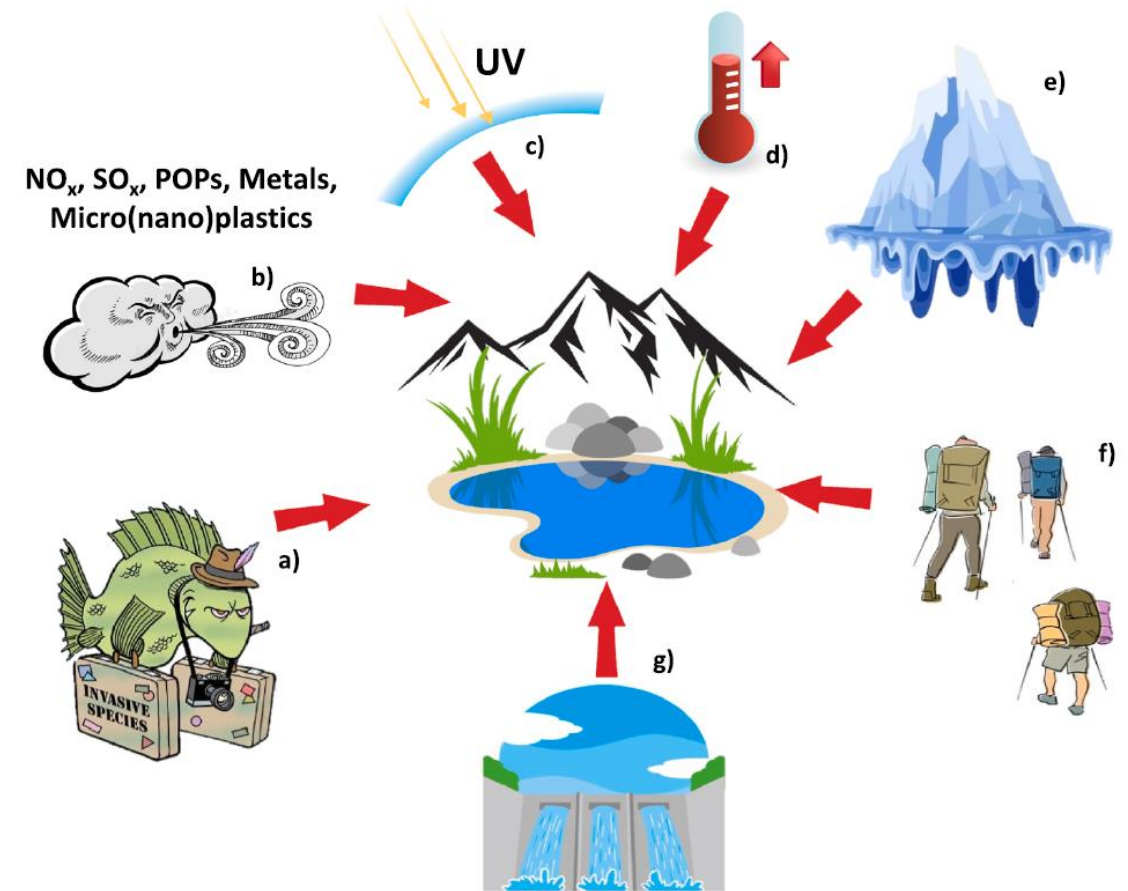


Vulnerable but not equal: mountain lakes exhibit heterogeneous patterns of phytoplankton responses to climate change

Flavia Dory, Florent Arthaud, Vincent Augé, Sonia Baillot, Céline Bertrand, Carole Birck, Rosalie Bruel, Laurent Cavalli, Evelyne Franquet, Frédérick Jacob, Marie-Elodie Perga, Clotilde Sagot, Marine Souchier, Raffaella Napoleoni

Introduction : les lacs de montagnes, des systems vulnérables

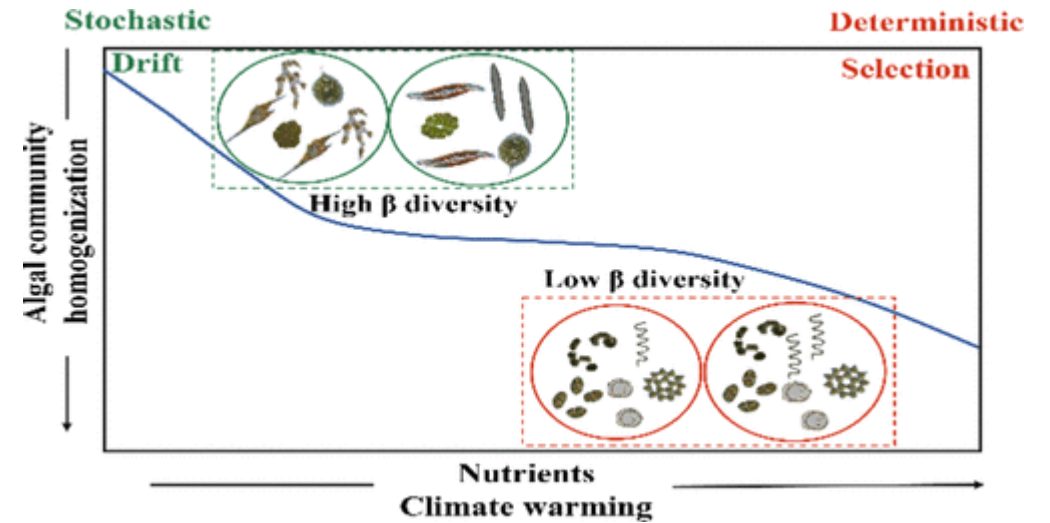
- Lacs de montagne: environnements extrêmes, biodiversité limitée, et exposition accrue au réchauffement
- ➔ **Particulièrement vulnérables**
- **Le changement climatique global** représente une menace grave qui affecte la dynamique des écosystèmes lacustres et leur biodiversité.
- En plus d'être des systèmes socio-écologiques de grande valeur, les lacs de montagne sont considérés comme des « laboratoires naturels » pour explorer les impacts climatiques sur la qualité de l'eau et la biodiversité.



Pastorino et al. *Ecol Ind*, 2024

Introduction

- La surveillance des changements du **phytoplancton** peut aider à identifier les changements systémiques dans les lacs et à prédire leurs trajectoires écologiques.
- Cependant, à ce jour, la majorité des preuves de l'évolution des communautés phytoplanctoniques avec le changement climatique proviennent d'études paléolimnologiques, et les informations sur les changements récents des communautés dans les lacs de montagne sont encore dispersées.
- De plus, il n'existe **pas de consensus sur l'effet de l'augmentation de la température sur le phytoplancton**, principalement en raison des différences dans la composition des espèces locales et des propriétés des écosystèmes.



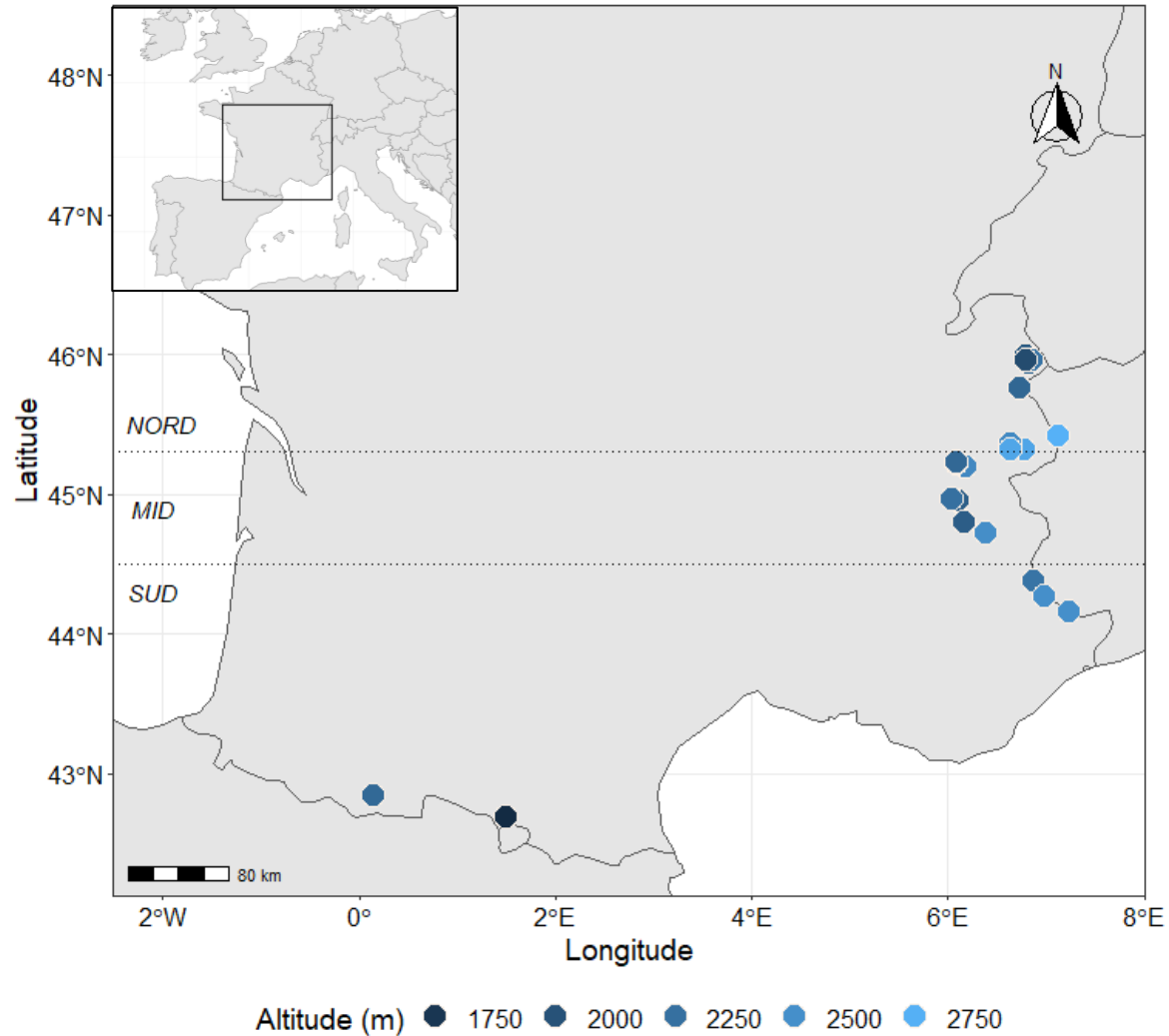
Huo et al. *Environ. Sci. Technol.*, 2022

- Hypothèse que l'augmentation de la température ait un impact significatif sur les communautés phytoplanctoniques, mais pas de manière égale
- Des sensibilités spécifiques du phytoplancton au réchauffement devraient être observées en fonction de la composition de l'assemblage phytoplanctonique.

**Sensibilités spécifiques des communautés phytoplanctoniques
au changement climatique?**

- Analyse de la biodiversité phytoplanctonique de 24 lacs de haute altitude entre 2012 et 2022

Les lacs du réseau Lacs Sentinelles



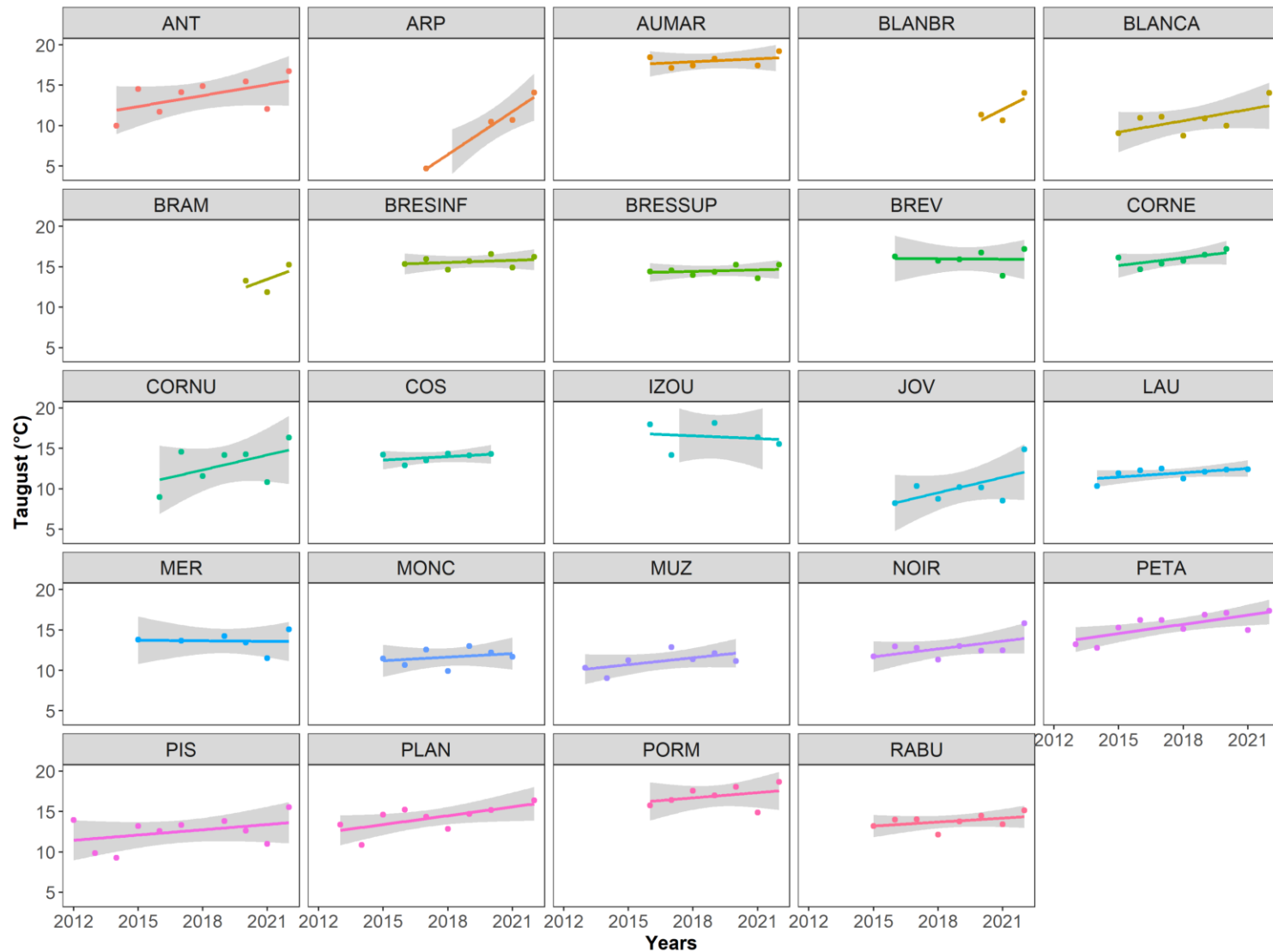
- **24 lacs répartis dans différentes zones géographiques** (Pyrénées, Mercantour, Ecrins, Vanoise, Maurienne, Haute-Savoie, Isère)
- Lacs situés entre **1645 et 2760 m d'altitude**
- **Données récoltées depuis 2012** et stockées dans la base de données de l'Observatoire des Lacs (OLA) – INRAE.
- Phytoplancton, zooplancton, poisson, physico-chimie, pH, T°, turbidité, transparence, fluorescence, etc.

- **Taugust :** Température moyenne de surface en août
Données haute-fréquence issues des capteurs de température entre la surface et 2 m
Calculée entre le 01 et le 31 août
→ *Evolution temporelle de la température des lacs*

- **Degrés-jours de croissance (GDD) :** le nombre de degrés (°C) sur une période donnée en jours, au-dessus d'un certain seuil de température en dessous duquel le processus d'intérêt ne progresse pas
Proxy d'accumulation de chaleur pour évaluer le développement des organismes
→ *Lien entre phytoplancton et température*

$$GDD_n = \sum_{i=1}^n \left(\left[\frac{T_{max_i} + T_{min_i}}{2} \right] - T_{base} \right)$$

Evolution temporelle de la température des lacs

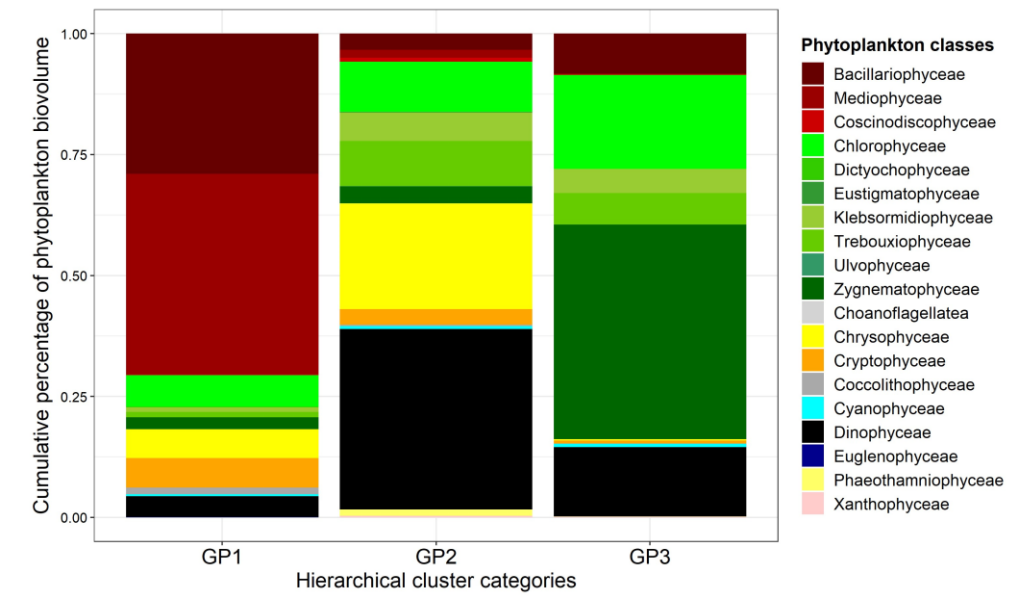


- **Augmentation significative de la température estivale de surface (Taugust) au fil des ans** ($F = 35.98$, valeur $p < 0.001$)
- Augmentation globale de 0.34°C en 10 ans
- Tendance de température variable en fonction des lacs ($F = 2.5$, valeur $p < 0.001$)
- Taux de réchauffement allant de $1,8^{\circ}\text{C}$ (ARP) à $0,18^{\circ}\text{C}$ (LAU) par décennie

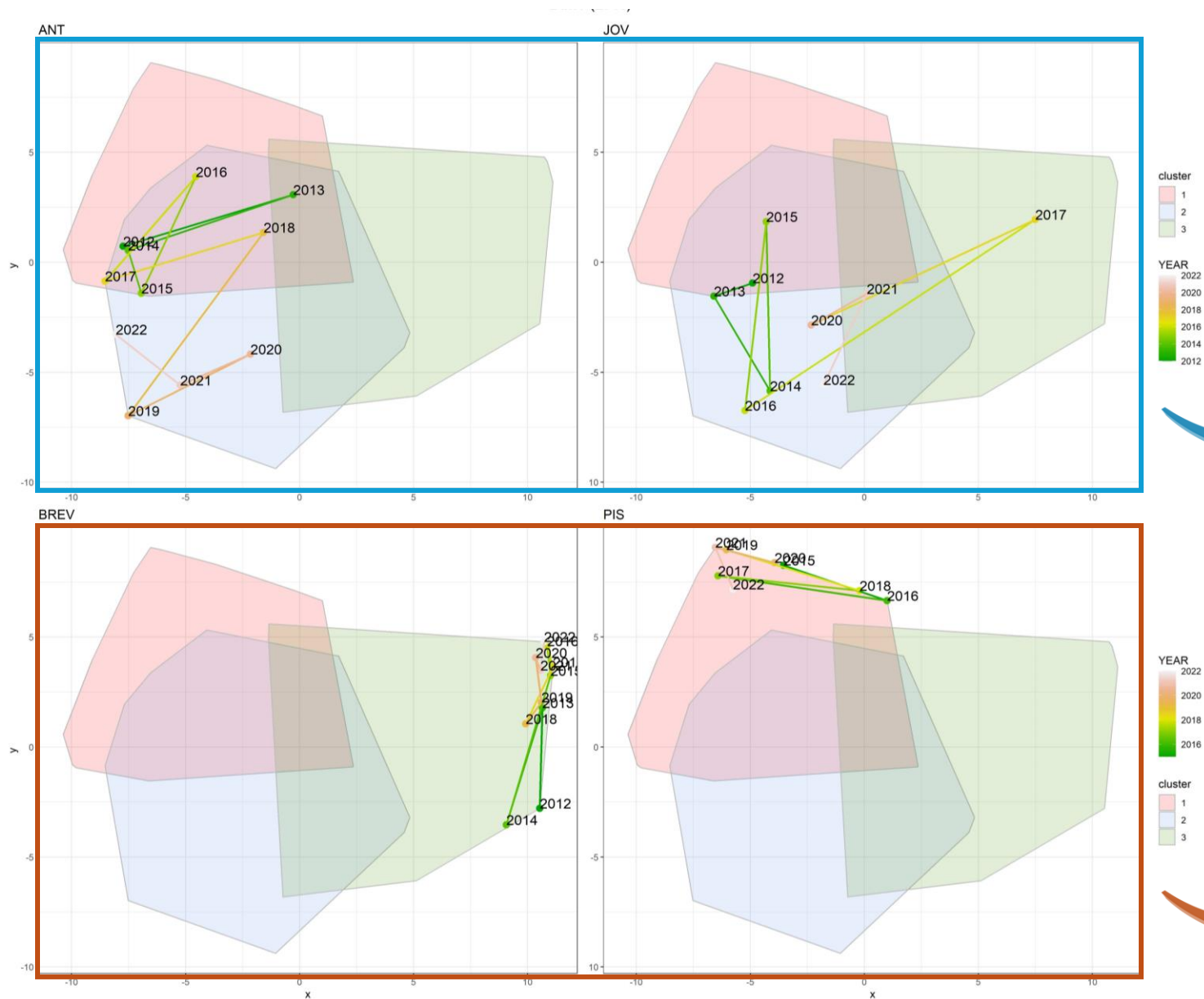
Groupes phytoplanctoniques



- Cluster analysis pour distinguer **différents groupes de peuplements phytoplanctoniques**, qui pourraient présenter une réponse différente au réchauffement
- Basé sur le biovolume des taxa (classes)
- **3 groupes ont été mis en évidence**



Groupes phytoplanctoniques



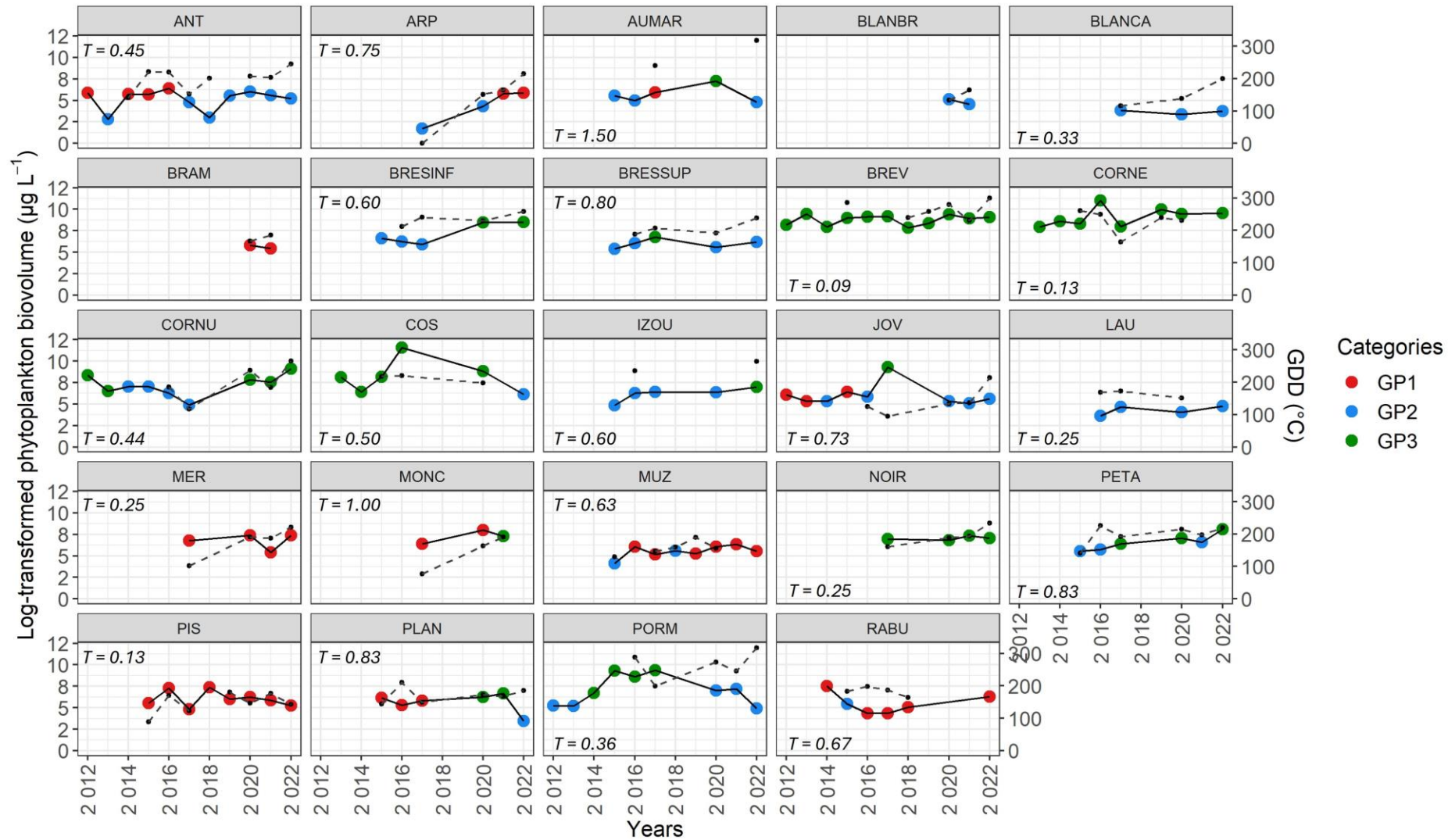
D'autres présentent des peuplements moins stables, qui évoluent d'un groupe à l'autre au fil des ans



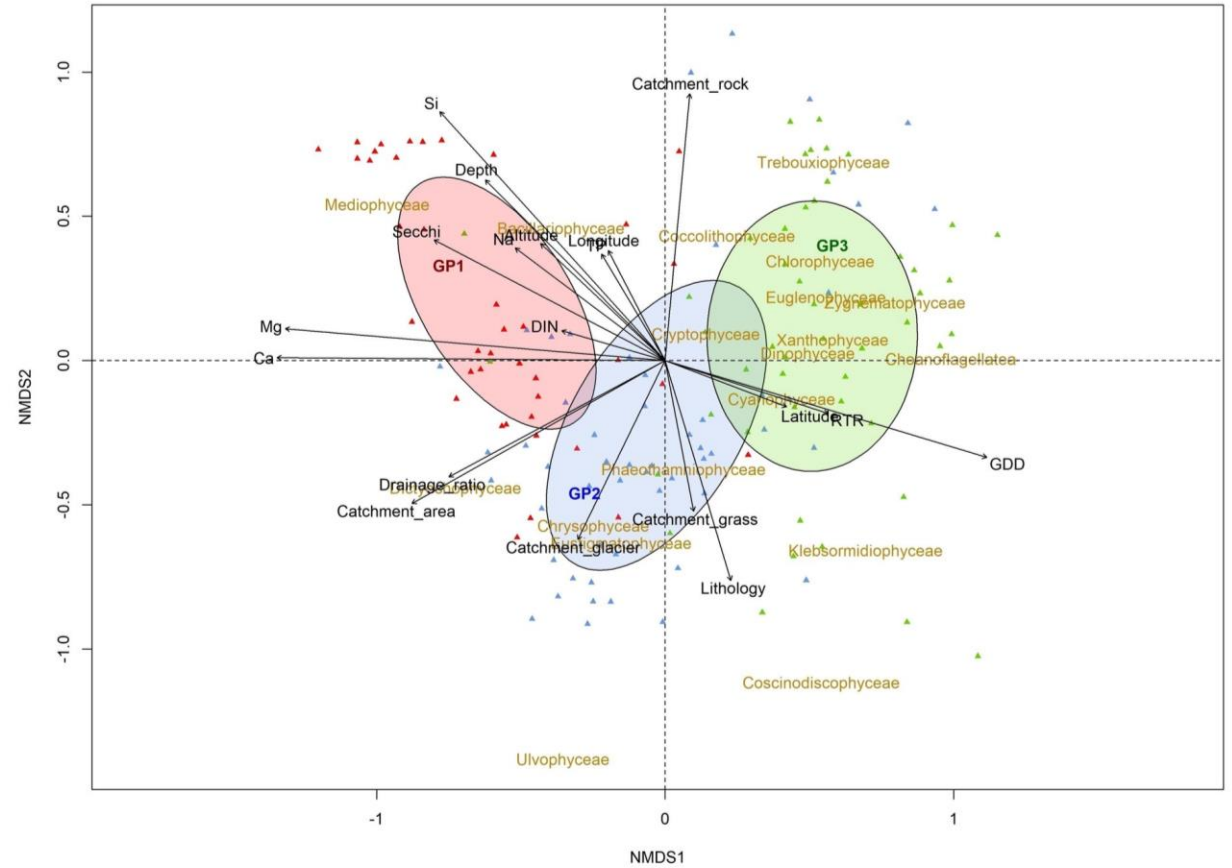
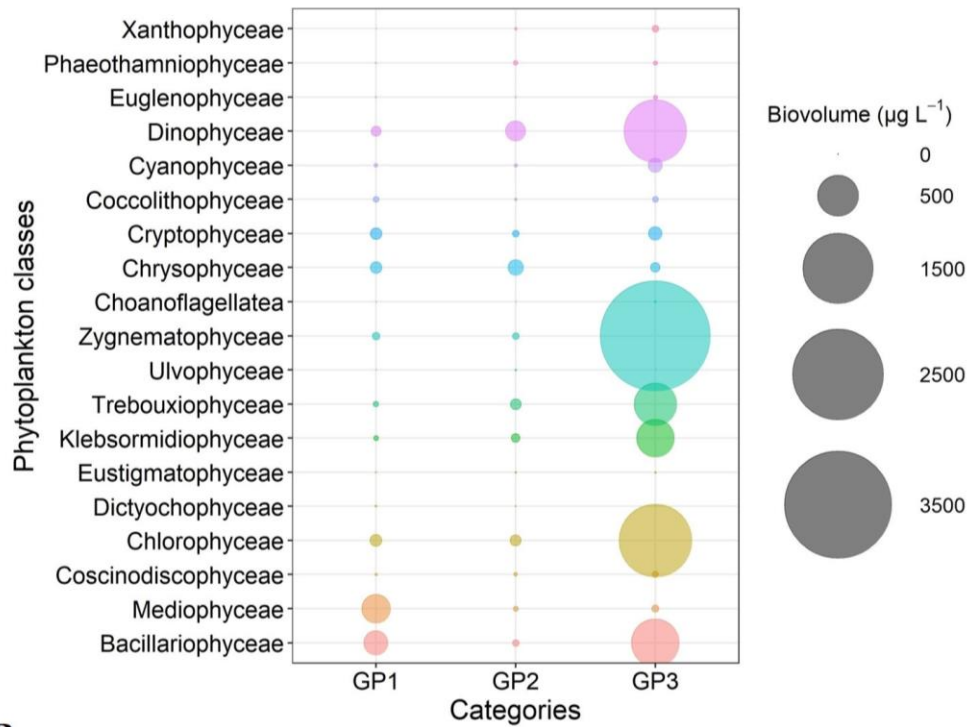
Certain lacs présentent un peuplement phytoplanctonique temporellement stable dans un seul groupe



Evolution temporelle des lacs dans les catégories

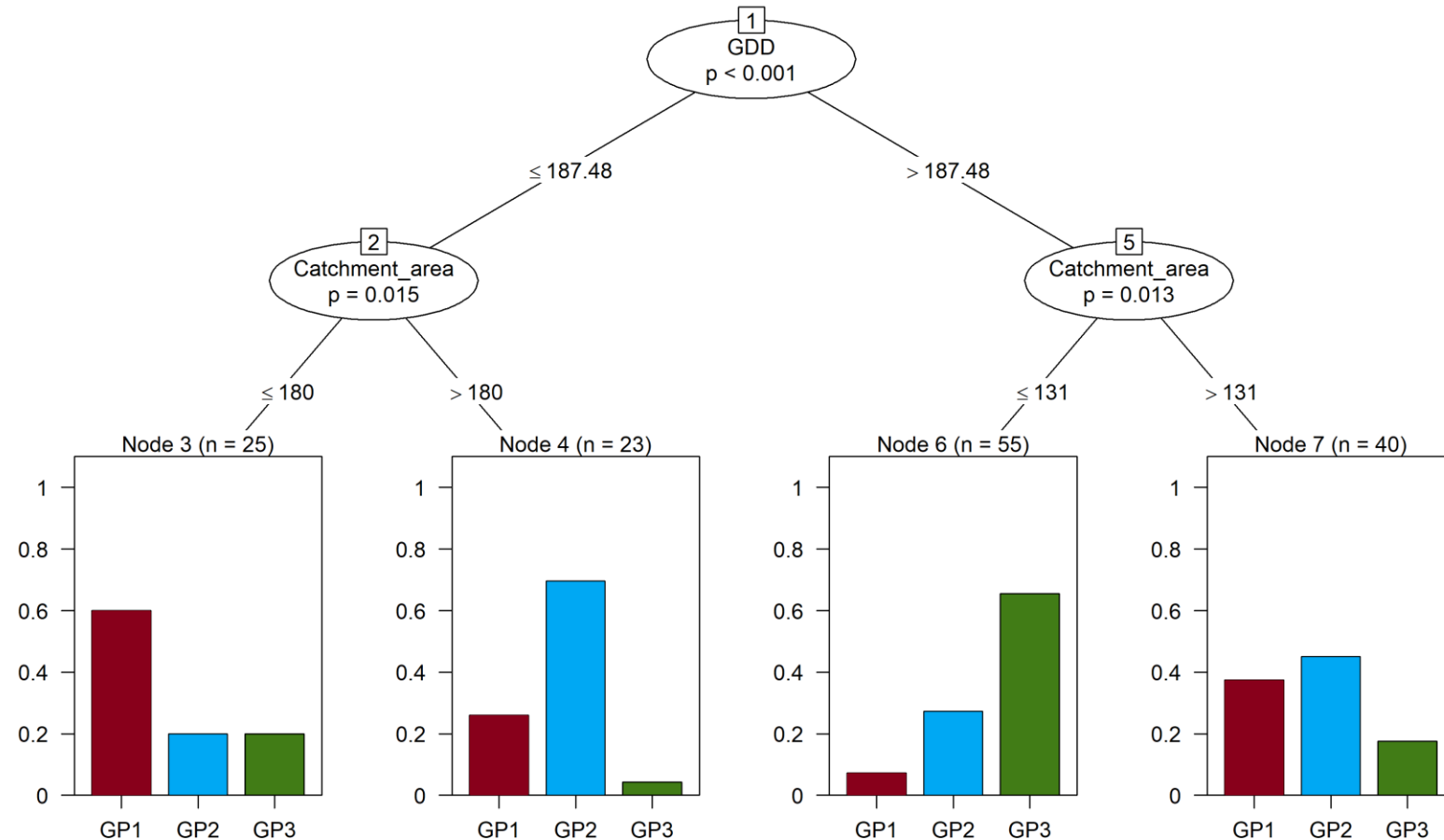


Caractéristiques des groupes phytoplanctonique



- Les 3 groupes phytoplanctoniques peuvent également être associés à des conditions environnementales et des caractéristiques des lacs particulières
- GP3 associé à des températures plus chaudes, grands bassins versants, plutôt bas en altitude etc...

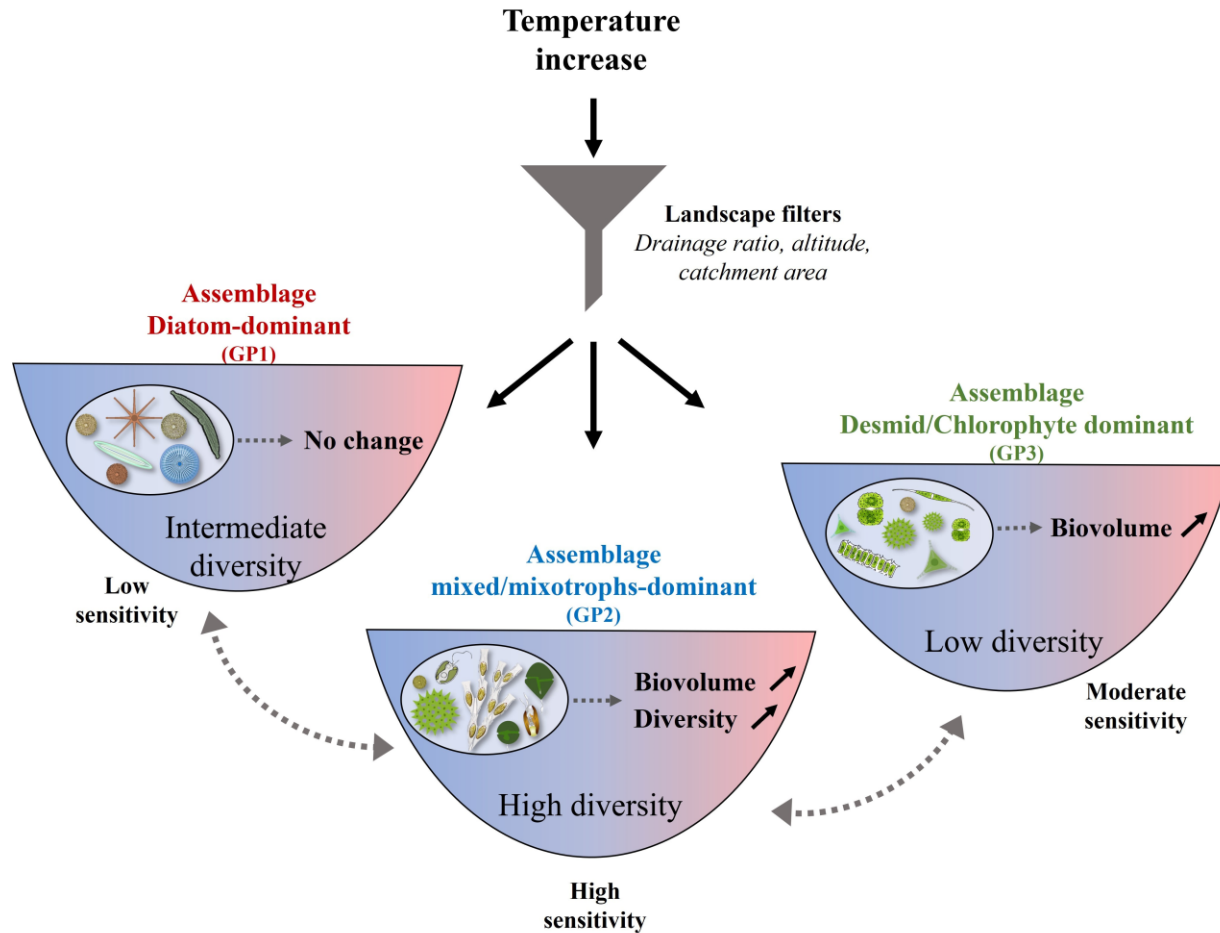
Evolution temporelle des lacs dans les catégories



- Avec un minimum de variables:
 - 1 variable thermique
 - 1 caractéristique des lacs
- Le type de communauté phytoplanctonique (passage d'un groupe à l'autre) est fortement influencé par la **température**, mais dépend également des **caractéristiques intrinsèques des lacs** (taille du bassin versant)

- GP1: lacs froids à petits bv
- GP3: lacs chaud à petits bv
- GP2: lacs froids et chauds, à grand bv

Conclusion



- La température estivale de surface des lacs d'altitude augmente au fil des ans
- Ce réchauffement affecte les communautés phytoplanctoniques, mais chaque type de communauté ne répond pas de la même manière
- Les peuplements les plus diversifiés (GP2) sont également les plus sensibles: augmentation du biovolume et modification de la composition à prévoir
- Le type de peuplement et leur réponse au réchauffement est également conditionné par les caractéristiques des lacs

• **Merci de votre attention**

