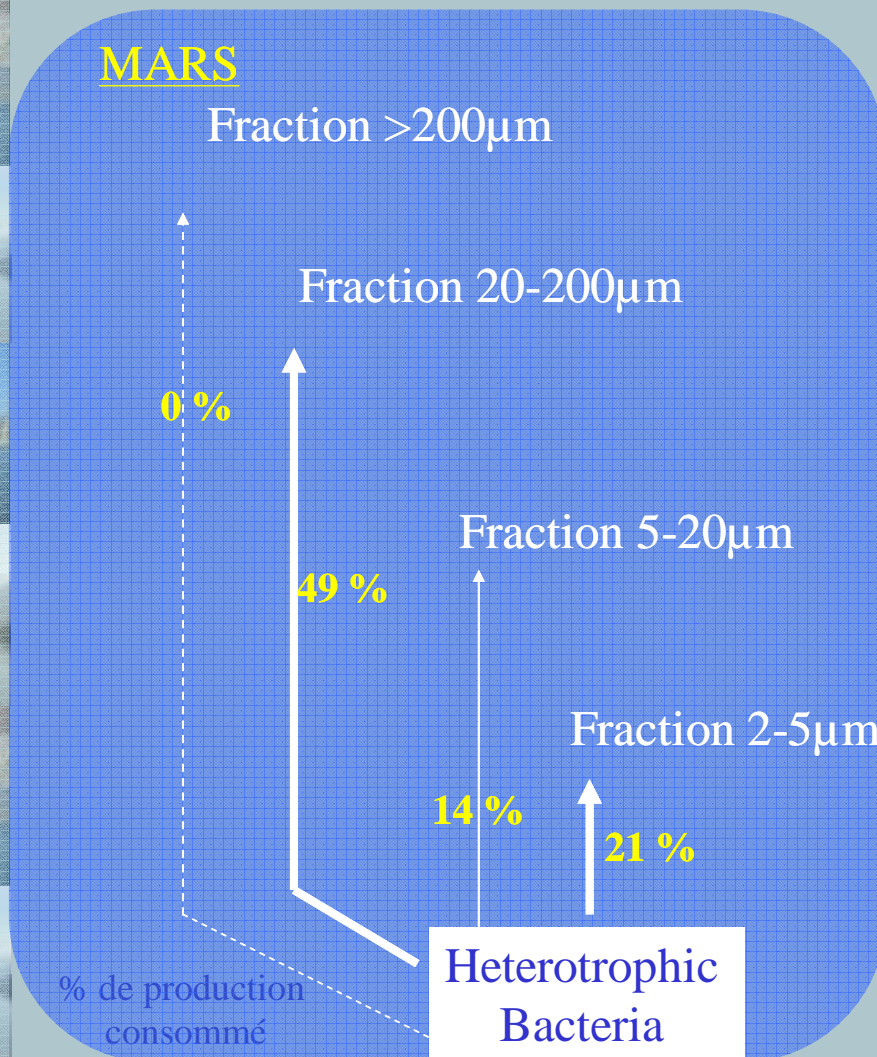
*Choix des périodes précédemment repérées comme pertinentes*

*Expérimentation en microcosmes dans l'épilimnion*



## QUELQUES RESULTATS

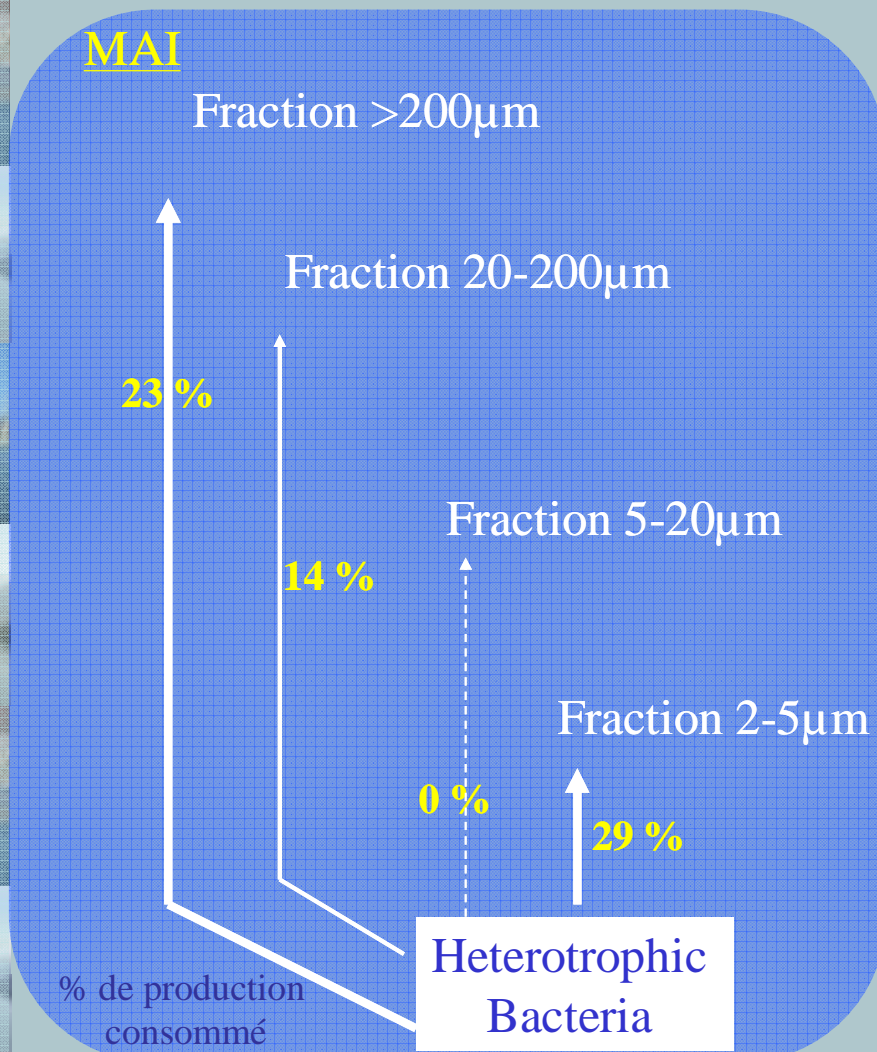
✓ Approche expérimentale de fractionnement des communautés



| Fraction < 1µm    | Fraction < 2 µm    | Fraction < 5 µm | Fraction < 20 µm   | Fraction < 200 µm      | Fraction totale             |
|-------------------|--------------------|-----------------|--------------------|------------------------|-----------------------------|
| Virus<br>Bacteria | + pico<br>plancton | + petits<br>HNF | + nano<br>plancton | + microzoo<br>plancton | + grand meta<br>zooplancton |

## QUELQUES RESULTATS

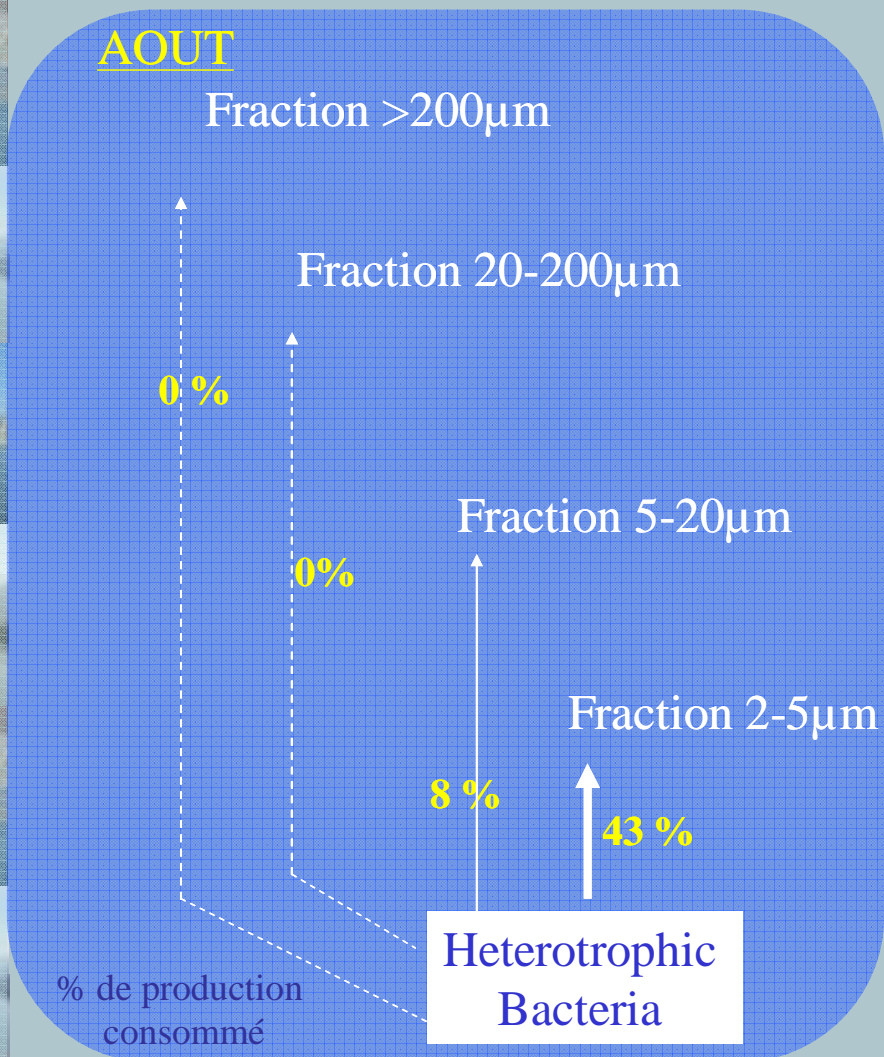
✓ Approche expérimentale de fractionnement des communautés



| Fraction $< 1\mu\text{m}$ | Fraction $< 2\mu\text{m}$ | Fraction $< 5\mu\text{m}$ | Fraction $< 20\mu\text{m}$ | Fraction $< 200\mu\text{m}$ | Fraction totale             |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Virus<br>Bacteria         | + pico<br>plancton        | + petits<br>HNF           | + nano<br>plancton         | + microzoo<br>plancton      | + grand meta<br>zooplancton |

## QUELQUES RESULTATS

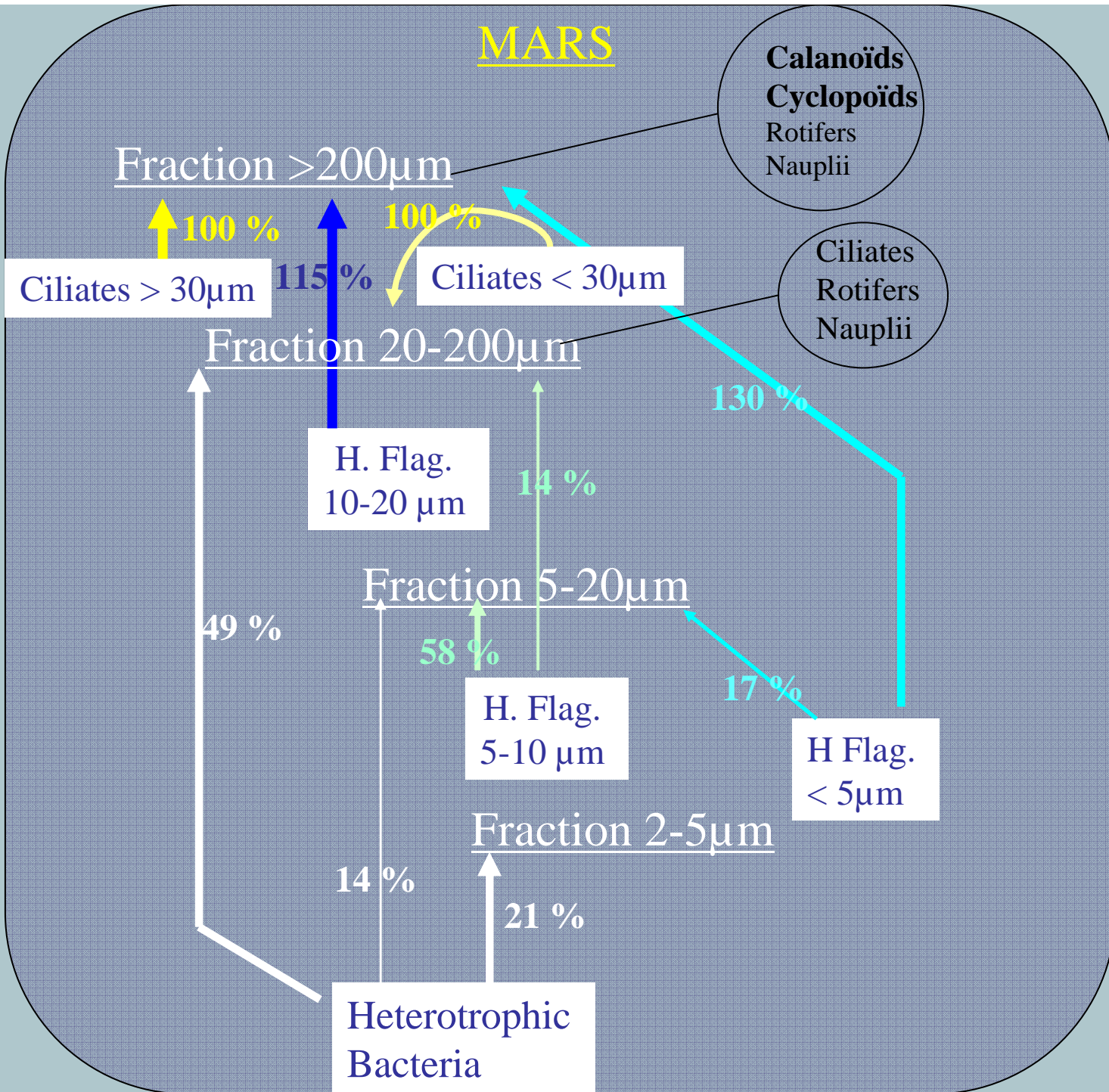
✓ Approche expérimentale de fractionnement des communautés



| Fraction $< 1\mu\text{m}$ | Fraction $< 2\mu\text{m}$ | Fraction $< 5\mu\text{m}$ | Fraction $< 20\mu\text{m}$ | Fraction $< 200\mu\text{m}$ | Fraction totale             |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Virus<br>Bacteria         | + pico<br>plancton        | + petits<br>HNF           | + nano<br>plancton         | + microzoo<br>plancton      | + grand meta<br>zooplancton |



# MARS



⇒ Le nombre de liens trophiques et l'importance relative des divers bactérivores varient au cours du temps

⇒ Détection de cascades trophiques au sein du réseau microbien

⇒ Des processus Top Down structurent les communautés à la fois en terme d'abondance, de structure en taille, et de diversité génétique

**L'IMPORTANCE RELATIVE DES FACTEURS DE REGULATION ?**

Température

Lumière

Ressources

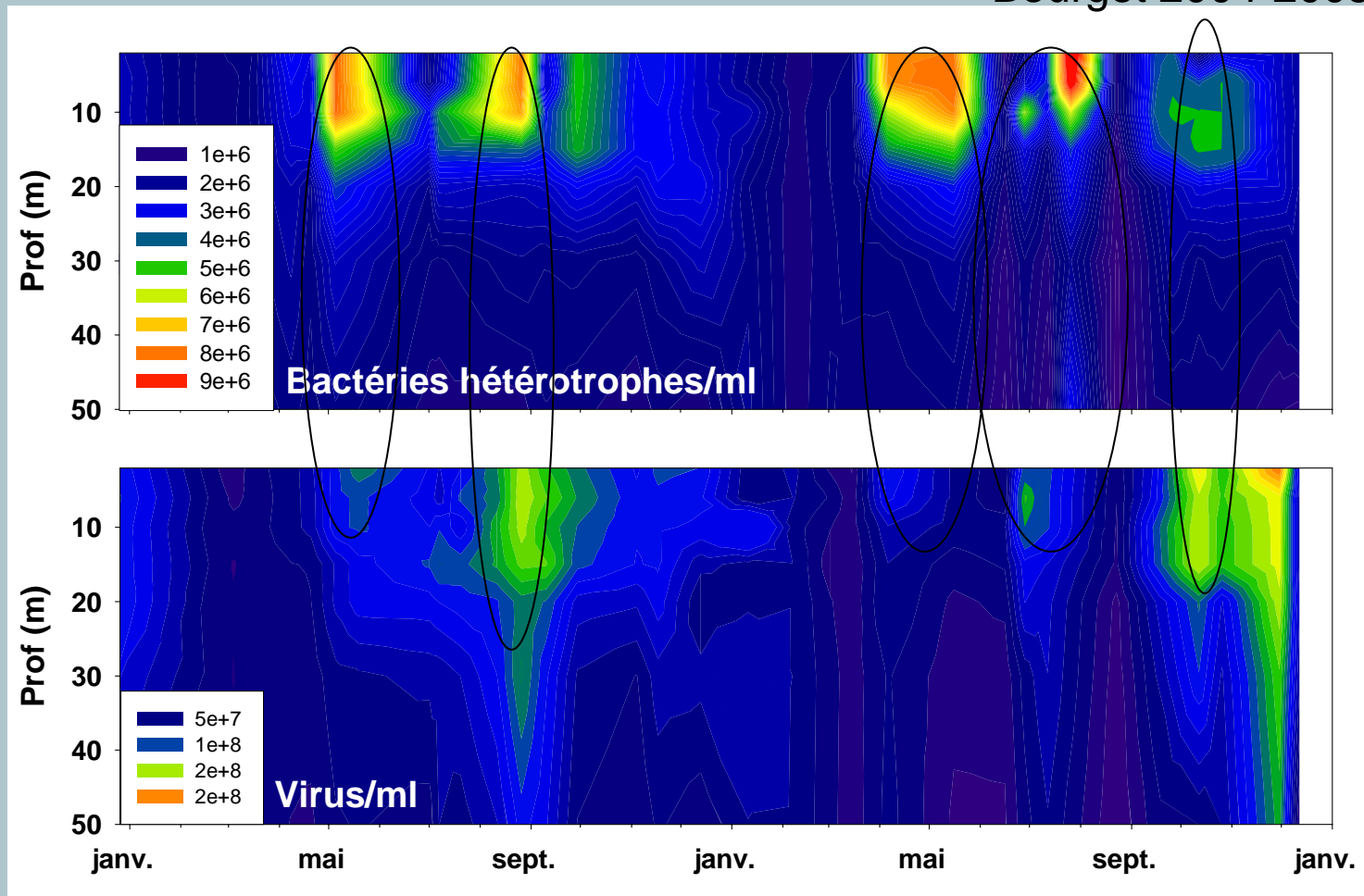
Prédation

Parasitisme



✓ Suivi *in situ* des communautés microbiennes

Bourget 2004-2005



Suivi 2002-2003 3 lacs Annecy Bourget Léman

$$\text{Log[VLP]} = 0.61 \cdot \text{Log [HB]} + 9.117 \quad (r=0.461, p<0.01, n=423);$$

✓ Approches expérimentales

Importance relative lyse virale vs prédation dans la mortalité bactérienne ?

| Mortalité bactérienne            | Lyse virale            | Broutage Flagellés   |
|----------------------------------|------------------------|----------------------|
| EXP. Lac Le Bourget Avril 2003   | * 60 %.d <sup>-1</sup> | 56 %.d <sup>-1</sup> |
| EXP. Lac Le Bourget Mai 2003     | * 35 %.d <sup>-1</sup> | 63 %.d <sup>-1</sup> |
| EXP. Lac Le Bourget Août 2003    | * 52 %.d <sup>-1</sup> | 18 %.d <sup>-1</sup> |
| EXP. Lac Le Bourget Octobre 2006 | 14%.d <sup>-1</sup>    |                      |
| EXP. Lac Le Bourget Janvier 2006 | 0 %.d <sup>-1</sup>    | 0 %.d <sup>-1</sup>  |

voir poster S. Personnic

VERS LA DIVERSITE FONCTIONNELLE

- Déterminer la signification fonctionnelle de la grande diversité spécifique

=> projet **meta proc**      *voir poster D Debroas JF Humbert*

LES LIENS TROPHIQUES

- Identifier quantifier les connections entre réseau herbivore et réseau microbien

PARMI LES FACTEURS DE REGULATION

- Analyse des communautés parasites
  - Diversité des groupes viraux , hôtes associés ?
  - Effet indirects des virus sur la redistribution de la matière organique
  - autres parasites d'algues ?



