

The background is a collage of four images representing climate change. The top-left image shows a large glacier with blue ice. The top-right image shows a satellite view of a hurricane over the ocean. The bottom-left image shows a forest fire with bright orange flames. The bottom-right image shows a field of corn plants in a dry, cracked soil, indicating a drought. The text is overlaid on a semi-transparent white banner across the center.

La gestion des cyanobactéries à l'heure des changements climatiques

D. Latour & J.F. Humbert

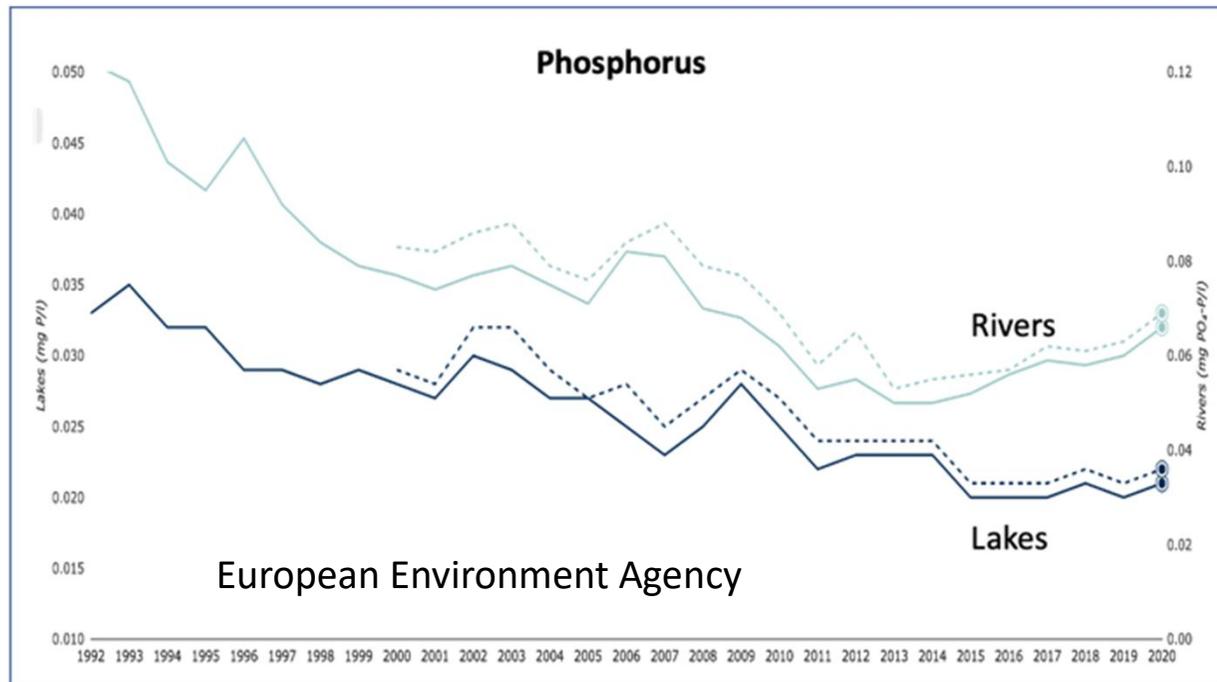
Les constats en France et en Europe :

- Les plans d'eau font l'objet de multiples usages qui risquent encore de s'accroître dans le futur (cf Le Varenne agricole, par exemple), notamment en raison du réchauffement climatique
 - Augmentation des conflits d'usage
- Les plans d'eau sont soumis à des pressions de pollution multiples associées aux activités humaines, dans un contexte d'augmentation constante des populations humaines depuis l'après-guerre
- La mémoire des sédiments nous montre que l'eutrophisation massive des écosystèmes aquatiques est clairement associée à la croissance des activités humaines

Introduction

Les constats en France et en Europe :

- Les concentrations en phosphore diminuent depuis la fin des années 1980, celles des nitrates sont stables



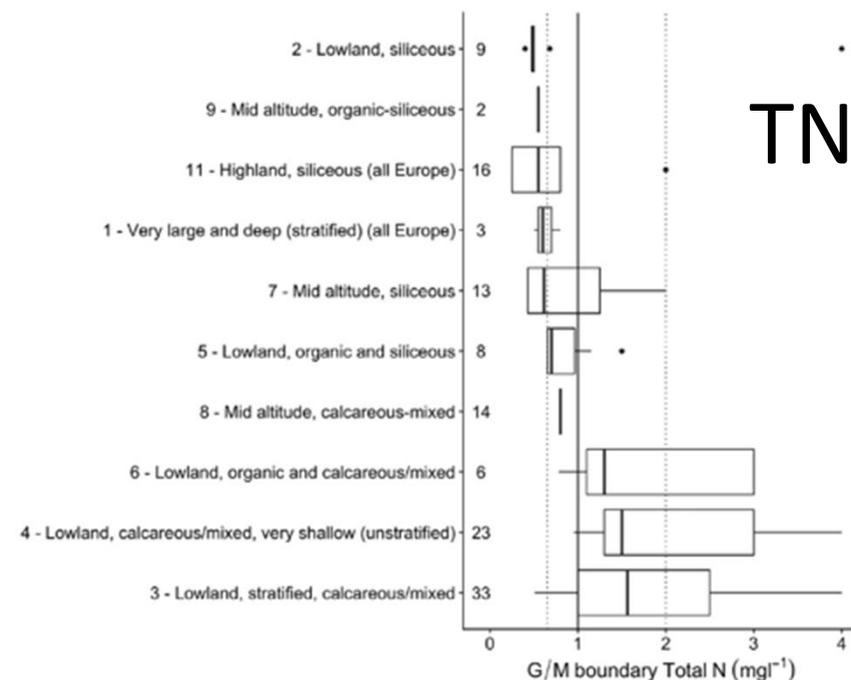
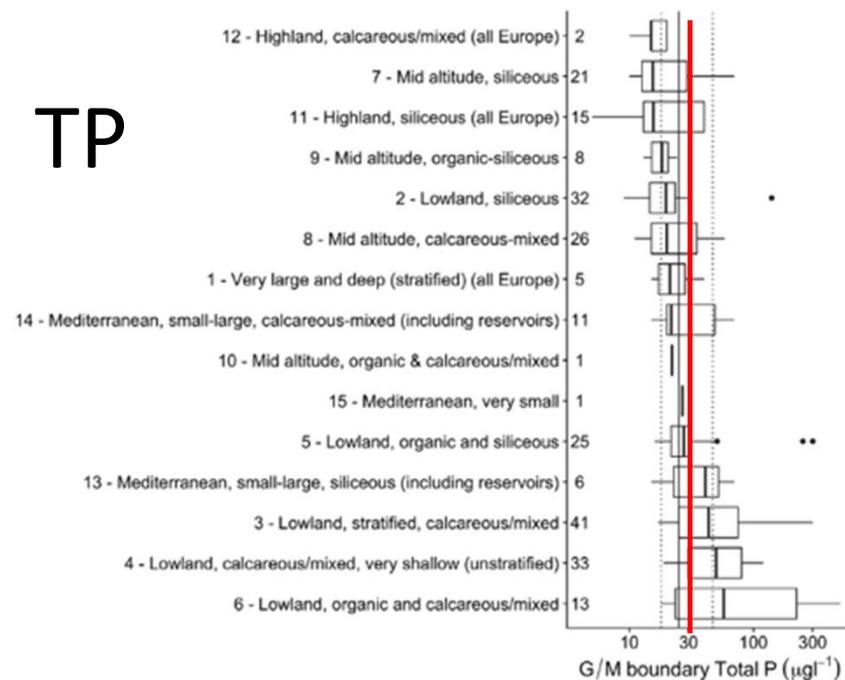
→ Forte diminution des rejets ponctuels de P (traitement des eaux usées, interdiction des phosphates dans les lessives)

→ Stagnation ou augmentation des pollutions diffuses par le P depuis les sols agricoles

Introduction

Les constats en France et en Europe :

- Malgré les diminutions, les concentrations en phosphore restent beaucoup trop élevées dans les lacs situés en plaine



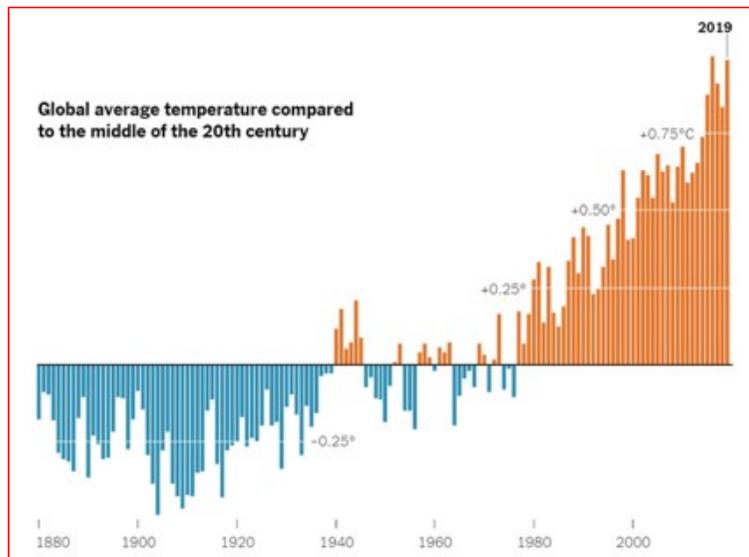
Poikane et al., 2019

Introduction

À partir de tous ces constats se pose la question de l'influence des changements climatiques sur les proliférations de cyanobactéries dans les plans d'eau.

Ces changements climatiques se manifestent de deux façons principales :

Augmentation des températures

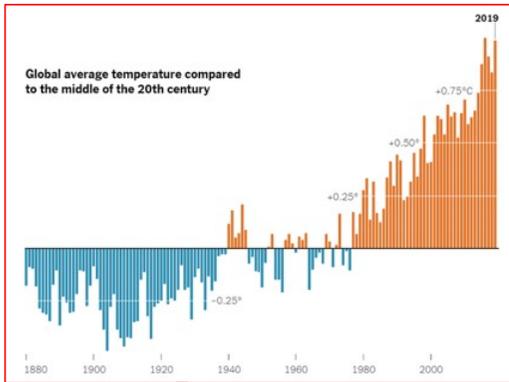


Modifications des régimes de précipitations



Liens principaux identifiés entre climat et cyanobactéries

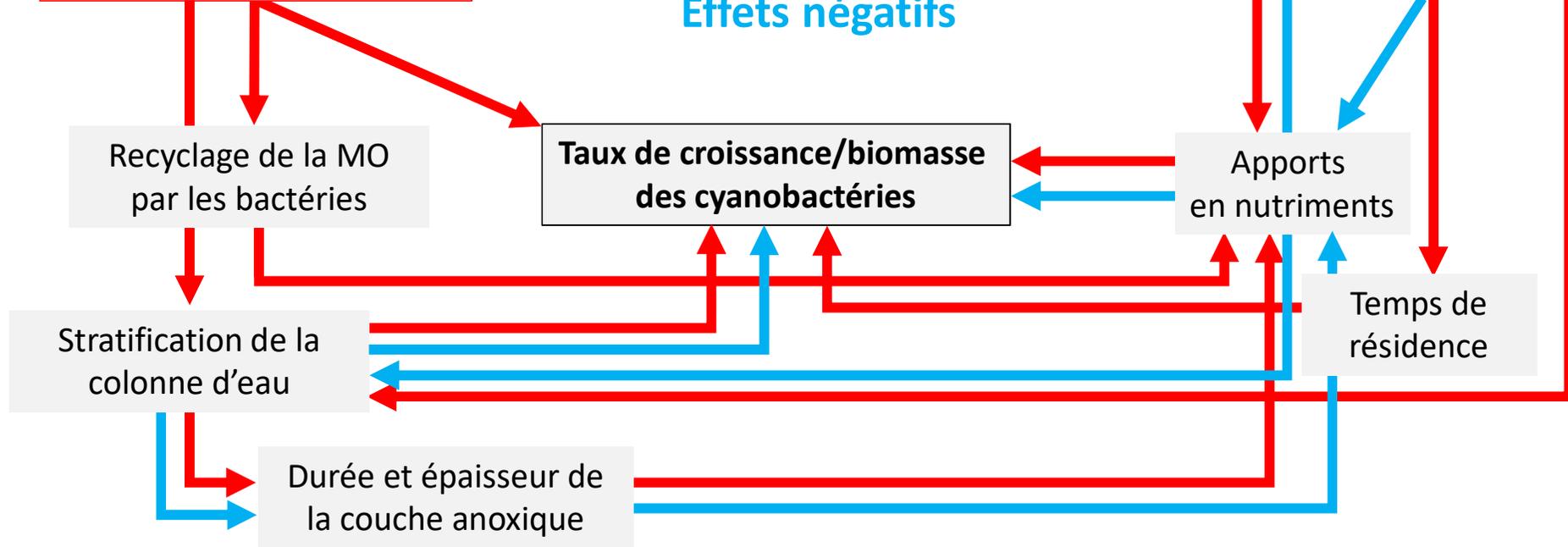
Augmentation des températures



Régimes de précipitations

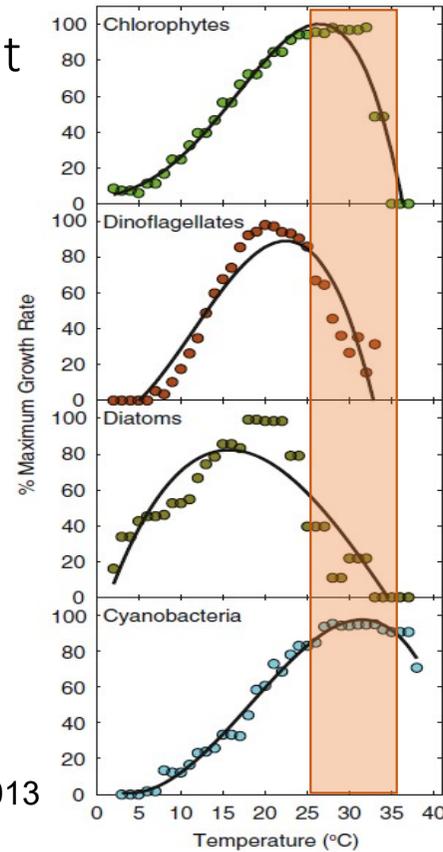


Effets positifs
Effets négatifs



Températures et taux de croissances des cyanobactéries

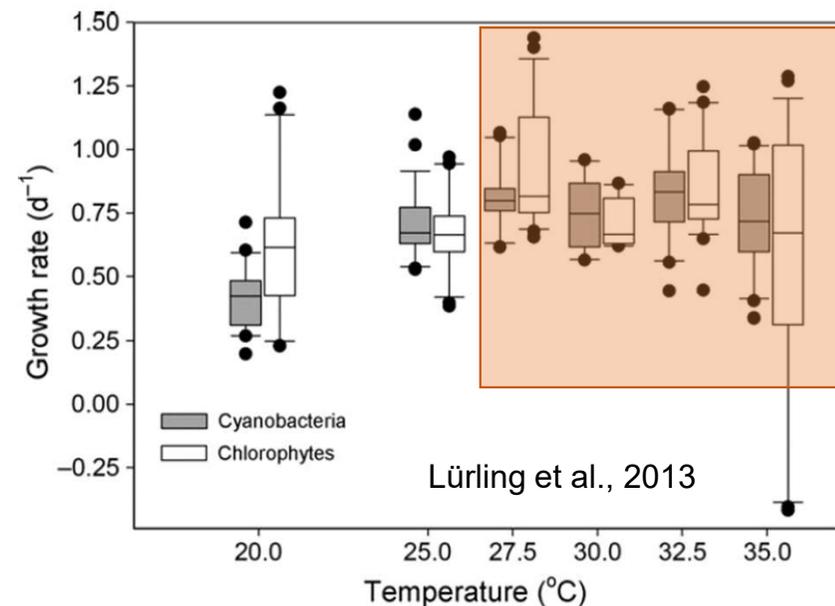
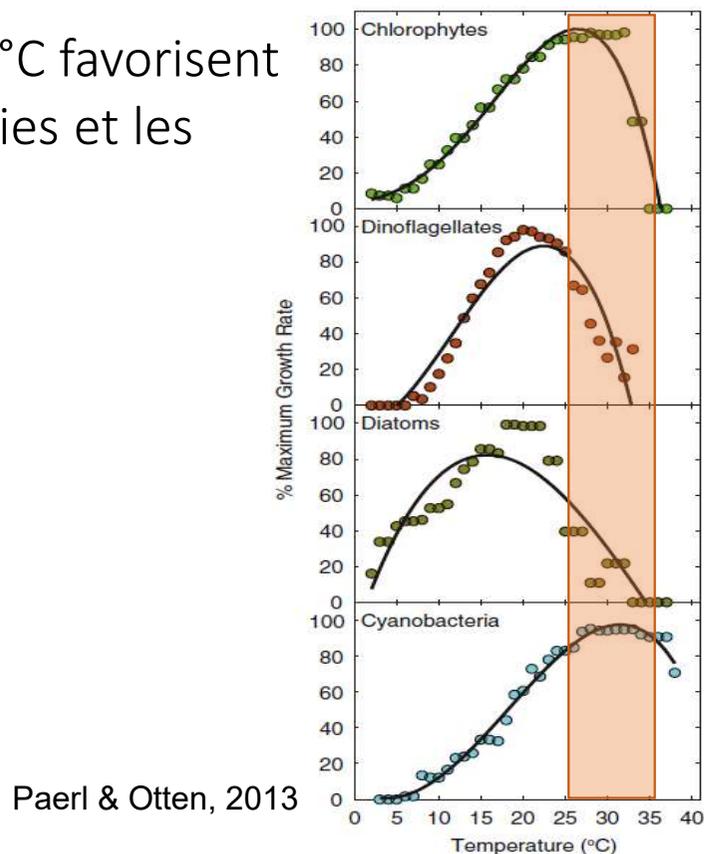
- Les $Temp_{eau} > 25^{\circ}C$ favorisent les cyanobactéries et les chlorophytes



Paerl & Otten, 2013

Températures et taux de croissances des cyanobactéries

- Les $Temp_{eau} > 25^{\circ}C$ favorisent les cyanobactéries et les chlorophytes



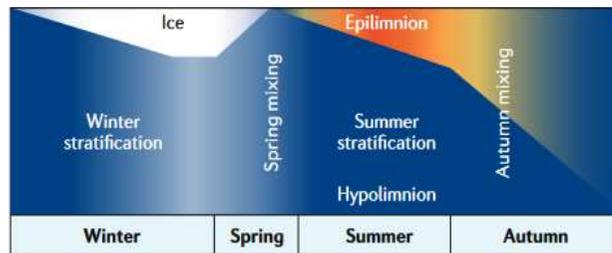
- Plus de variabilité dans les taux de croissances des chlorophytes que dans ceux des cyanobactéries qui sont toujours très élevés au dessus de $25^{\circ}C$

Dans beaucoup de plans d'eau français, ce seuil de $25^{\circ}C$ est déjà dépassée en été, quelques fois largement dans les plans d'eau peu profonds

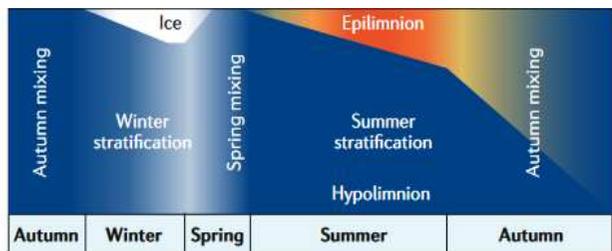
Stratification de la colonne d'eau et cyanobactéries

Périodes de forte température + sécheresse prolongée

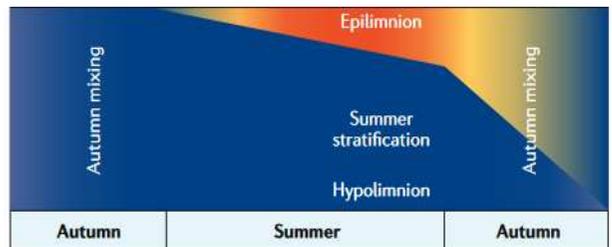
Climat actuel : lac dimictique



Réchauffement climatique : stratification précoce

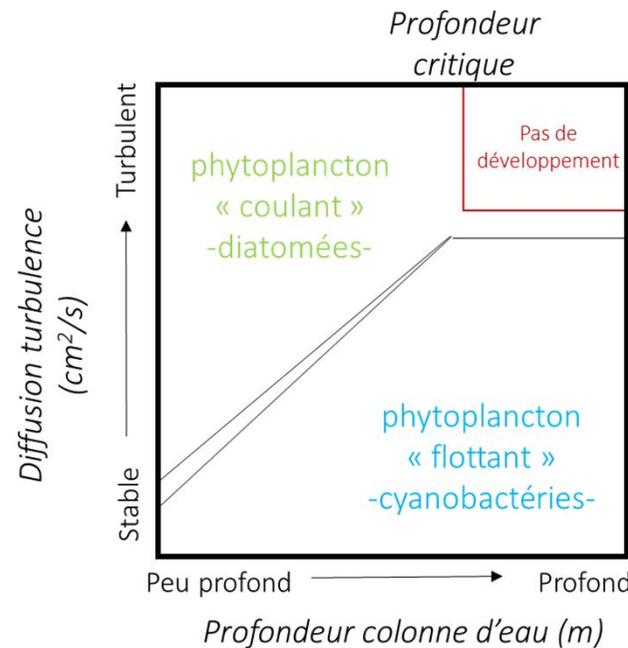


Climat futur : lac monomictique

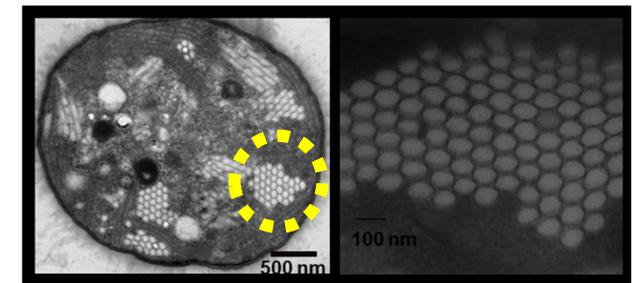


Allongement de la durée de la stratification thermique

La stratification thermique de la colonne d'eau favorise les cyanobactéries qui ont une meilleure flottabilité



Turbulence critique



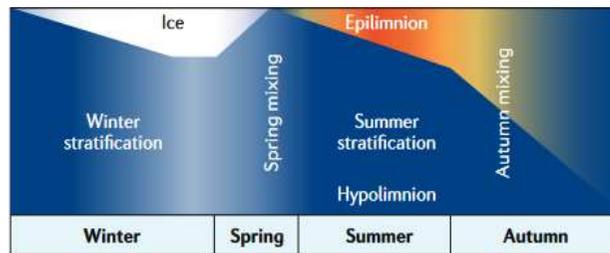
Vésicules à gaz des cyanobactéries

Woolway et al, 2020

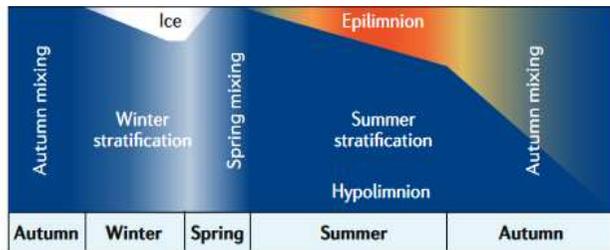
Stratification de la colonne d'eau et cyanobactéries

Périodes de forte température + sécheresse prolongée

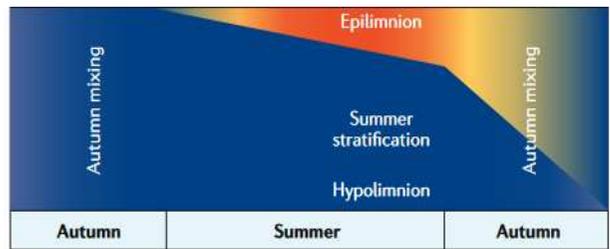
Climat actuel : lac dimictique



Réchauffement climatique : stratification précoce

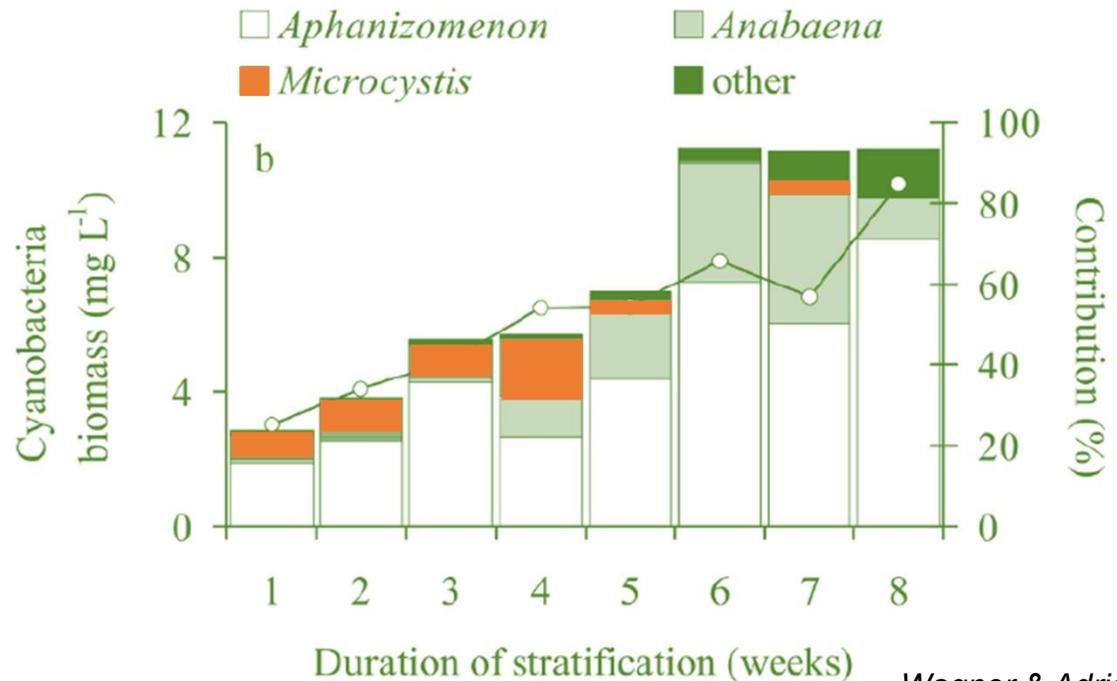


Climat futur : lac monomictique



Woolway et al, 2020

Allongement de la durée de la stratification thermique

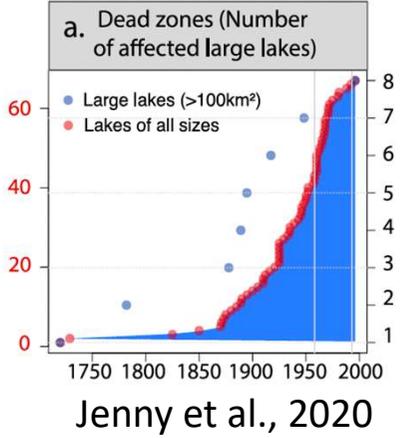
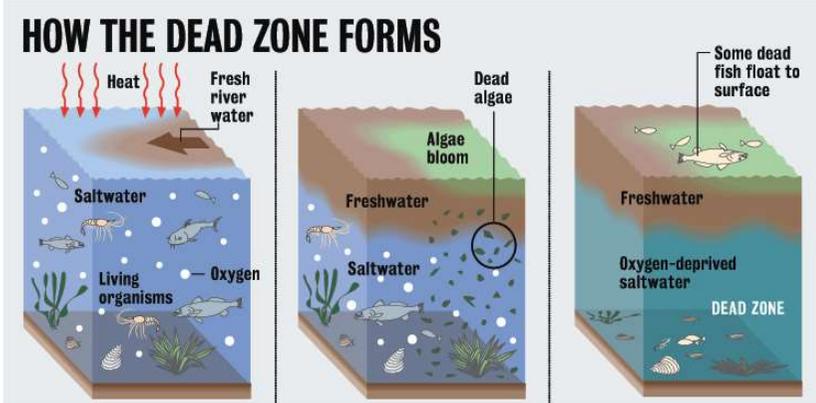


Wagner & Adrian, 2009

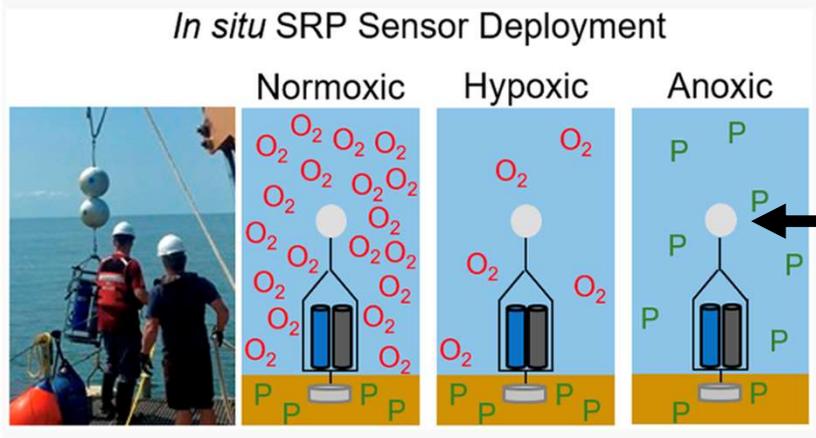
→ Augmentation de la biomasse et de la dominance des cyanobactéries avec l'allongement de la stratification thermique de la colonne d'eau

Les zones mortes et le relargage de P par les sédiments

➤ La formation de zones mortes dans les plans d'eau (= zones dépourvues d'oxygène)



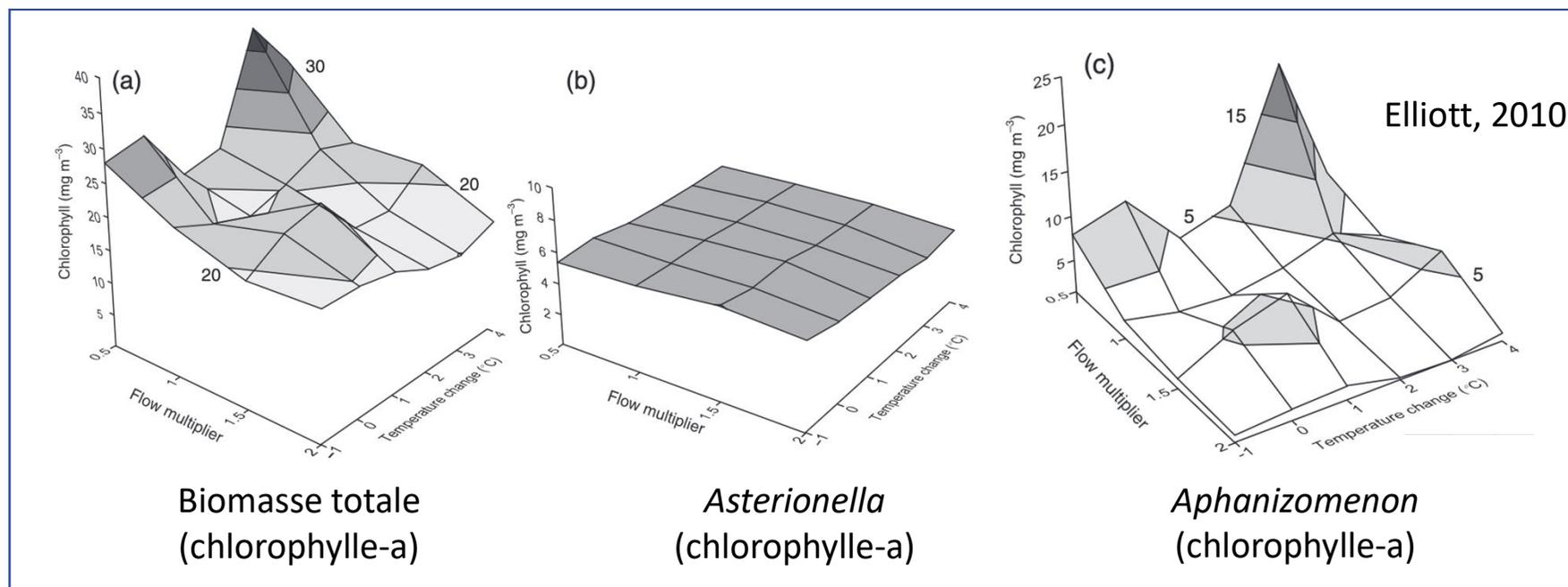
➤ Les conséquences de ces zones anoxiques sur le relargage du P



De 11 à 26 mg/m²/jour
Anderson et al., 2021

➤ Le relargage du P par les sédiments va ralentir les effets positifs de la diminution des apports en P par les tributaires des plans d'eau

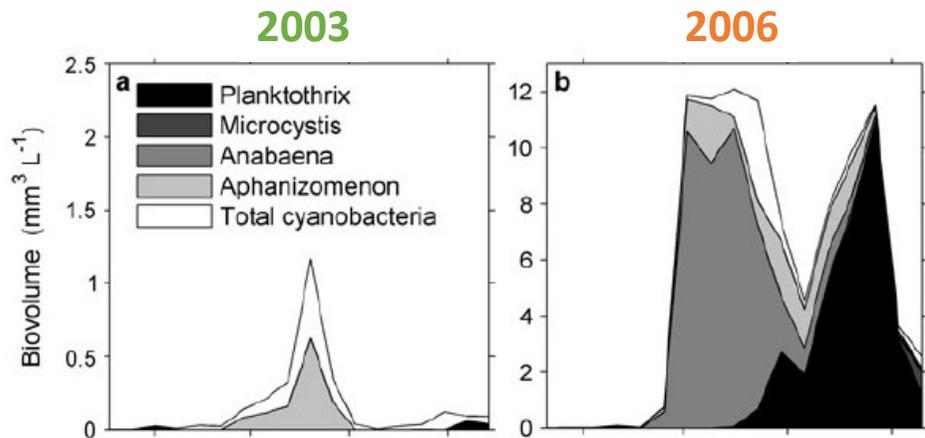
Temps de résidence de l'eau et cyanobactéries



- La diminution du taux de renouvellement (= augmentation du temps de résidence) combinée à l'augmentation des températures conduit à une forte augmentation de la biomasse phytoplanctonique
- Cette augmentation de biomasse profite surtout aux cyanobactéries fixatrices d'azote qui sont capables de se développer en conditions limitantes de N

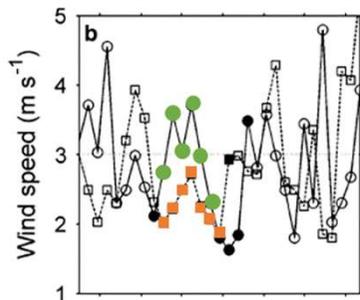
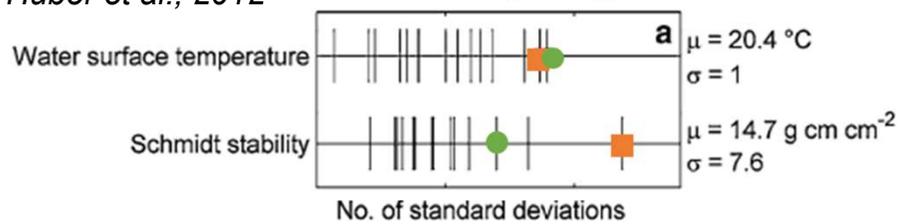
Importance des variables météorologiques locales

Cas de deux canicules (2003 et 2006) sur un lac en Allemagne



Huber et al., 2012

1993-2007 (Jun-Aug)



Deux canicules aux effets différents :

- 2003 : Prolifération modérée de cyanobactéries
- 2006 : Prolifération très forte

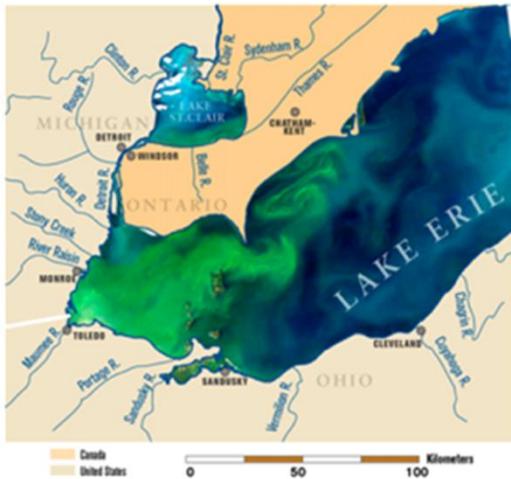
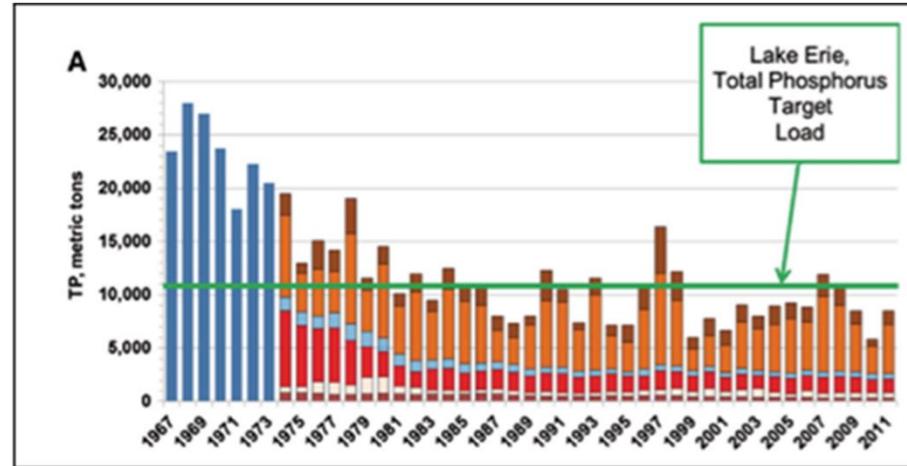
Variables météorologiques :

- Températures moyennes estivales très proches
- Vitesses de vent plus élevées en 2003 et stabilité de la colonne d'eau plus faible

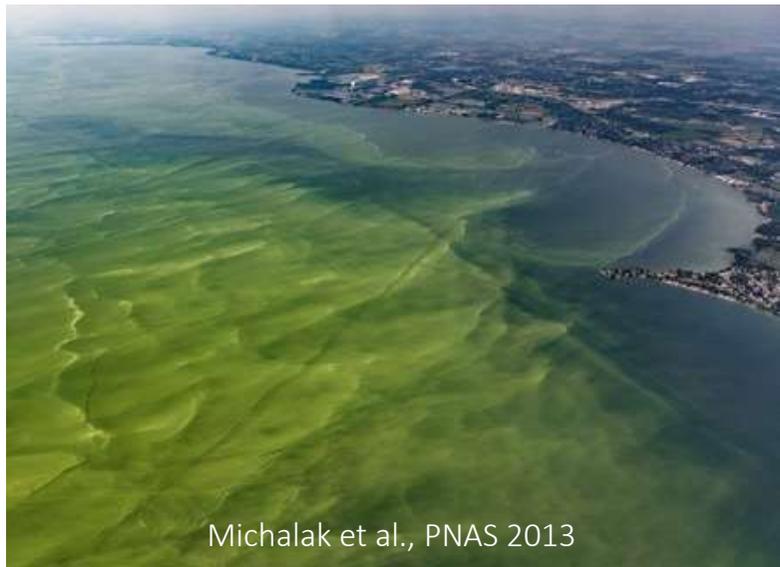
➤ Les conditions météorologiques locales ont un effet important sur le développement des proliférations

Influences conjointes de différents processus

L'exemple du Lac Érié



Influences conjointes de différents processus



Changements dans les pratiques culturelles

Changements dans les régimes de précipitation

Changements dans les régimes hydrologiques (temps de résidence, dead zone)

Relargage du P = Flux apportés par les rivières

➤ Le retour des cyanobactéries dans le lac est lié à la conjonction de changements dans les pratiques culturelles et dans le climat de cette région des USA

Conclusions

- Les changements climatiques ont des effets contrastés, positifs ou négatifs, sur les proliférations de cyanobactéries mais ils semblent le plus souvent conduire à une amplification de ces phénomènes
- Il est difficile, en l'état actuel des connaissances, de déterminer si les changements climatiques provoquent une augmentation du potentiel toxique des proliférations; dans certaines conditions, en favorisant les cyanobactéries fixatrices d'azote, ils pourraient conduire à augmenter les dangers associés à la production de neurotoxines (ATX et STX)
- Les effets amplificateurs des changements climatiques nécessitent d'amplifier les actions pour limiter les apports en phosphore (et en azote), notamment au niveau des déversoirs d'orage et dans les pratiques de culture (contrôle de la fertilisation, limiter le lessivage des sols et les phénomènes de ruissellement...)

Conclusions

L'eutrophisation des écosystèmes aquatiques contribuerait à accroître les changements climatiques !!!

