

# Facteurs de contrôle des efflorescences de picophytoplancton en baie de Banyuls



Stefan Lambert  
PhD student



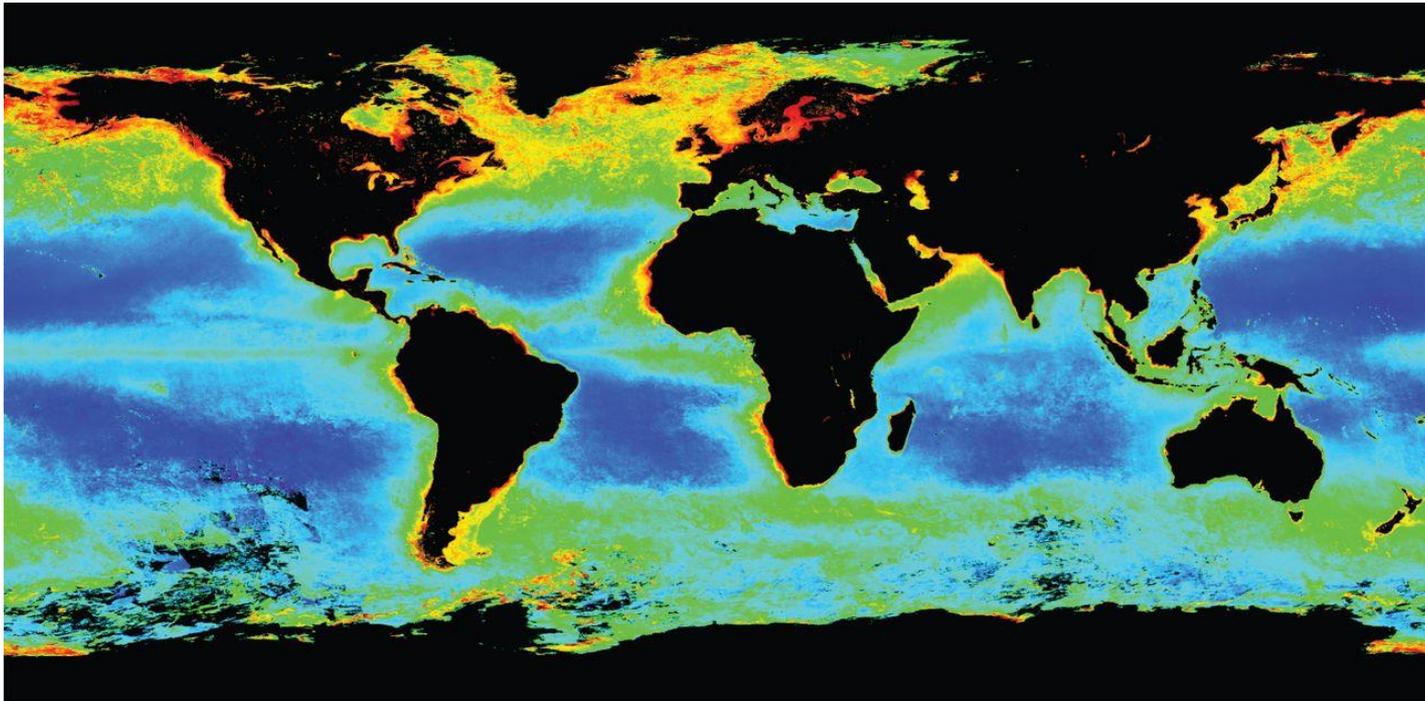
Observatoire  
Océanologique  
de Banyuls sur Mer



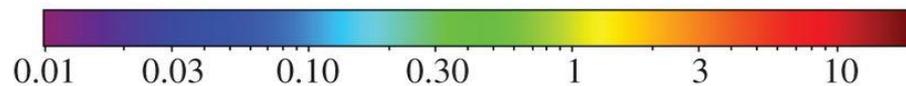
Laboratoire d'Océanographie Microbienne (LOMIC)  
Observatoire Océanologique de Banyuls  
Avenue Fontaulé 66650 Banyuls sur Mer

# Contexte général

- Phytoplancton → **50%** de la production primaire globale via la photosynthèse.
- **Transition de l'hiver au printemps → Efflorescences algales**

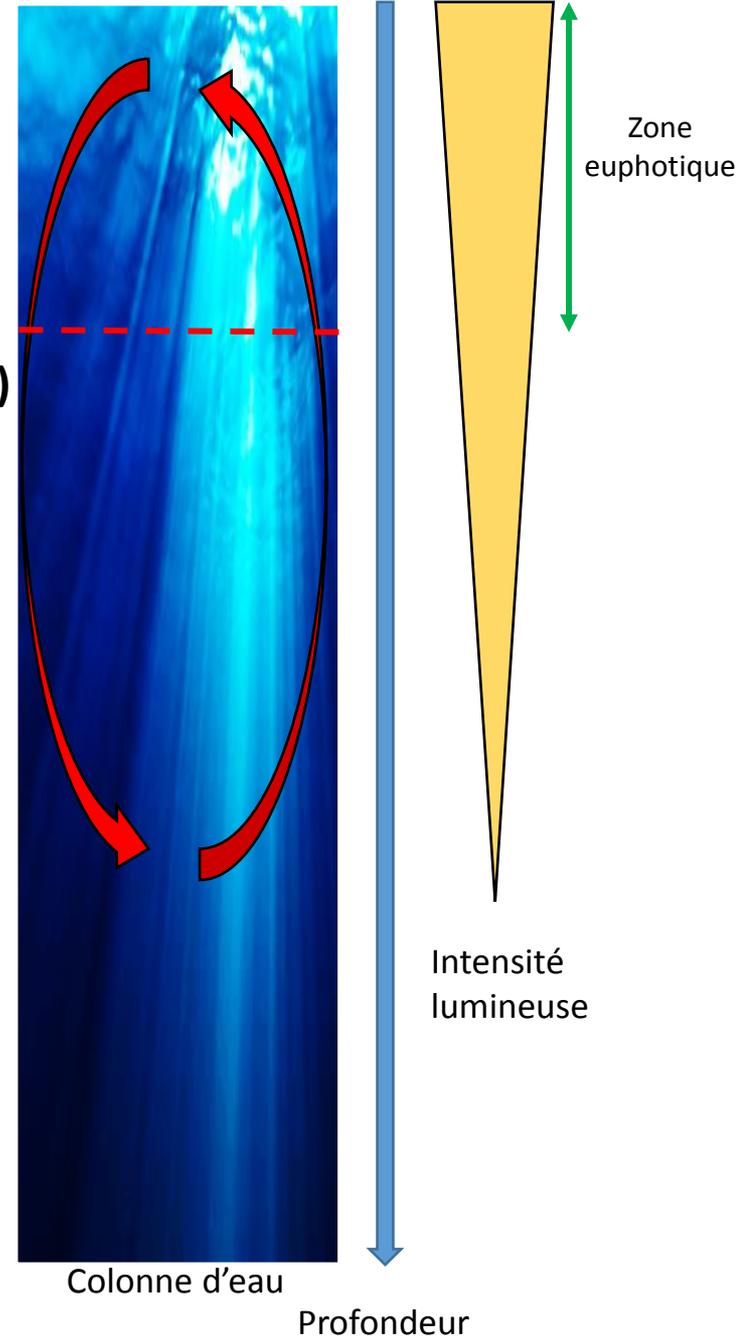


chlorophyll-*a* concentration ( $\text{mg m}^{-3}$ )



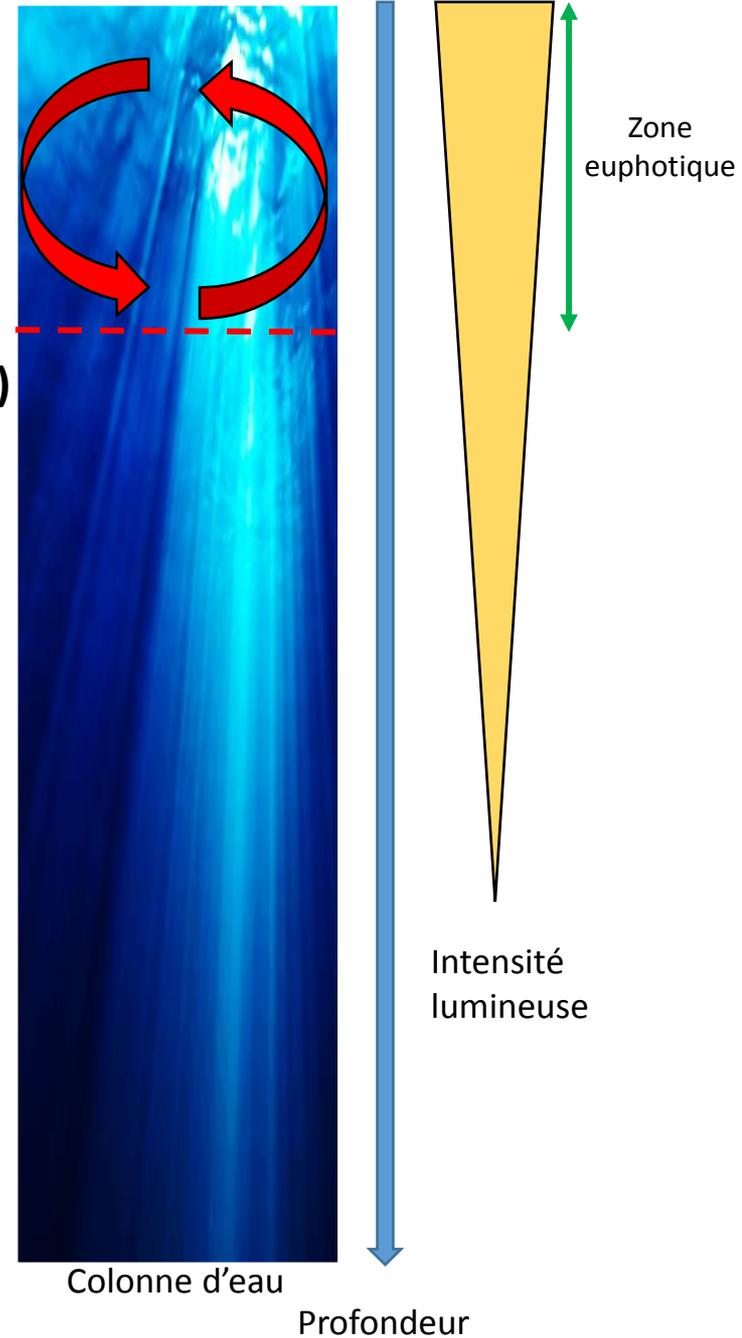
# Contexte général

- Plusieurs théories existent concernant l'initiation de l'efflorescence phytoplanctonique :
  - **Profondeur de la couche de mélange**  
(Critical depth hypothesis, Sverdrup's Theory, 1953)



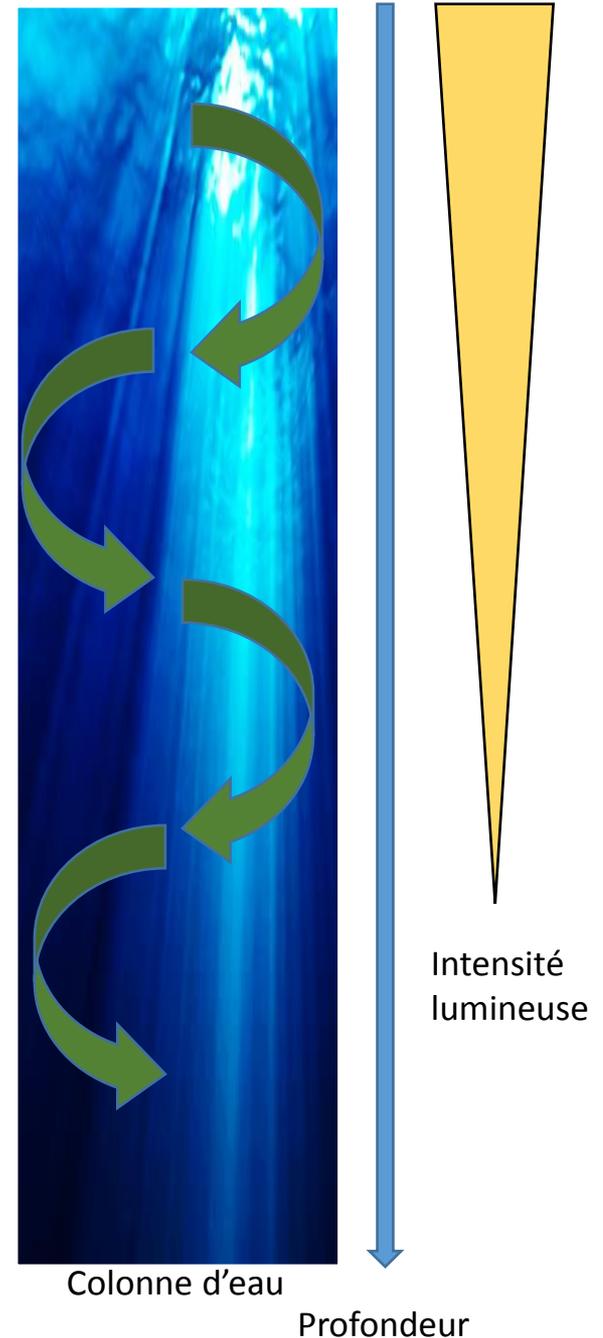
# Contexte général

- Plusieurs théories existent concernant l'initiation de l'efflorescence phytoplanctonique :
  - **Profondeur de la couche de mélange**  
(Critical depth hypothesis, Sverdrup's Theory, 1953)



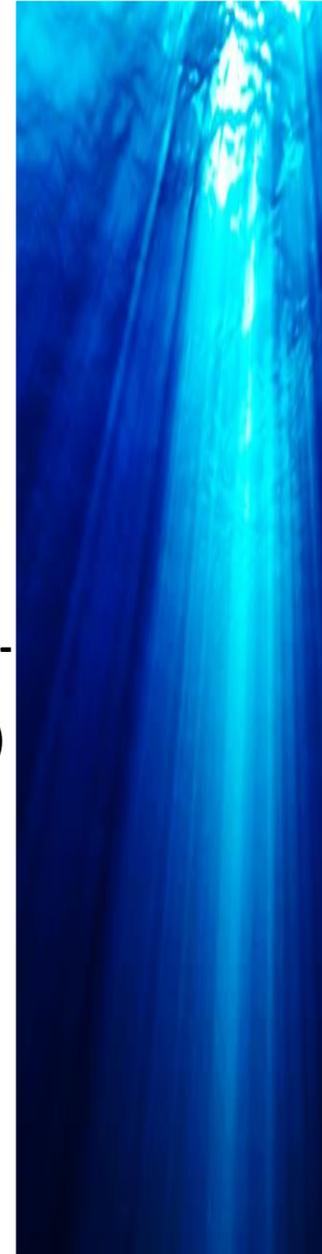
# Contexte général

- Plusieurs théories existent concernant l'initiation de l'efflorescence phytoplanctonique :
  - Profondeur de la couche de mélange (Critical depth hypothesis, Sverdrup's Theory, 1953)
  - **Turbulence de la colonne d'eau (Huisman *et al*, 1999 & Taylor and Ferrari, 2011)**

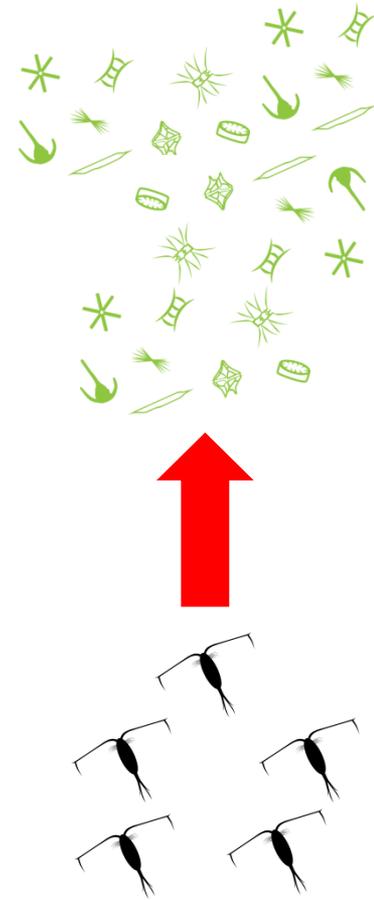


# Contexte général

- Plusieurs théories existent concernant l'initiation de l'efflorescence phytoplanctonique :
  - Profondeur de la couche de mélange  
(Critical depth hypothesis, Sverdrup's Theory, 1953)
  - Turbulence de la colonne d'eau  
(Huisman *et al*, 1999 & Taylor and Ferrari, 2011)
  - **Dilution dans la colonne d'eau/ Interaction proie-prédateur**  
(Dilution-Recoupling Hypothesis, Behrenfeld, 2010)

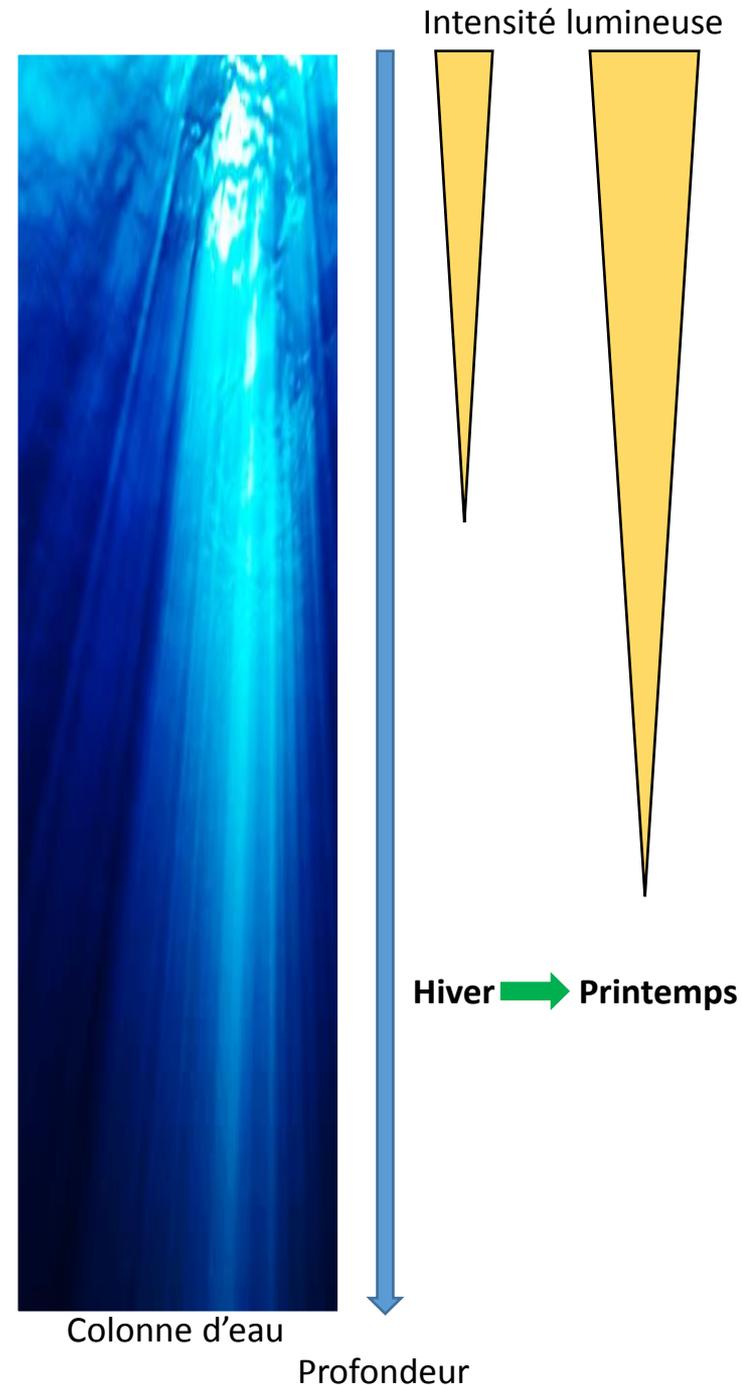


Colonne d'eau



# Contexte général

- Plusieurs théories existent concernant l'initiation de l'efflorescence phytoplanctonique :
  - Profondeur de la couche de mélange (Critical depth hypothesis, Sverdrup's Theory, 1953)
  - Turbulence de la colonne d'eau (Huisman *et al*, 1999 & Taylor and Ferrari, 2011)
  - Dilution dans la colonne d'eau/ Interaction proie-prédateur (Dilution-Recoupling Hypothesis, Behrenfeld, 2010)
  - **Intensité lumineuse (Sommer and Lengfellner, 2008)**

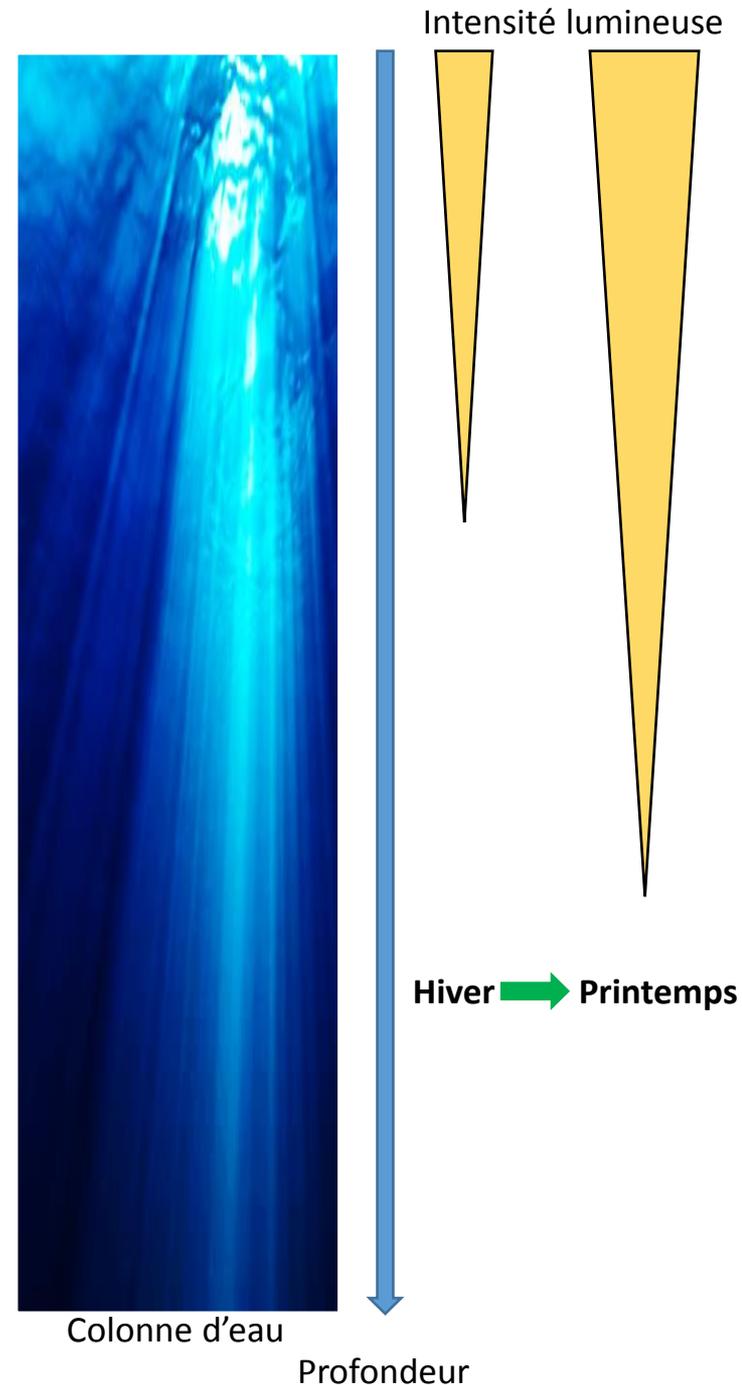


# Contexte général

- Plusieurs théories existent concernant l'initiation de l'efflorescence phytoplanctonique :
  - Profondeur de la couche de mélange (Critical depth hypothesis, Sverdrup's Theory, 1953)
  - Turbulence de la colonne d'eau (Huisman *et al*, 1999 & Taylor and Ferrari, 2011)
  - Dilution dans la colonne d'eau/ Interaction proie-prédateur (Dilution-Recoupling Hypothesis, Behrenfeld, 2010)
  - Intensité lumineuse (Sommer and Lengfellner, 2008)

## Questions and objectives

- **Comment la photopériode et la température influencent-elles l'efflorescence phytoplanctonique ?**

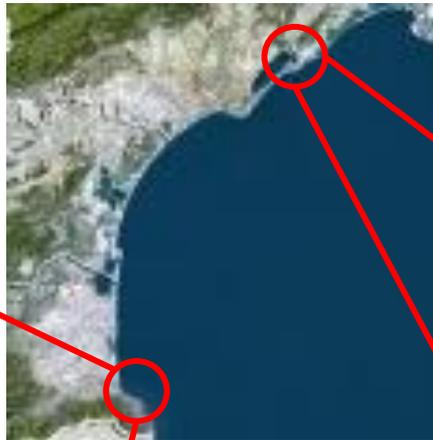


# ANR Photo-Phyto (2014-2018)

Effets du réchauffement climatique sur le déclenchement des blooms phytoplanctoniques printaniers : photopériodisme, composition de la communauté et adaptation

LOMIC (Banyuls, PI FY Bouget), ECOSYM (Montpellier), Metabolium SA (Romainville)

LOMIC (Banyuls/mer)



ECOSYM (Sète/Montpellier)



Point SOLA (Banyuls/mer)



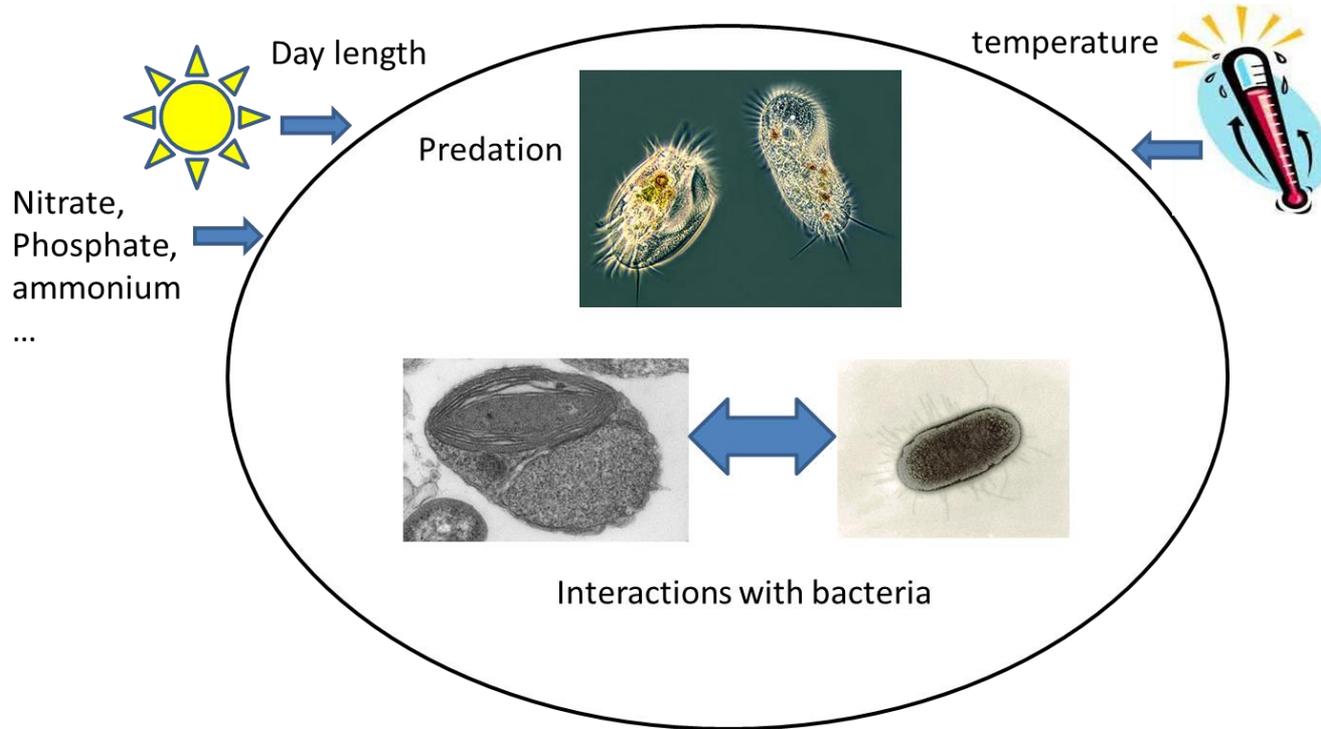
Station Medimeer (Etang de Thau)



# Question Biologique

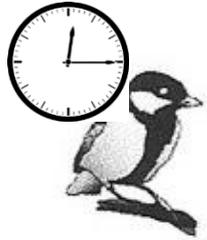
- Rôle et hiérarchie des **facteurs environnementaux fluctuants** tels que la **température**, et les **processus cellulaire intrinsèque** tels que **l'horloge circadienne** (dépendant de la **photopériode**) dans le déclenchement des efflorescences printanières.
- **Approche multidisciplinaire** combinant des expertises dans différents domaines tels que **l'écologie microbienne**, **l'océanographie**, la **génomique fonctionnelle** ainsi que **l'évolution expérimentale**.

# Impact du découplage des drivers physiques (photopériode/température) sur l'initiation du bloom phytoplanctonique.

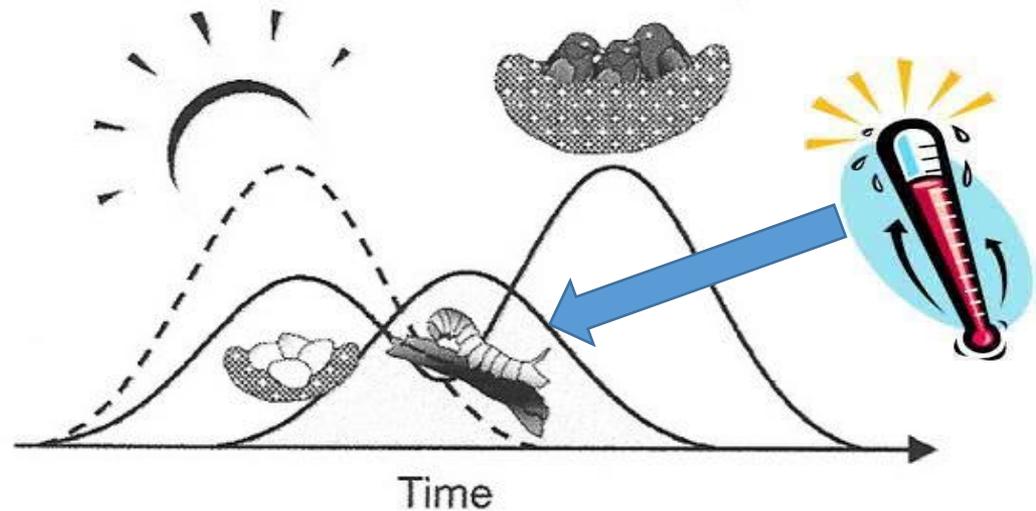
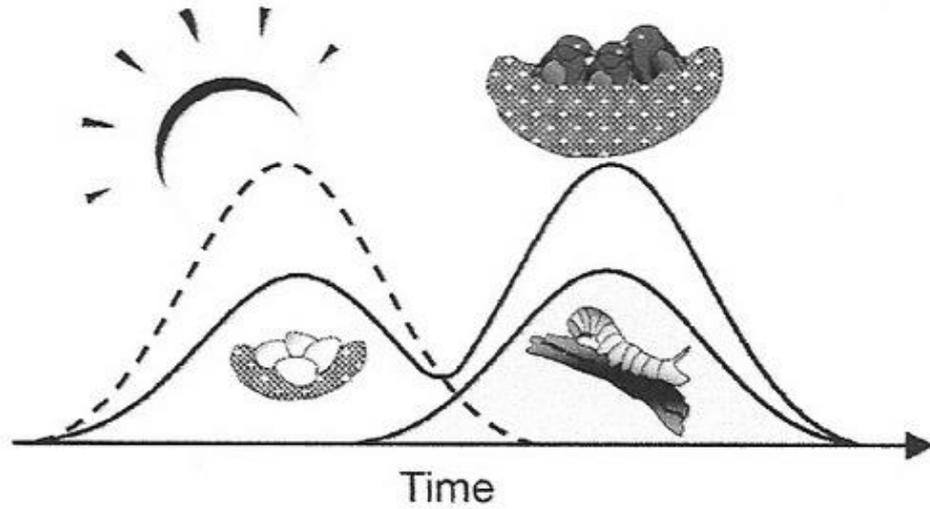


- 1. Quels sont les drivers principaux du bloom phytoplanctonique printanier?**
- 2. Comment est-ce que la température et la photopériode interagissent pour déclencher le bloom?**
- 3. Est-ce que l'adaptation au réchauffement affecte le photopériodisme et les interactions trophiques?**
- 4. Comment est-ce que le réchauffement affecte les communautés microbiennes naturelles?**

# Match/Mismatch du photopériodisme



Match  
.....  
Climate change  
.....  
Mismatch



# ANR Photo-Phyto (2014-2018) : Tasks



Paramètres lumière /  
température

## Task 1 Observation de terrain (Thau, Banyuls)

Paramètres physico-chimiques  
(température, lumière, nutriments ...)  
Diversité phytoplanctonique

Souches isolées



## Task 2 Bloom drivers

Contribution hiérarchique de la lumière et température:  
-Microcosmes  
-Souches isolées  
-*O. tauri* (WT et mutant d'horloge circadienne)

Comparaison souche adaptée/non adaptée

Paramètres lumière /  
température

## Task 3 Evolution expérimentale

*O. tauri* thermotolérante:  
-Physiologie, RNAseq  
-Température/ photopériode  
-Interactions avec les bactéries  
-couplage/découplage proie/prédateur



Réchauffement climatique

Comparaison souche  
adaptée/non adaptée

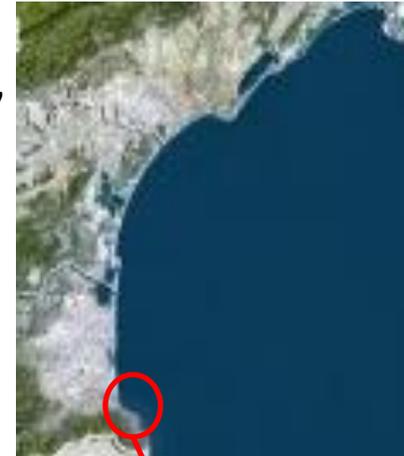
## Task 4 Expérience grande échelle

-Mésocosmes  
-Communauté phytoplanktonic totale



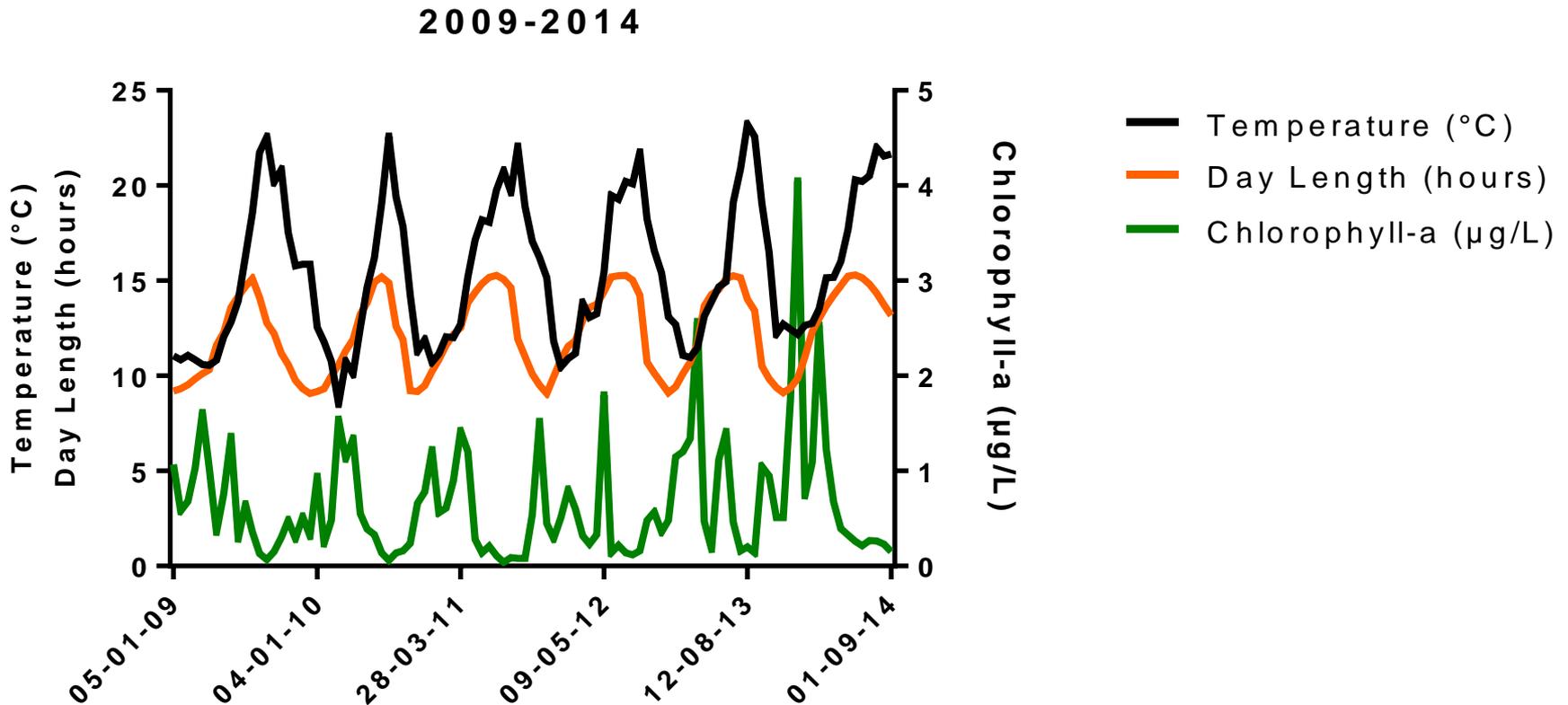
# Séries Temporelle de la station SOLA, Banyuls (SOMLIT)

- **Echantillonnage régulier de la station SOLA depuis 1997**
- **Séries de données la plus complète: 2009-2014**
- Paramètres suivies:
  - **Température**
  - Salinité
  - Oxygène
  - $\text{NH}_4$
  - $\text{NO}_3/\text{NO}_2$
  - $\text{PO}_4$
  - $\text{SiO}_4$
  - COP
  - NOP
  - MES
  - Production primaire
  - Consommation primaire
  - **Chlorophylle-a**
  - Phéo pigments
  - **Abondance microbienne**



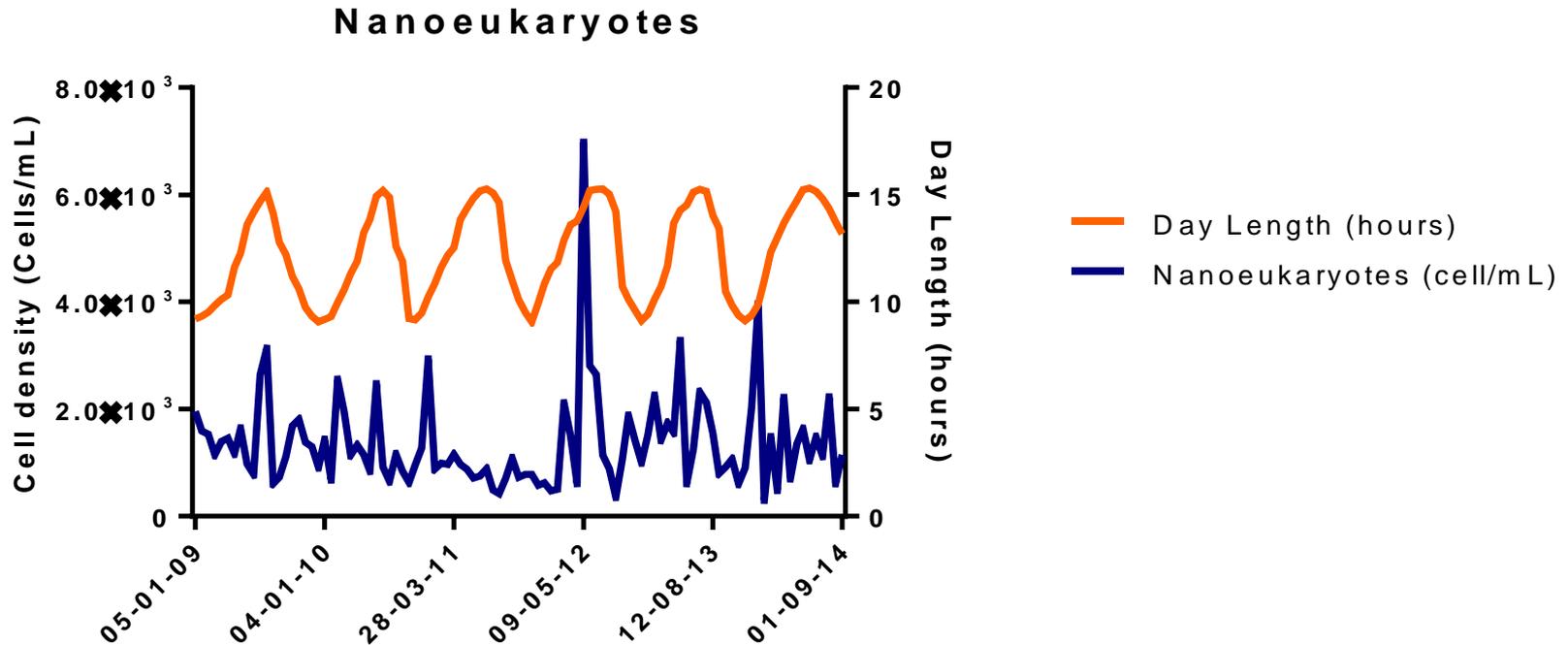
Station SOLA

# Chlorophyll-a au point SOLA (données SOMLIT)



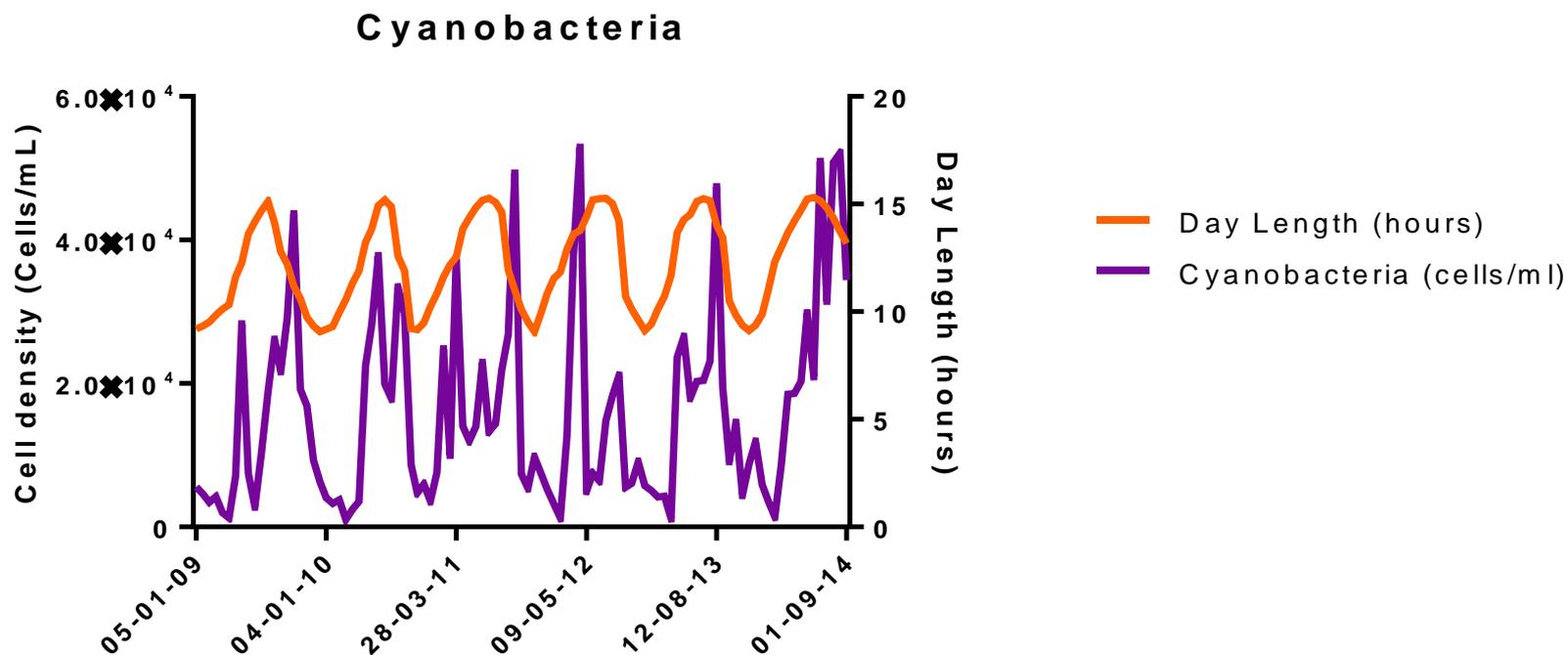
- Covariation de la température et de la photopériode
- Pics de Chlorophylle-a → Janvier-Mars
- Signal Complexe

# Analyses en cytométrie en flux (données SOMLIT)



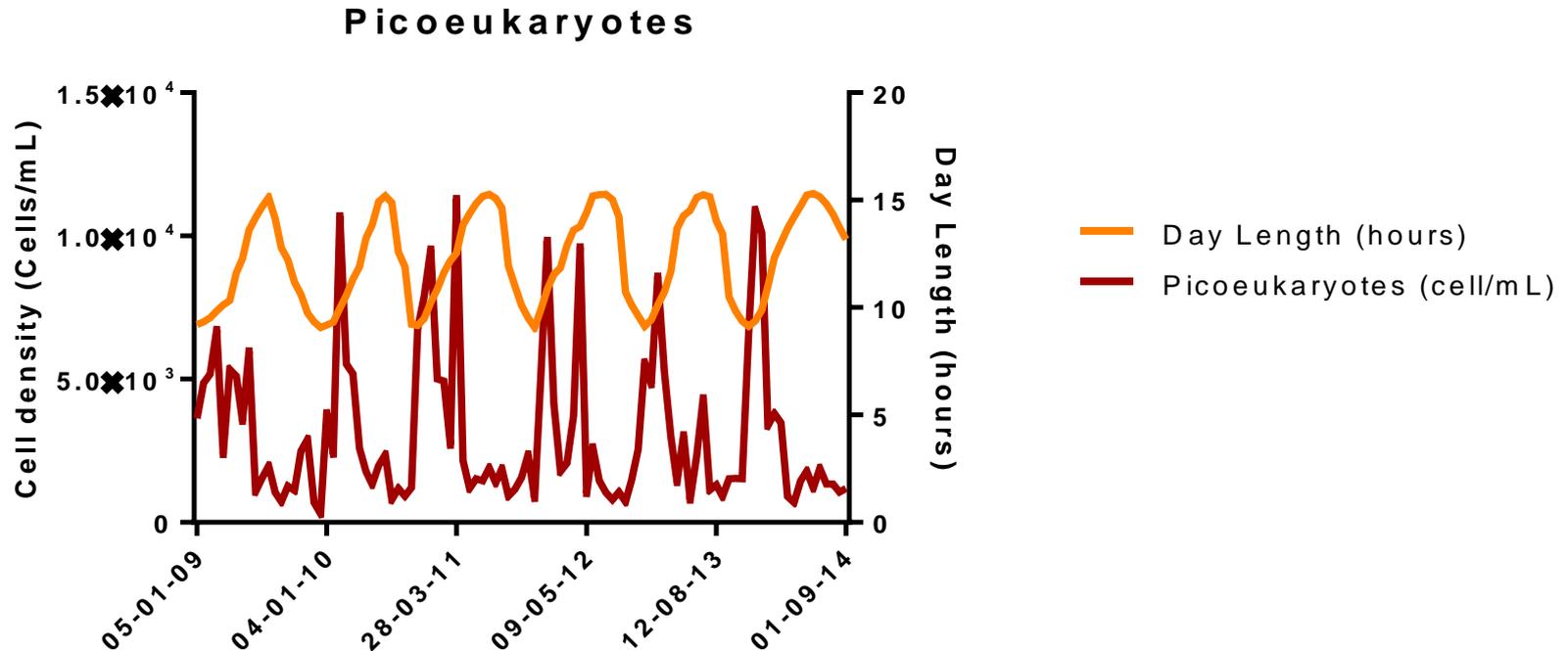
- Faible périodicité pour les nanoeukaryotes.

# Analyses en cytométrie en flux (données SOMLIT)



- Périodicité annuelle pour les cyanobactéries
- Densités cellulaires maximales correspondant aux longues journées (ÉTÉ)

# Analyses en cytométrie en flux (données SOMLIT)



- Périodicité annuelle pour les picoeucaryotes
- Abondances cellulaires maximales correspondant aux jours plus courts. (**HIVER**)

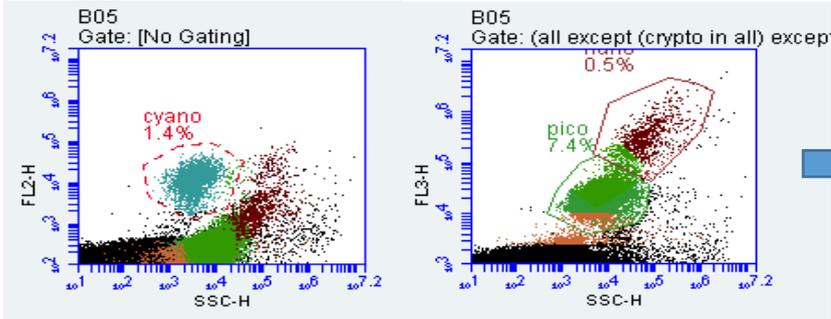
# Récapitulatifs des séries temporelles

- Périodicité annuelle des picoeucaryotes et des cyanobactéries.
- Température et photopériode semblent être d'importants facteurs.
- **Picoeucaryotes en hiver.**
- **Cyanobactéries en été.**

Comment pouvons nous tester l'influence de la **lumière** et de la **température séparément** sur une population de phytoplancton?

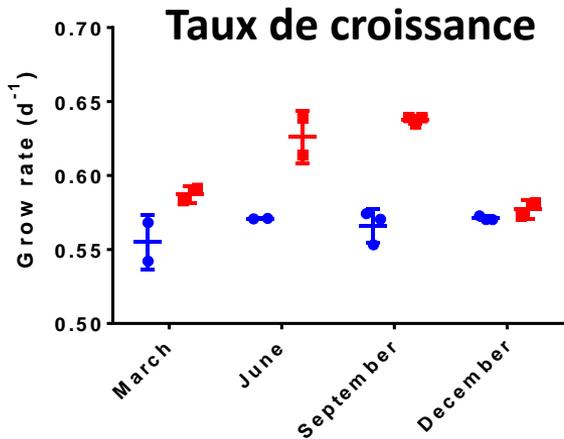


# Analyse par cytométrie en flux des communautés microbiennes présentes dans les microcosmes

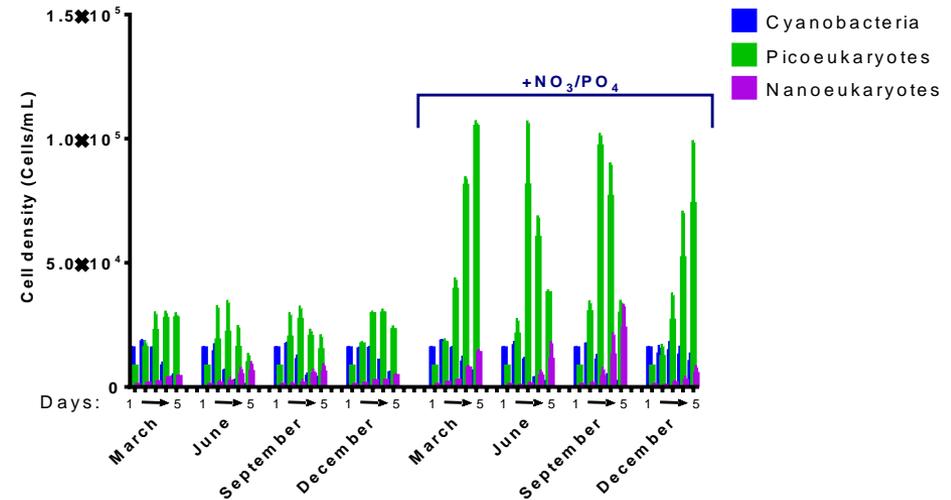


- Cyanobacteria
- Picoeukaryotes
- Nanoeukaryotes

Les populations sont comptées tous les jours, pendant 5 jours, dans chaque condition.

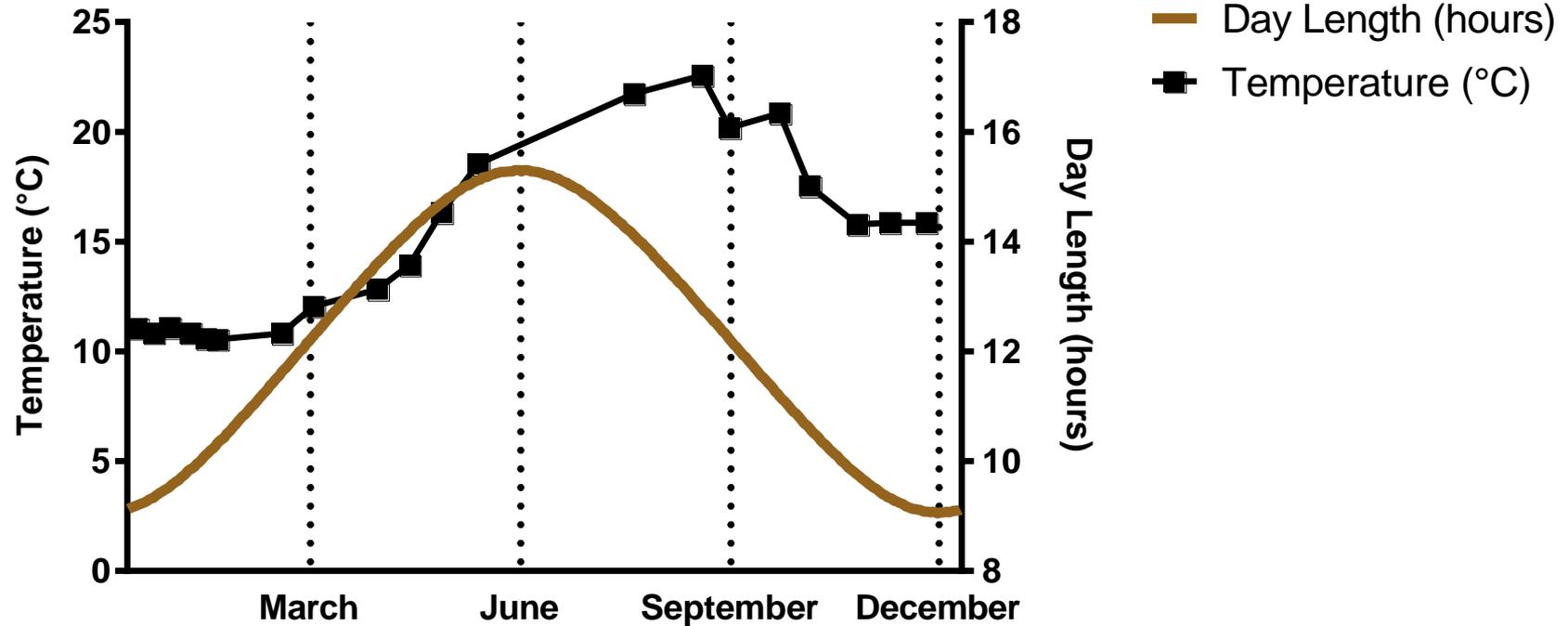


- Environmental condition
- +NO<sub>3</sub>/PO<sub>4</sub>



# Simulation de « conditions naturelles » (lumière/température)

## Temperature and Day length at SOLA (2009)



Average  
Temperature (°C)

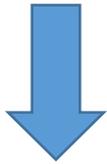
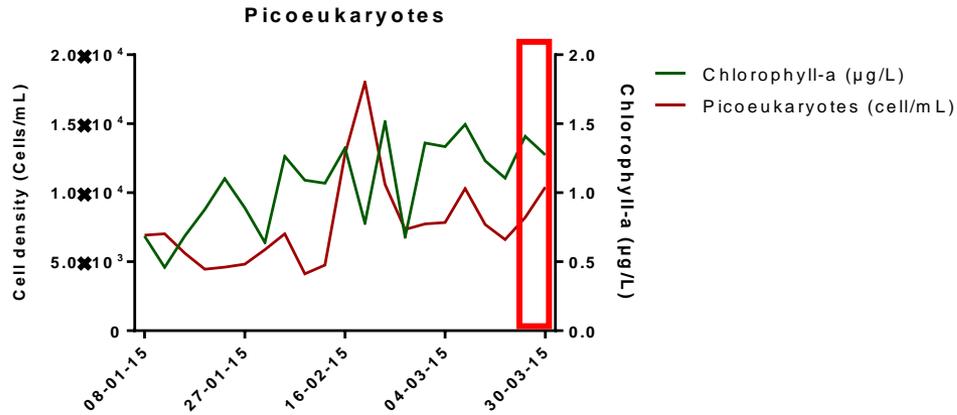
12.2

18.8

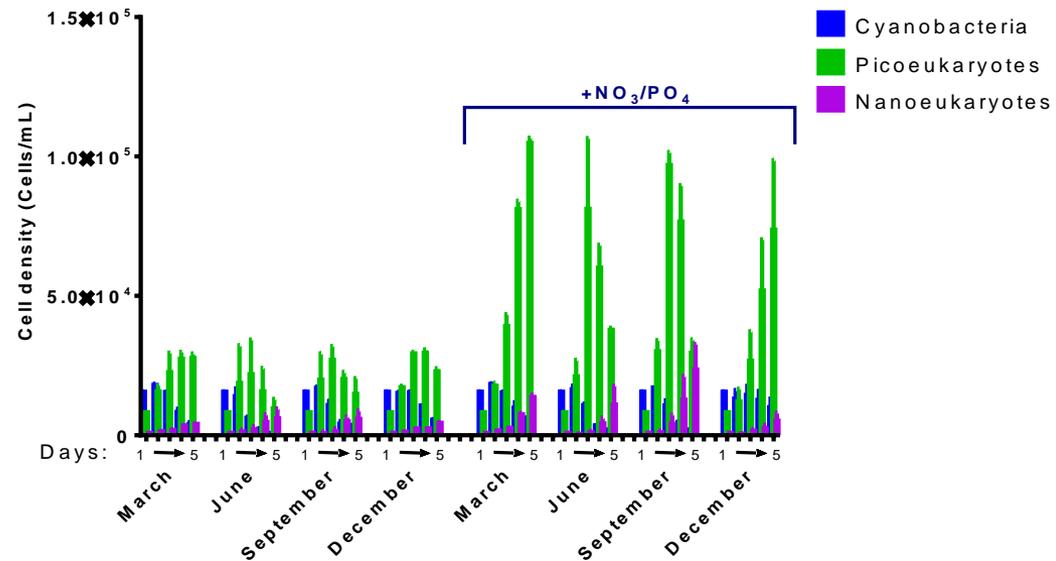
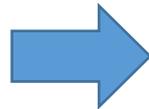
20.7

14.4

# Simulation des « conditions naturelles » (lumière/température

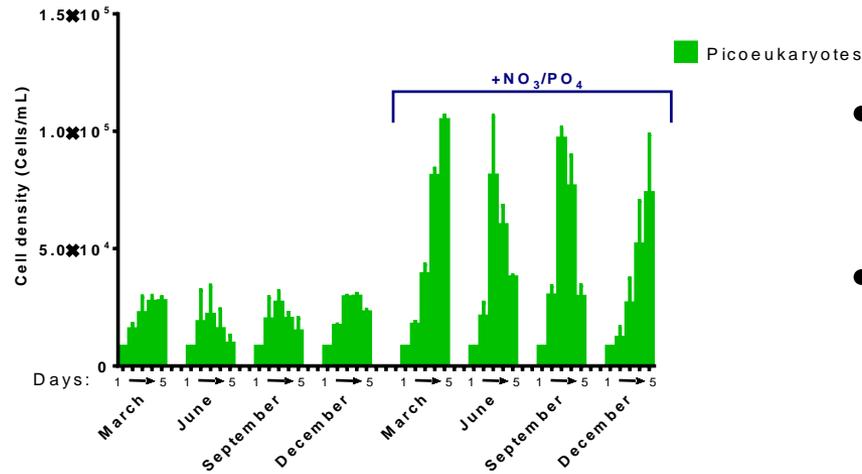


- Simulation des conditions de lumière et température des mois de **Mars, Juin, Septembre** et **Décembre**.

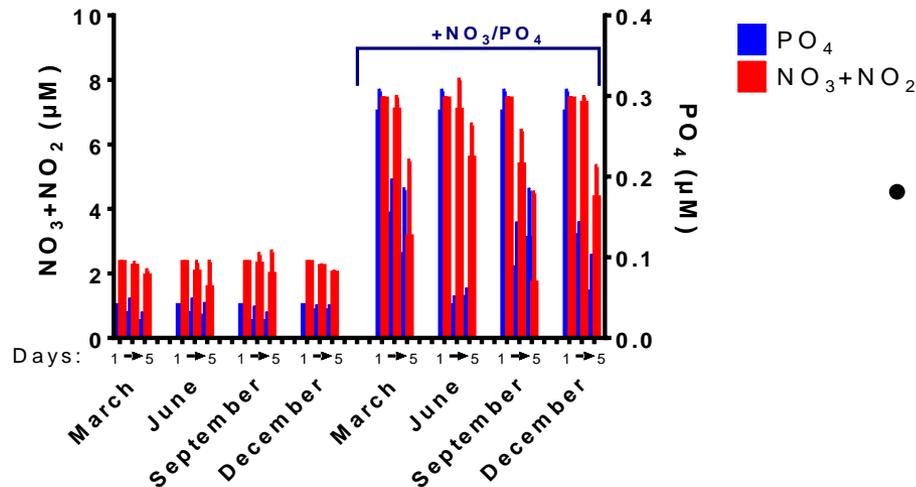


- Seuls les **picoeucaryotes** ont développé dans les microcosmes

# Simulation des « conditions naturelles » (Communauté de Mars)



- Effet positif de l'enrichissement en nutriments
- Pas de différences évidentes entre les densités cellulaires maximum pour les différents mois



- NO<sub>3</sub> et/ou PO<sub>4</sub> sont limitants dans l'eau de mer

# Conclusion

- **Analyse de la série temporelle (données SOMLIT):**
  - Périodicité annuelle pour les picoeucaryotes et les cyanobactéries.
  - Aucune de ces variations expliquent entièrement le signal de chlorophylle-a.
  - La température et la photopériode semblent être des facteurs importants.
- **Microcosmes:**
  - Dans nos conditions, seuls les **picoeucaryotes** se développent dans les microcosmes.
  - Différentes réponses de la “**communauté de Mars**” aux **températures/lumières** des autres mois de l’année.

Merci pour votre attention!



Stefan Lambert  
PhD student



**And a special thank you to:**

Philippe Schatt, Valerie Vergé, Jean Claude Lozano,  
Pascal Conan, Pierre Galand,  
Olivier Crispy, Aurore Gueux, Eric Maria,  
Michel Groc, Jean-Luc Aucouturier  
Arnaud, Christophe, Eric & Germain, AKA “les marins”  
And, of course, François-Yves Bouget.