

# Modélisation des équilibres alternatifs Végétation/Phytoplancton dans les lacs peu profonds



Master 2 Recherche : Magali VANGKEOSAY

Tuteurs : Serge FENET (LIRIS) Florent ARTHAUD (LEHNA)

## Contexte

### La Dombes :

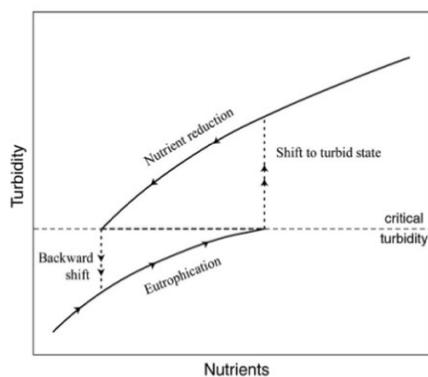
Située au nord de Lyon, la Dombes est une zone humide constituant une grande réserve de biodiversité. Ces étangs forment un réseau complexe, certains se vidant dans les autres, ce qui implique un transfert de graines, de phytoplanctons, etc.



### Hystérésis dans les lacs peu profonds :

On observe dans les lacs peu profonds **deux états stables différents** :

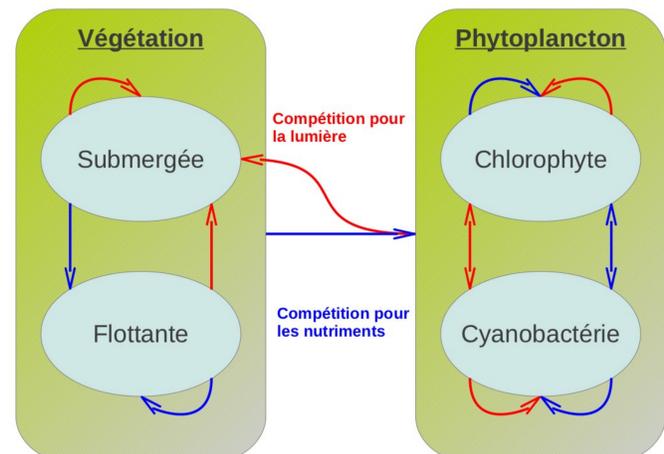
- Un premier **état avec une eau claire**, une végétation subaquatique abondante et diversifiée, une absence d'eutrophisation, peu de phytoplancton.
- Le second **état avec une eau turbide** en présence d'eutrophisation avec peu de biodiversité, peu ou pas de végétation subaquatique et beaucoup de phytoplancton.



On cherche à **préserver l'état à eau claire**, mais le passage d'un équilibre à l'autre n'est pas graduel mais **abrupt**.

On parle d'équilibres alternatifs et de **phénomène d'hystérésis**.

## Modèle



Notre modèle prends en compte :

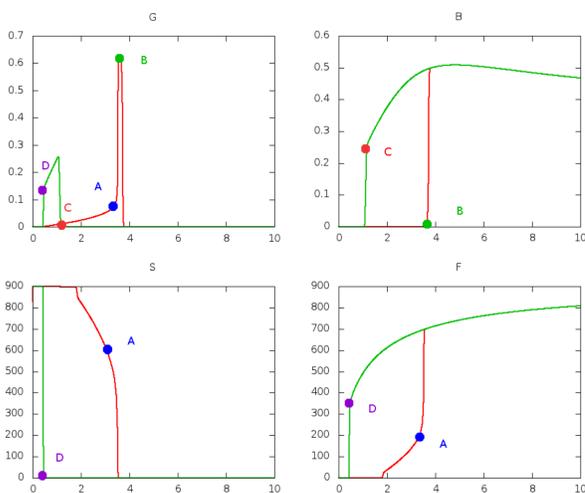
- Deux types de végétation (Submergée **S** et Flottante **F**)
- Deux types de phytoplancton (Chlorophyte **G** et Cyanobactérie **B**)

Variation de concentration de la population	Croissance exponentielle	Compétition pour les nutriments	Compétition pour la lumière	Mortalité
$dS/dt$	$rs S$	$nv/(nv+hs)$	$1/(1+DE+asS+bf)$	$Is S$
$dF/dt$	$rf F$	$nv/(nv+hf)$	$1/(1+af)$	$If F$
$dG/dt$	$rg G$	$np/(np+hg)$	$hsg/(hsg+DE+cF)$	$(lg+f) G$
$dB/dt$	$rb B$	$np/(np+hb)$	$hsb/(hsb+DE+cF)$	$(lb+f) B$

- Nutriments disponibles de base :  $N$  en  $mg \cdot L^{-1}$
- Nutriments disponibles pour les plantes :  $nv = N(1 + qf F + qs S)$
- Nutriments disponibles pour le phytoplancton :  $np = nv - G - B$
- Turbidité :  $E = (eg G + eb B)$  en  $m^{-1}$
- Profondeur :  $D$  en  $m$

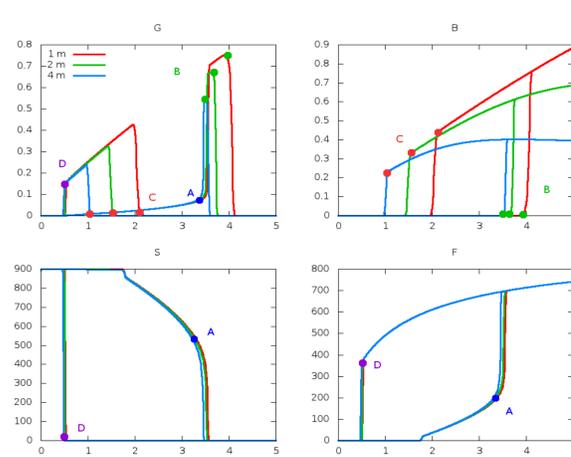
## Résultats

### Dynamique du système :



- **Avant le point D** : un seul équilibre où les plantes submergées et les chlorophytes dominent
- **Après le point B** : un seul équilibre où les plantes flottantes et les cyanobactéries dominent
- **Entre les points C et A** : ces deux équilibres coexistent
- **Entre D et C et entre A et B** : Troisième équilibre où les plantes flottantes et les chlorophytes dominent

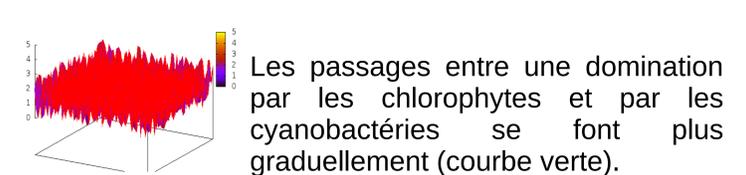
### Effet de la profondeur :



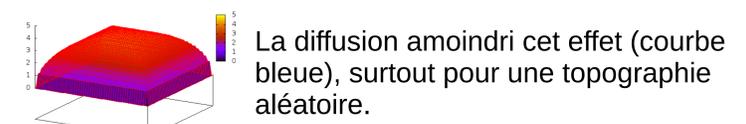
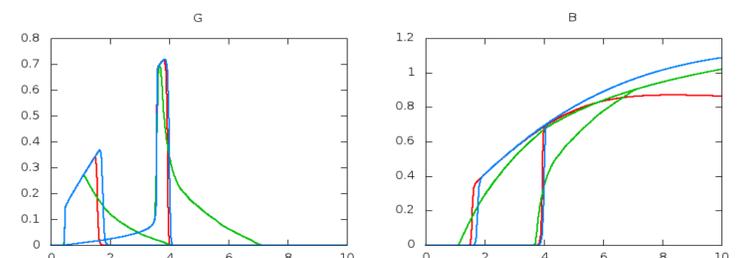
**Plus un étang est profond...**

- **Effet fort sur le phytoplancton**
  - ... plus les cyanobactéries apparaissent tôt (B) et disparaissent tard (C)
  - ... moins le phytoplancton se développe
- **Effet faible sur la végétation :**
  - ... plus les plantes submergées disparaissent tôt (A)
  - Mais l'effet négatif sur les plantes submergées est amoindri par la diminution du phytoplancton

### Topographie du fond de l'étang :



Les passages entre une domination par les chlorophytes et par les cyanobactéries se font plus graduellement (courbe verte).



La diffusion amoindri cet effet (courbe bleue), surtout pour une topographie aléatoire.

