

Interreg



Cofinancé par  
l'Union Européenne

France – Suisse

2024 - 2026

**CARRTEL**  
CENTRE ALPIN DE RECHERCHE  
SUR LES RÉSEAUX TROPHIQUES  
ET ÉCOSYSTÈMES LIMNIQUES

 **UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE**

**G**  
GRENOBLE  
ÉCOLE DE  
MANAGEMENT  
BUSINESS LAB FOR SOCIETY

**INRAe**

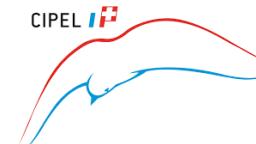
 **SCIMABIO** *Interface*

**Leesu**  
Laboratoire Eau Environnement et Systèmes Urbains

 **CentraleSupélec**

 **Service de l'eau**  
VILLE DE LAUSANNE

 **ASL**  
association  
pour la sauvegarde  
du Léman

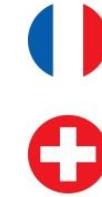


**EPFL**

 Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra  
Office fédéral de l'environnement OFEV

 **RÉPUBLIQUE  
ET CANTON  
DE GENÈVE**  
POST TENEBRA MUS

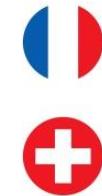
Stéphan Jacquet & Frédéric Soulignac



# **Efflorescences Algales dans le Léman face aux changements GlobAux**

d'une meilleure connaissance et compréhension de l'écologie des espèces « nuisibles »  
et potentiellement toxiques à la préservation d'une bonne qualité de l'eau et des services  
écosystémiques via le développement d'outils d'aide à la décision

## Origine du projet et objectifs



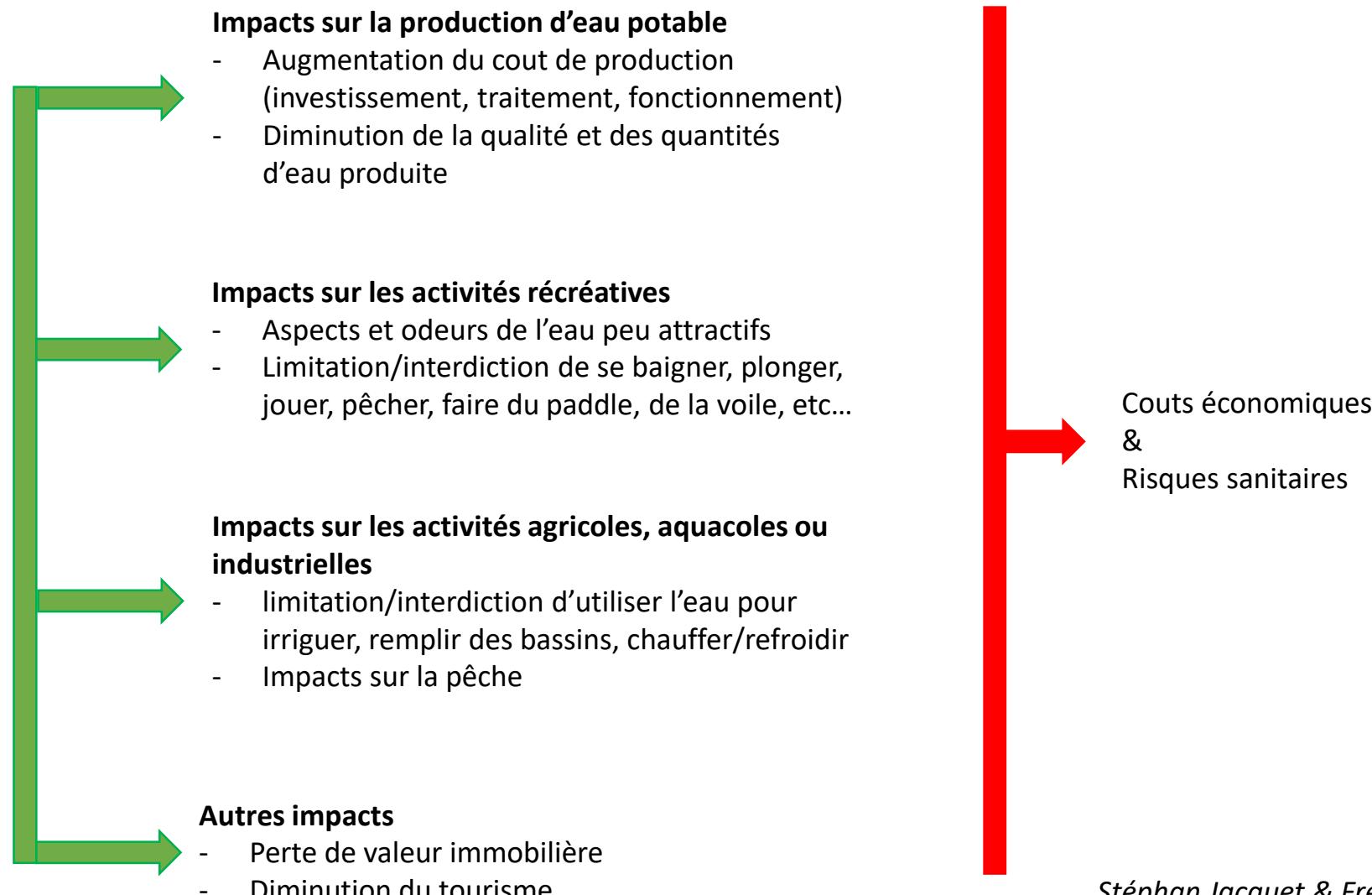
Interreg



Cofinancé par  
l'Union Européenne



BLOOM



## Origine du projet et objectifs

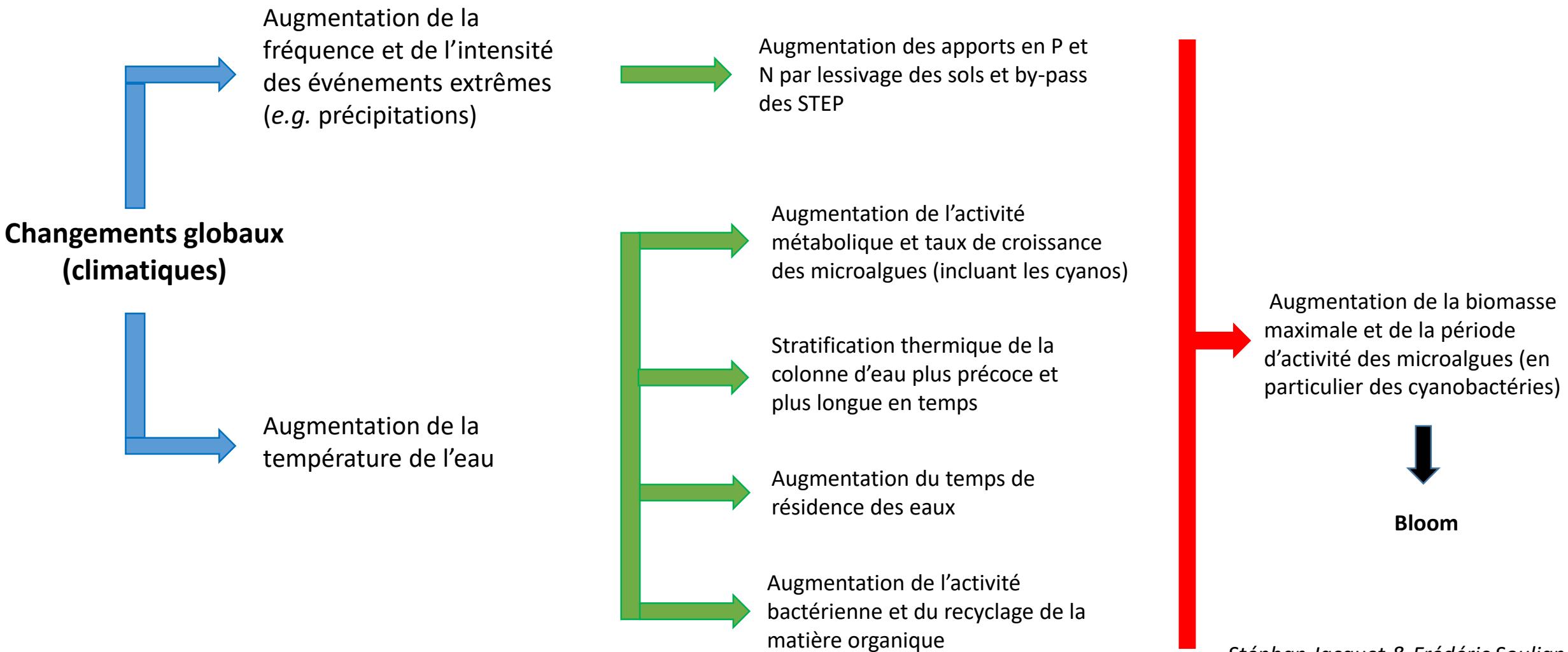


Interreg

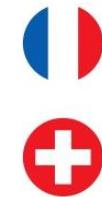


France – Suisse

Cofinancé par  
l'Union Européenne



## Origine du projet et objectifs



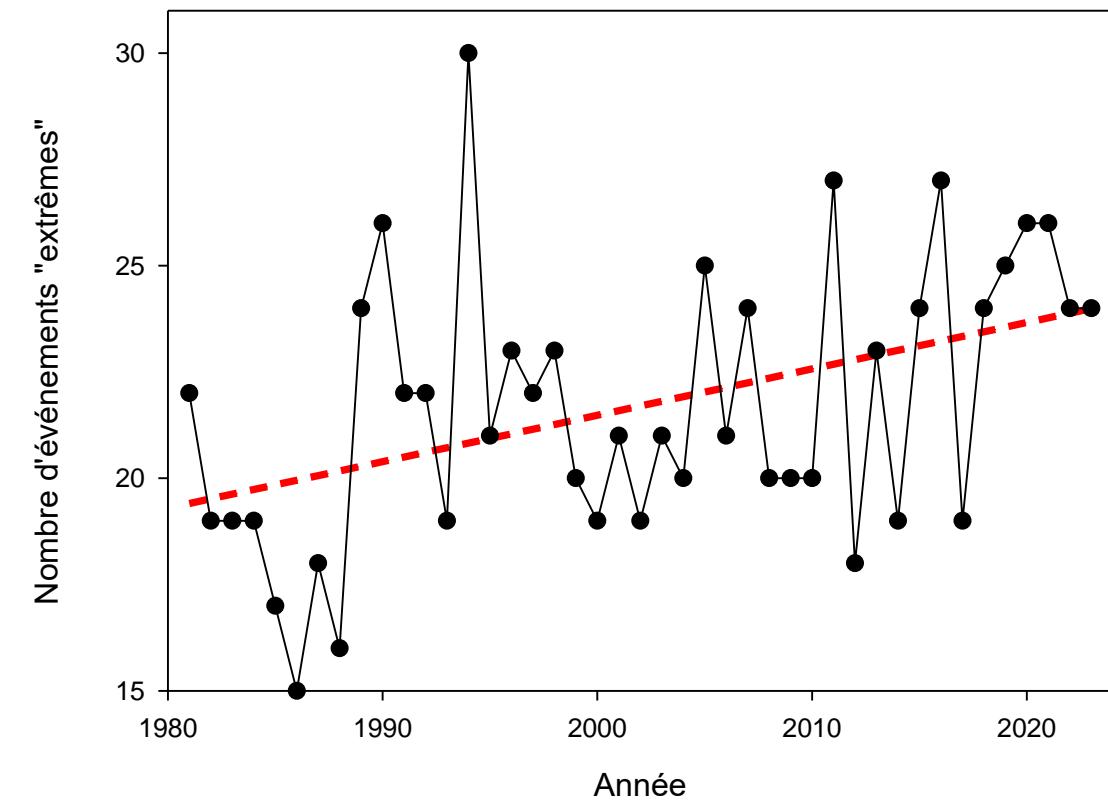
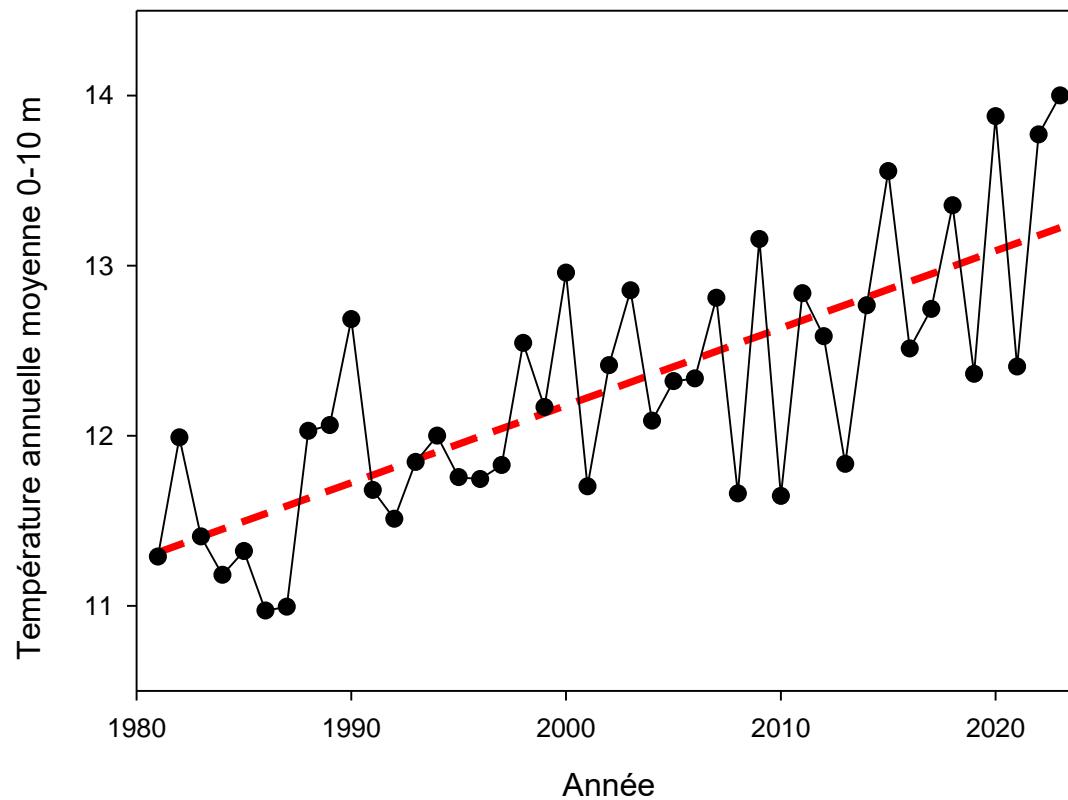
Interreg



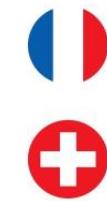
Cofinancé par  
l'Union Européenne



France – Suisse



## Origine du projet et objectifs



Interreg  
France – Suisse



Cofinancé par  
l'Union Européenne



## Origine du projet et objectifs



### Léman : pourquoi la rive entre Yvoire et

MIS EN LIGNE LE 6/09/2021 À 18:05 / PAR LAUREN LACRAME ET

Plusieurs signalements ont été effectués ce lundi à Yvoire, Sciez, Saint-Gingolph... L'eau du lac a une odeur inhabituelle s'en dégage. Que se passe-t-il ?

07:37 Mer. 8 sept.

### Phénomène insolite

# Le lac brunit à cause d'une algue

**La prolifération d'une chrysophycée donne à certaines zones du Léman un aspect peu attristant mais sans danger. La météo a sans doute joué un rôle.**

Romaric Haddou

Des baigneurs et des promeneurs s'en étonnent depuis ce week-end. Dans certains secteurs, l'eau du lac Léman n'invite pas au grand plongeon. Étrangement colorée - verdâtre, voire marron -, elle peut aussi dégager des odeurs désagréables. Le phénomène a été observé à Cully, Lutry, Pully, Clarens, La Tour-de-Peilz mais aussi sur une partie de la rive française. Par endroits, la baignade a même été temporairement interdite.

«Le phénomène est répandu mais pas généralisé. Du côté de Nyon il n'y a rien pour l'instant», observe Audrey Klein, secrétaire générale de la Commission internationale pour la protection des eaux du Léman (Cipel).

Face à ce développement brusque, des prélevements et des analyses ont été effectués par les scientifiques français de l'Institut national de la recherche agronomique.



À Pully, ce mardi, la présence de l'algue était bien visible. VANESSA CARDOSO

Résultat: tout va bien. «La prolifération d'une algue, une chrysophycée nommée *Uroglena sp.*, est responsable de cette teinte particulière et des possibles odeurs. Elle est non toxique, rapporte Audrey Klein. Nous savons que cette algue est présente dans le lac, mais un tel développement n'est pas commun. Le dernier pic remonte à 1999.»

Les causes de cette prolifération ne sont pas encore officiellement identifiées, mais une hypothèse do-

mme, en lien avec la météo de l'été écoulé. «Nous savons qu'il y a tout un cortège d'algues et de plantes aquatiques qui se développent plus ou moins en fonction des conditions climatiques. Dans le cas présent, la météo capricieuse a sûrement eu un impact. Les fortes pluies ont d'abord amené beaucoup de matières minérales et organiques depuis le bassin versant. Ce sont des apports que nous ne rencontrons pas toujours. Ce para-

mètre, combiné aux belles journées ensoleillées que nous venons de connaître, a pu favoriser la croissance d'*Uroglena sp.*», explique Audrey Klein.

Depuis les années 1960, c'est la Cipel qui coordonne le suivi de la qualité des eaux du Léman. Des analyses sont effectuées une fois par mois pour les algues et une fois tous les dix ans pour les plantes aquatiques (macrophytes). Ces dernières années, la qualité de

l'eau s'améliore, faisant apparaître de nouvelles espèces.

«Par exemple, des macroalgues, les characées, sont de nouveau observées dans la zone littorale en grande quantité depuis le milieu des années 1990, indique Denis Rychner, conseiller en communication à la Direction générale de l'environnement. Nous observons aussi l'apparition de nouvelles plantes aquatiques invasives, comme le lagarosiphon. Originaire d'Afrique du Sud, elle est employée par les aquariophiles. Introduite dans le Léman, elle prolifère en certains endroits. Dans le même temps, des espèces liées à des milieux plus riches en nutriment disparaissent.»

#### Des algues moins sympas

Alors qu'*Uroglena sp.* n'est pas néfaste, des espèces plus gênantes prennent parfois leurs aises.

«*Planktothrix rubescens* est une cyanobactéries potentiellement toxique qui est observée depuis quelques années sur le Léman. Sa biomasse algale est parfois importante mais sur une courte période,

surtout en automne, explique Denis Rychner.

Une autre algue filamenteuse non toxique,

*Mougeotia gracillima* montre ces dernières années des développements massifs

en automne et dérange notamment

les pêcheurs professionnels,

car elle colmate les filets. Sa prolifération est liée à des températures annuelles plus clémentes.»



**communications** earth & environment

Article

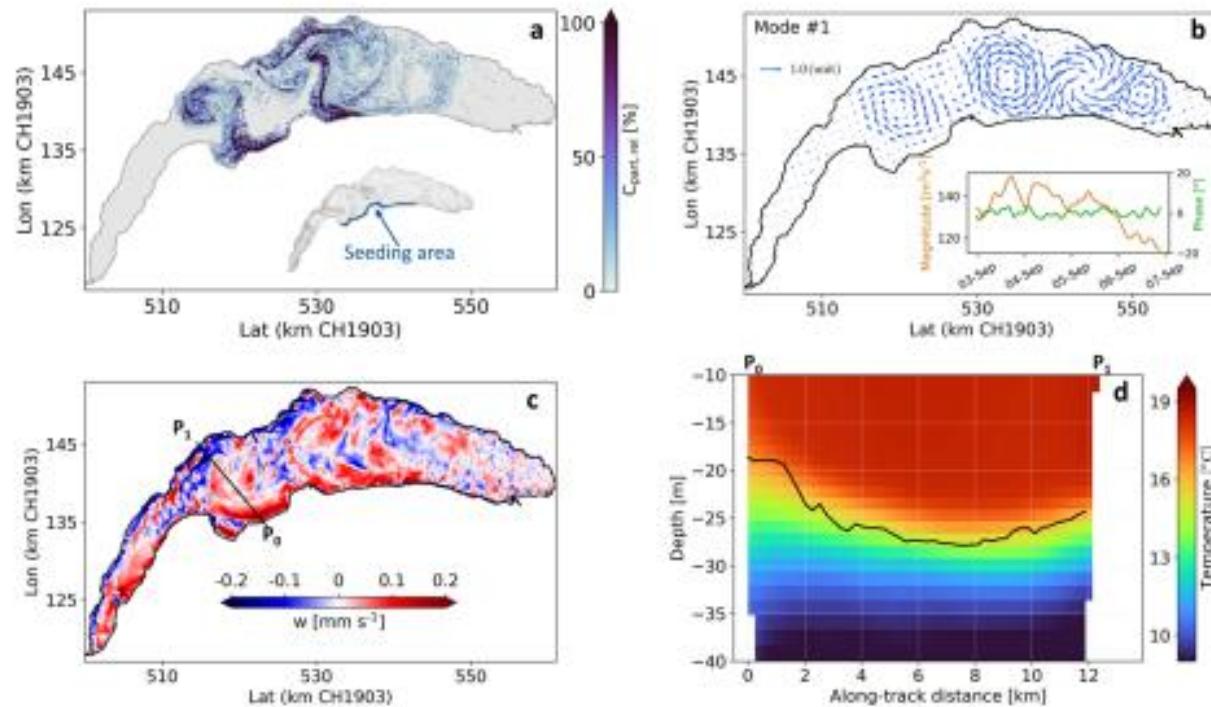
8

<https://doi.org/10.1038/s43247-024-01351-5>

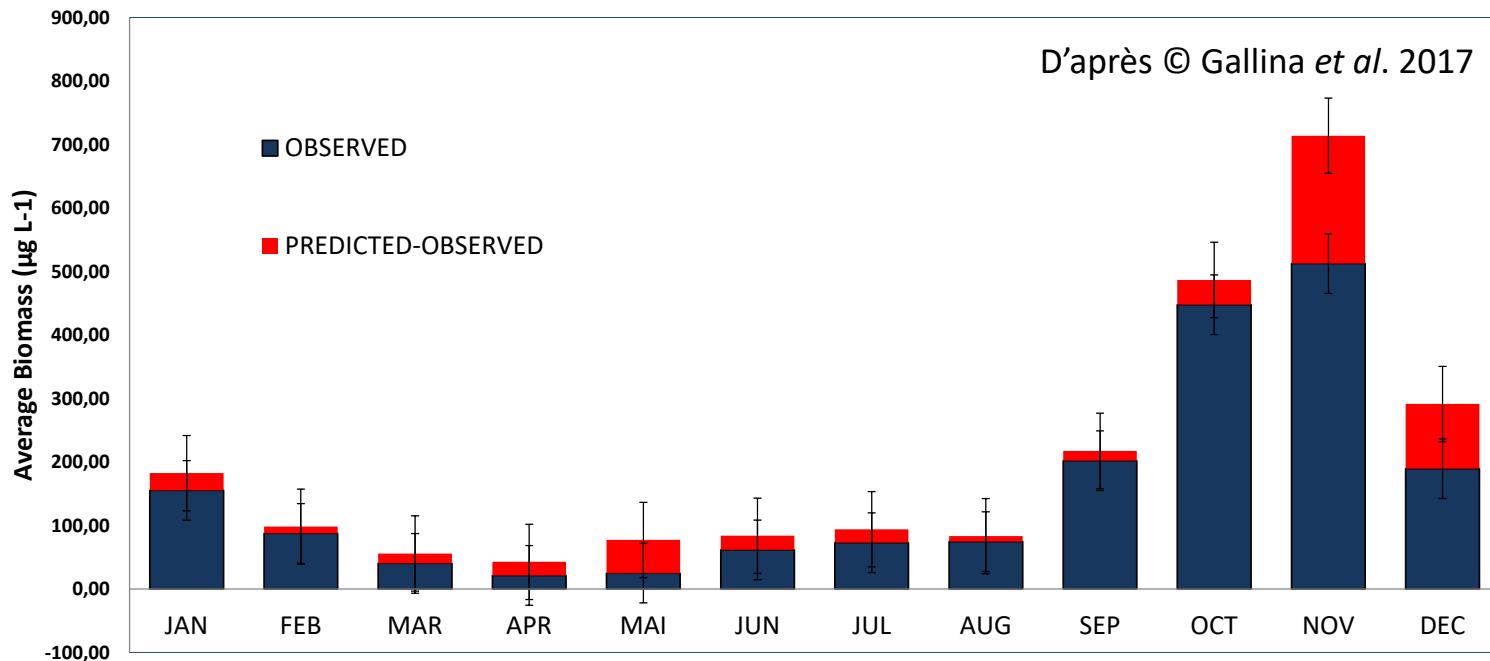
## Combined Earth observations reveal the sequence of conditions leading to a large algal bloom in Lake Geneva

 Check for updates

Abolfazi Irani Rahaghi  <sup>1,2</sup>, Daniel Odermatt  <sup>1,2</sup>, Orlane Anneville  <sup>3</sup>, Oscar Sepúlveda Steiner  <sup>4,5</sup>, Rafael Sebastian Reiss  <sup>6</sup>, Marina Amadori  <sup>7</sup>, Marco Toffolon  <sup>8</sup>, Stéphan Jacquet  <sup>3</sup>, Tristan Harmel  <sup>9</sup>, Mortimer Werther <sup>1</sup>, Frédéric Soulignac  <sup>10</sup>, Etienne Dambrine <sup>3</sup>, Didier Jézéquel  <sup>3,11</sup>, Christine Hatté  <sup>12,13</sup>, Viet Tran-Khac <sup>3</sup>, Serena Rasconi  <sup>3</sup>, Frédéric Rimet <sup>3</sup> & Damien Bouffard  <sup>4,14</sup>

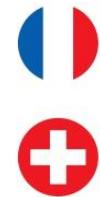


*P. rubescens* biomass changes under predicted water temperature (2082-2089)



Pour une seule espèce de cyanobactéries, relativement bien connue, il est attendu une augmentation de >30% possible de sa biomasse

## *Origine du projet et objectifs*



**Interreg**  
France – Suisse

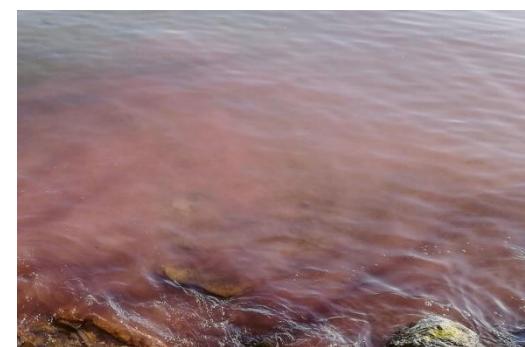


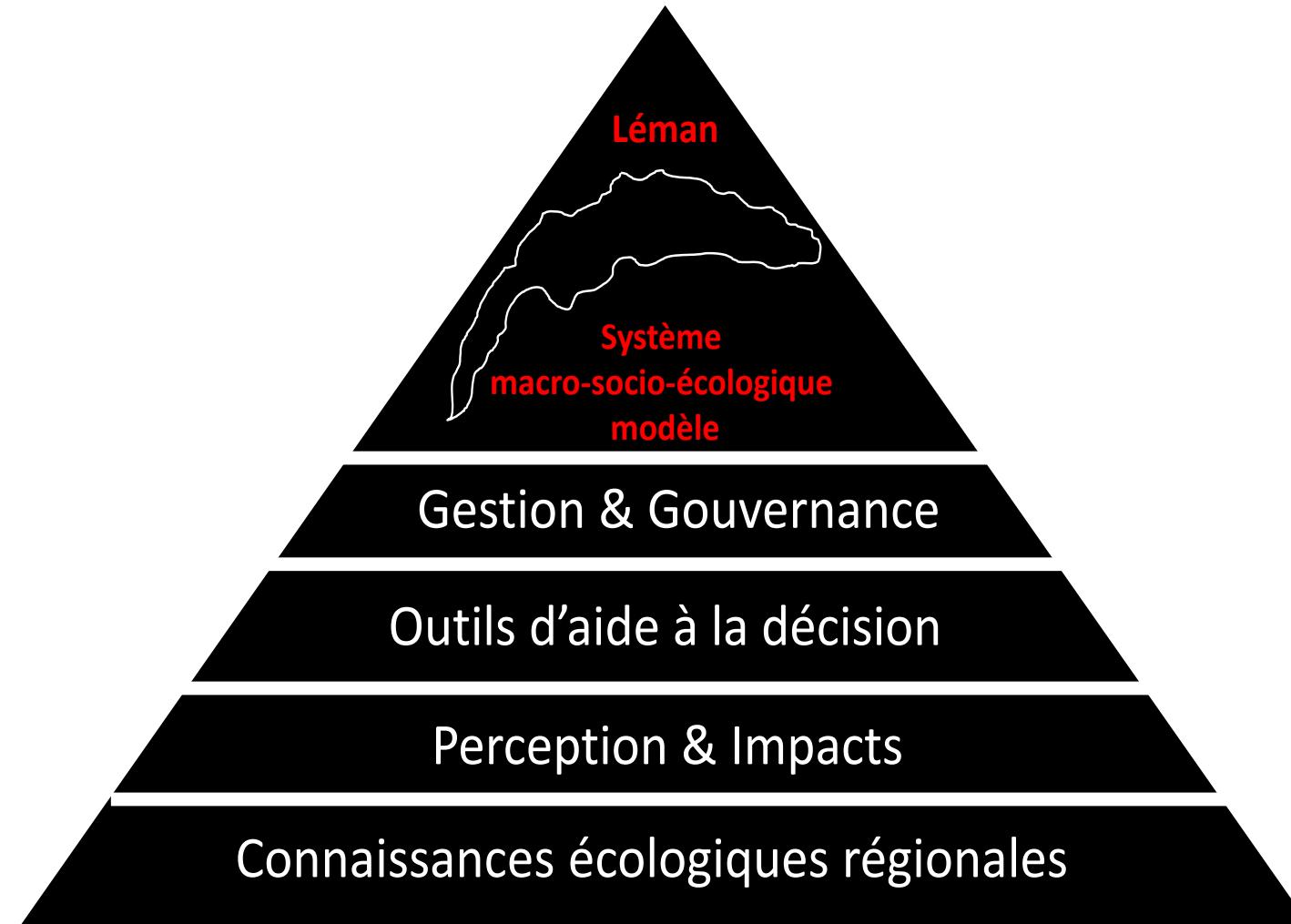
Cofinancé par  
l'Union Européenne



*In fine, les objectifs du projet visent principalement à :*

- (i) comprendre comment les blooms algaux impacteront dans l'avenir la qualité des eaux du Léman et les différents services qui en découlent (approvisionnement en eau potable, pêche et activités récréatives) dans un contexte de changement climatique
  
- (i) proposer de nouveaux outils d'aide à la décision, des protocoles pleinement opérationnels, pour l'évaluation des risques (exposition aux toxines par l'eau potable, les loisirs ou la nourriture pour les humains et séparément pour les animaux comme les chiens) adaptés à la situation locale du Léman et les étapes à suivre pour une gestion appropriée des risques





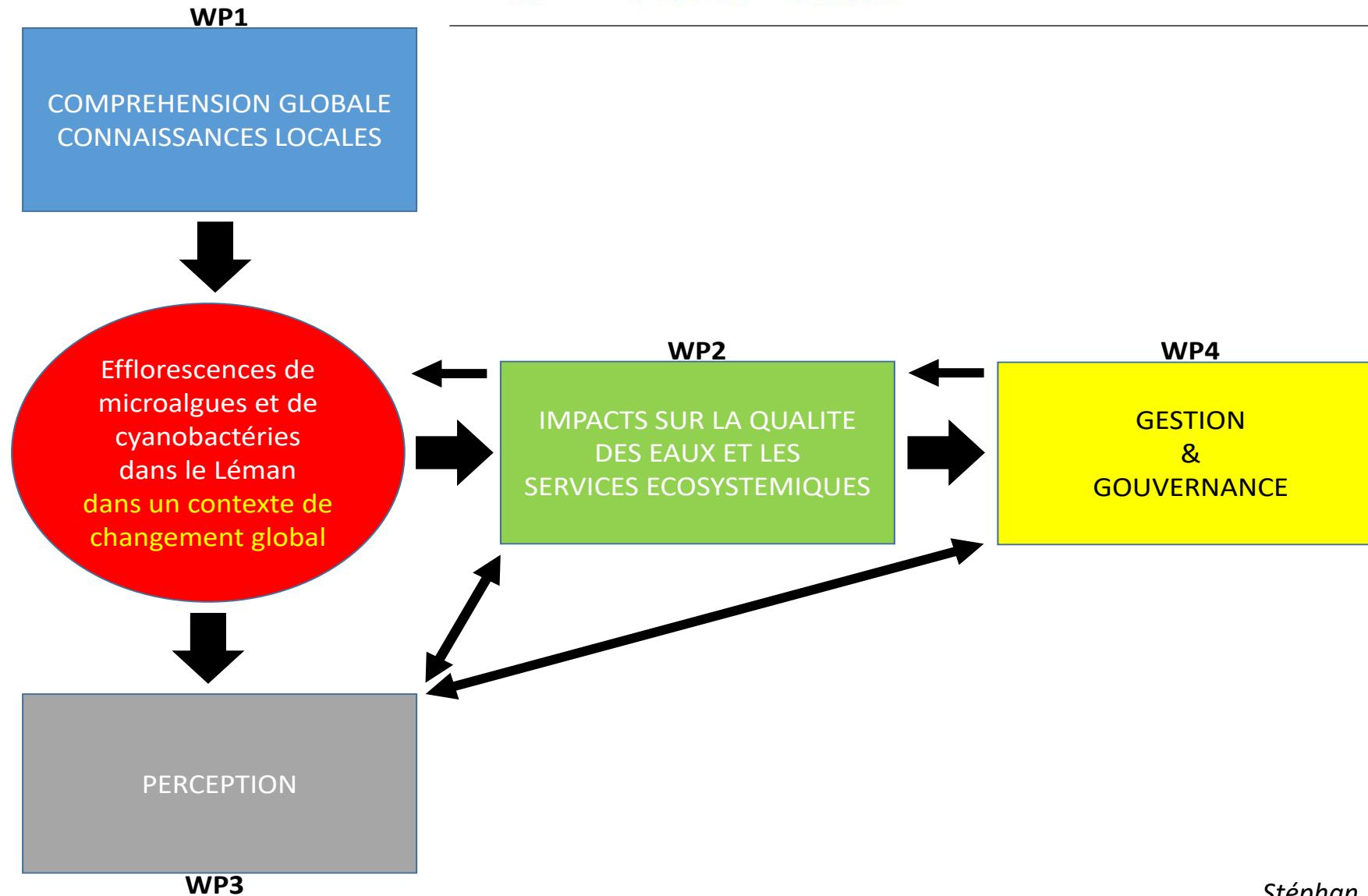
## *Organisation du projet*



**Interreg**  
France – Suisse

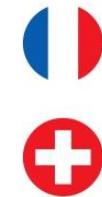


Cofinancé par  
l'Union Européenne



## Organisation du projet

<https://alga.hub.inrae.fr/>



Interreg



Cofinancé par  
l'Union Européenne



INRAE



Interreg  
France - Suisse



Cofinancé par  
l'Union Européenne



UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE

Office fédéral de l'environnement OFEN

RÉPUBLIQUE  
ET CANTON  
DE GENEVE

canton de  
vaud

RASL

CentraleSupélec

ONERA

eawag  
aquatic research ooo

EPFL

GRENOBLE  
ÉCOLE DE  
MANAGEMENT

Ueessu  
Institut pour le  
développement  
système urbain

SCIMABIO  
Interface

Service de l'eau  
VILLE DE LAUSANNE

Dans la Presse

Projet Interreg ALGA

Site d'étude

Avancement

Partenaires

Livrables

Toutes les rubriques



Projet Interreg ALGA : Efflorescences Algales  
dans le Léman face aux changements  
GlobAux

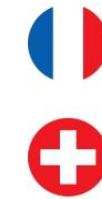


Bienvenue sur le site du projet Interreg ALGA

Présentation du projet Interreg ALGA

Stéphan Jacquet & Frédéric Soulignac

*Les personnes impliquées au CARRTEL*



Interreg



Cofinancé par  
l'Union Européenne

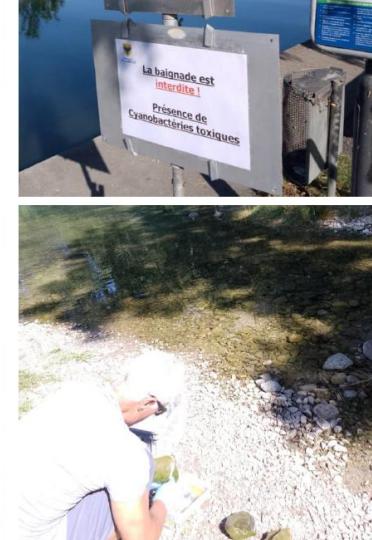
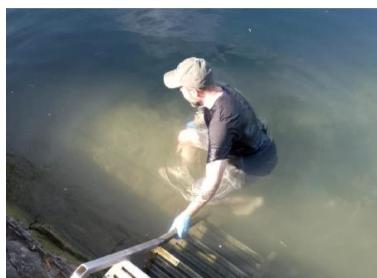


+



Stéphan Jacquet & Frédéric Soulignac

## 1. Autour des cyanobactéries benthiques



- Quelle est la distribution et la composition des cyanobactéries benthiques ?
- Quelle est leur capacité toxigénique ?
- Quelles sont les variables abiotiques et biotiques associées à la formation de ces biofilms cyanobactériens ?

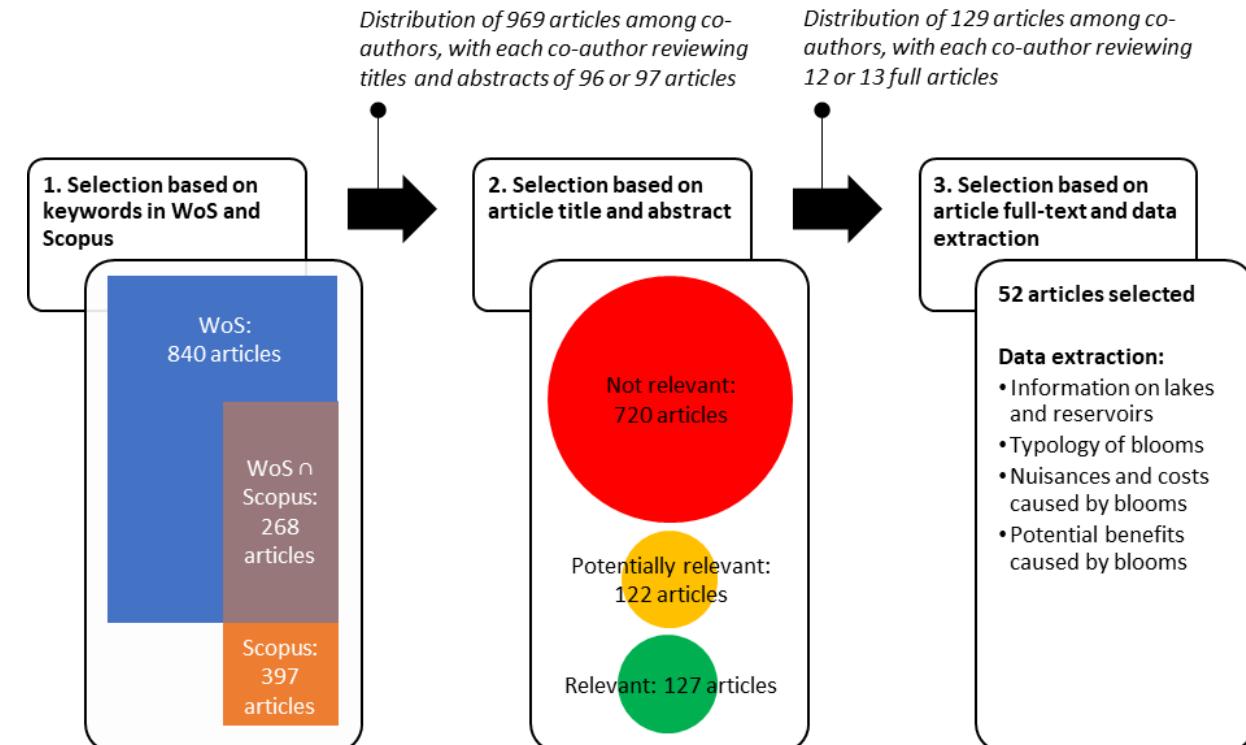
Métabarcoding 16S

*Microcoleus - Tychonema - Microcystis*

## 1. Aperçu global de l'impact des blooms sur les services rendus par les lacs et réservoirs

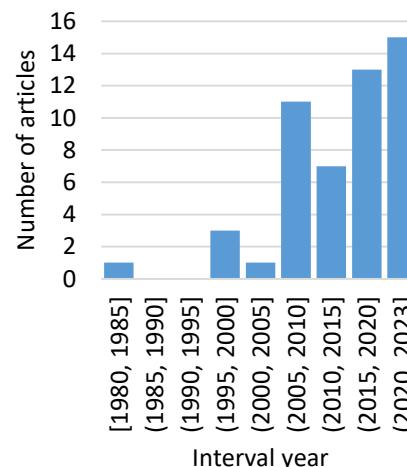
- Elaborer une typologie des blooms en fonction de leur impact potentiel sur les différents usages
- Identifier des indicateurs d'état et des valeurs seuils associées
- Mieux comprendre et gérer les blooms impactants

Revue systématique de la littérature scientifique  
(d'après Lajeunesse, 2016)



## 1. Aperçu global de l'impact des blooms sur les services rendus par les lacs et réservoirs

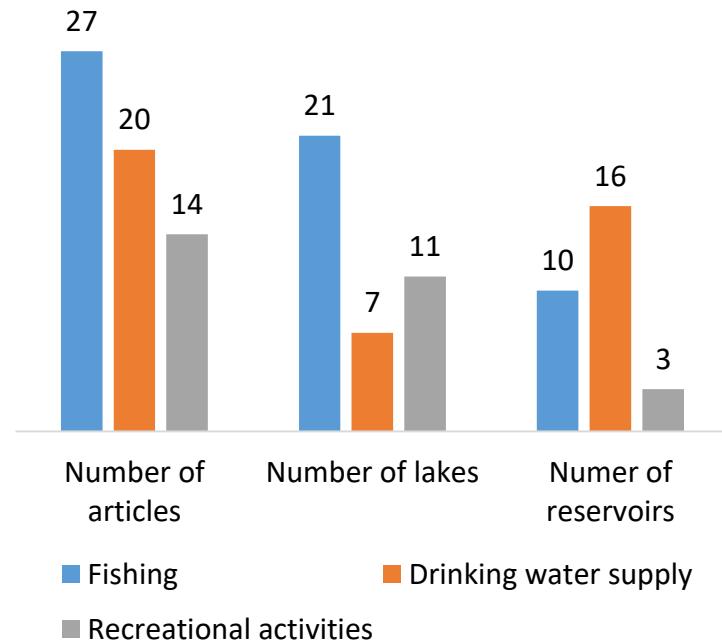
52 articles

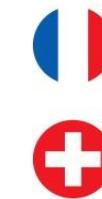


60 lacs et réservoirs



3 services impactés





## 1. Aperçu global de l'impact des blooms sur les services rendus par les lacs et réservoirs

Impact sur la pêche 	Impact sur l'eau potable 	Impact sur les activités récréatives 
<p><b>Baisse des captures</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Mortalité lié directement à la toxicité des blooms</li><li>Mortalité liée à l'hypoxie/anoxie induite par les blooms</li><li>Déplacement des populations</li></ul> <p><b>Baisse de l'activité</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Présence de toxine dans les poissons</li><li>Dégénération de l'environnement</li></ul>	<p><b>Interruption de la distribution</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Dépassement des critères de potabilité</li><li>Travaux d'amélioration de traitement des eaux</li></ul> <p><b>Baisse de la consommation</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Goûts et odeurs déplaisantes (principalement géosmine et 2-methylisobornéol)</li></ul>	<p><b>Interdictions/restrictions</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Dépassement des critères de baignade</li></ul> <p><b>Baisse d'attractivité</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>Mortalité de chiens</li><li>Risque pour la santé humaine</li><li>Baisse de transparence de l'eau</li><li>Dégénération de l'environnement</li></ul>

### Exemples de pertes économiques associées :

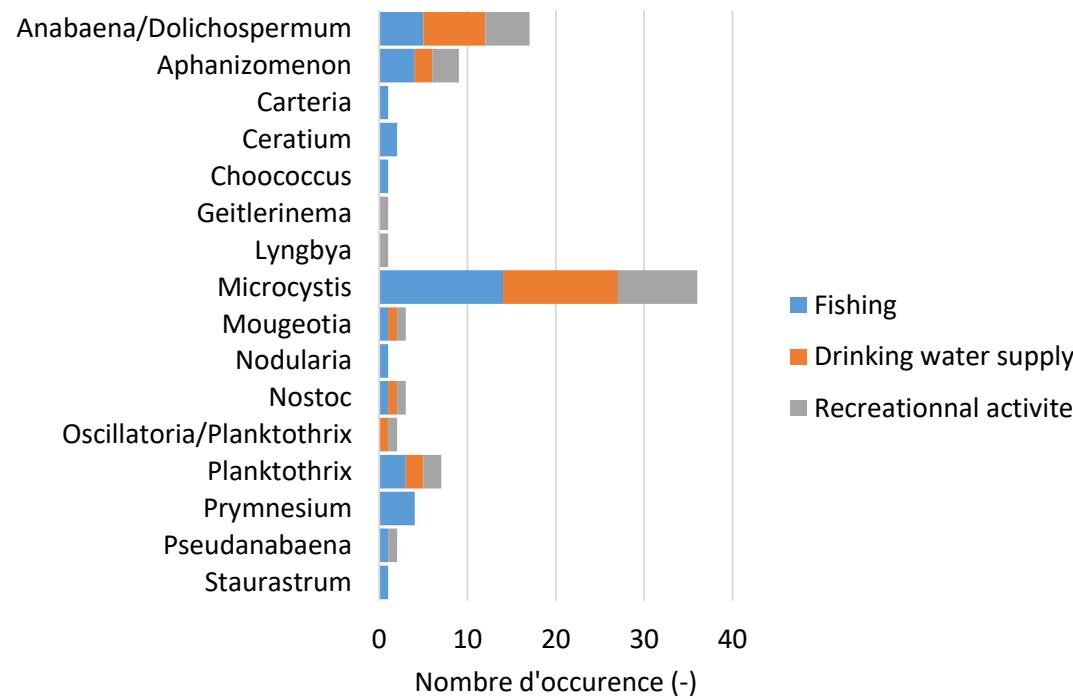
Cas des blooms de *Prymnesium* dans les réservoirs du Texas (USA) : pertes estimée à 6,5 M\$ en 5 ans, mort de 17,5 millions de poissons

Cas du bloom de *Dolichospermum* en 2011 dans un réservoir du fleuve Han (Corée du Sud) : coût de 1,4 M\$ de charbon actif en poudre

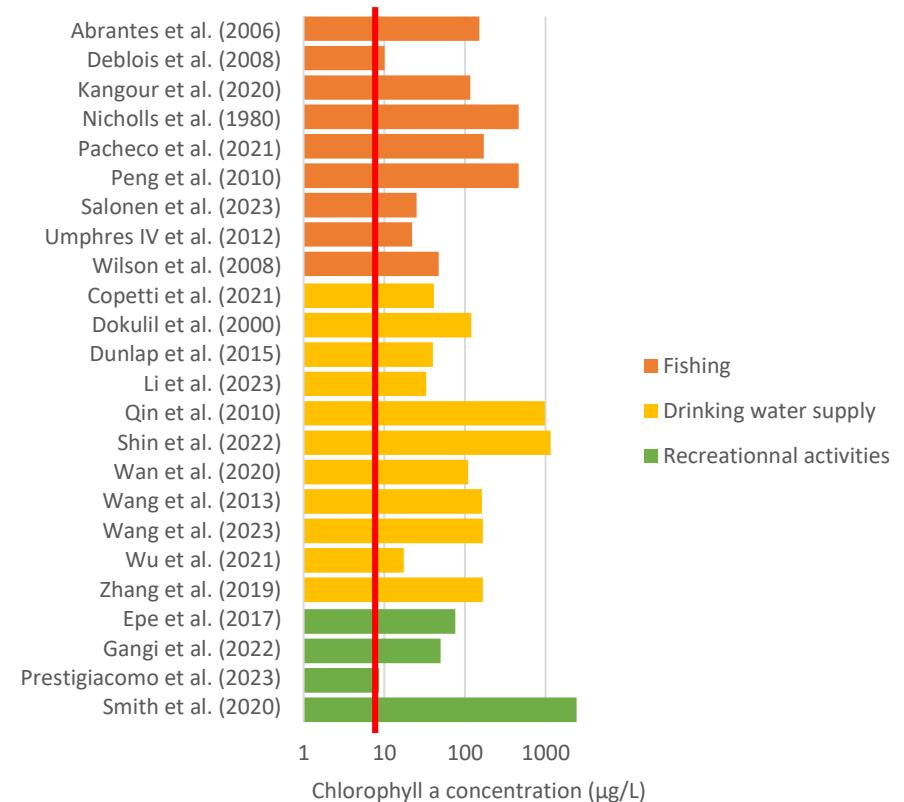
Cas du lac Hume (Australie) : pertes annuelles estimée à 1 M\$, l'équivalent d'un tiers de la « valeur du lac »

## 1. Aperçu global de l'impact des blooms sur les services rendus par les lacs et réservoirs

### 16 genres de phytoplancton



Indicateur d'état : Concentration en chlorophylle  
Valeur minimale : 8.6 µg/L



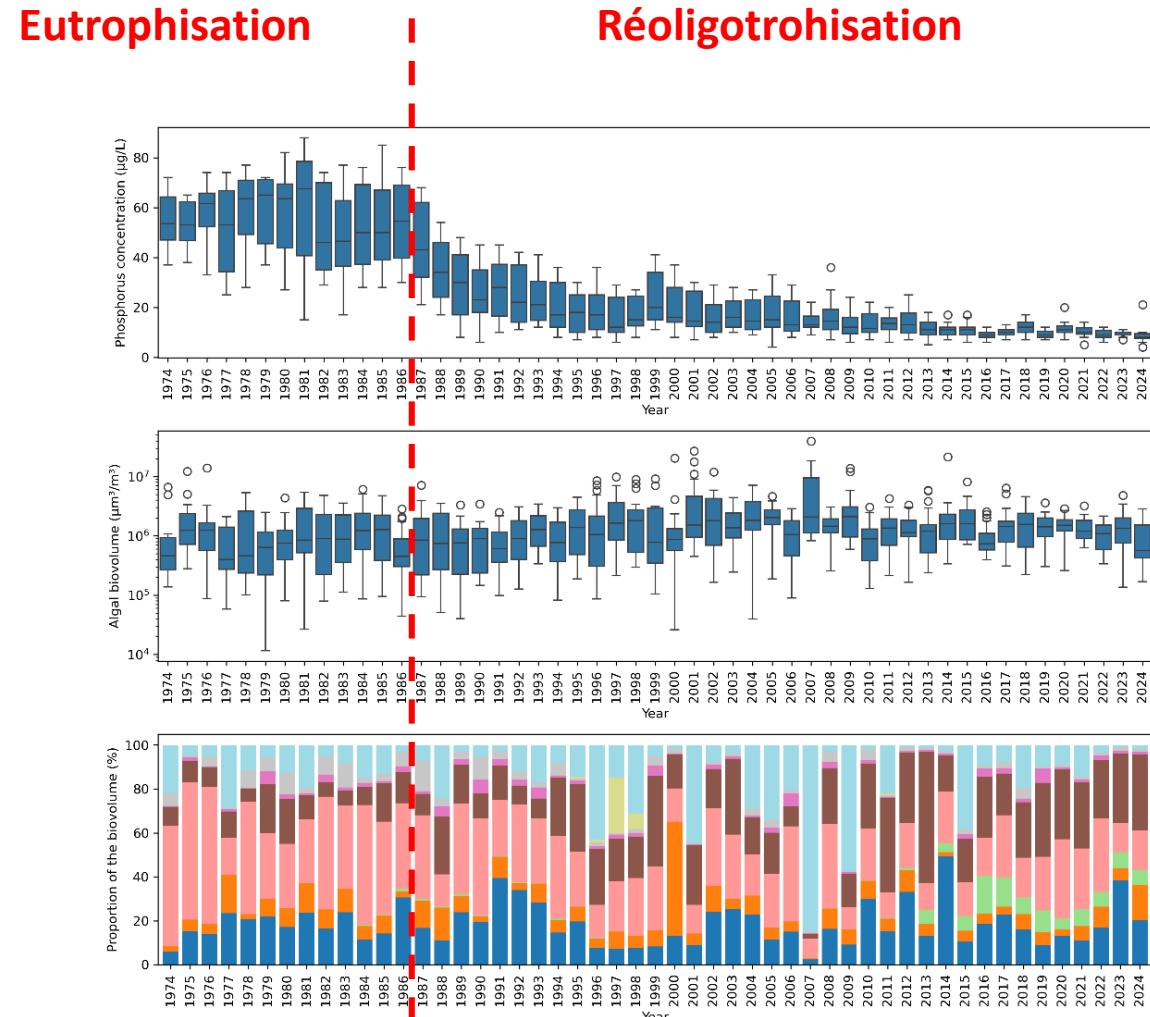


## 1. Aperçu global de l'impact des blooms sur les services rendus par les lacs et réservoirs

- Les services les plus souvent affectés sont :
  - La pêche
  - L'approvisionnement en eau potable
  - Les activités récréatives
- Les blooms de cyanobactéries toxiques sont les plus fréquemment signalés et les plus nocifs. **Toutefois, les blooms non toxiques peuvent aussi engendrer des effets significatifs, voire parfois positifs (amélioration de la qualité de l'eau, soutien aux réseaux trophiques).**
- Identifier d'autres blooms impactants absents de la littérature scientifique en incluant la littérature grise
- Evaluer les impacts financiers d'après les estimations des coûts recensées

## 2. Aperçu global des blooms dans le lac Léman

- Archives du musée du Léman
- Archives de l'association pour la sauvegarde du Léman (ASL)
- Archives départementales de la Haute-Savoie

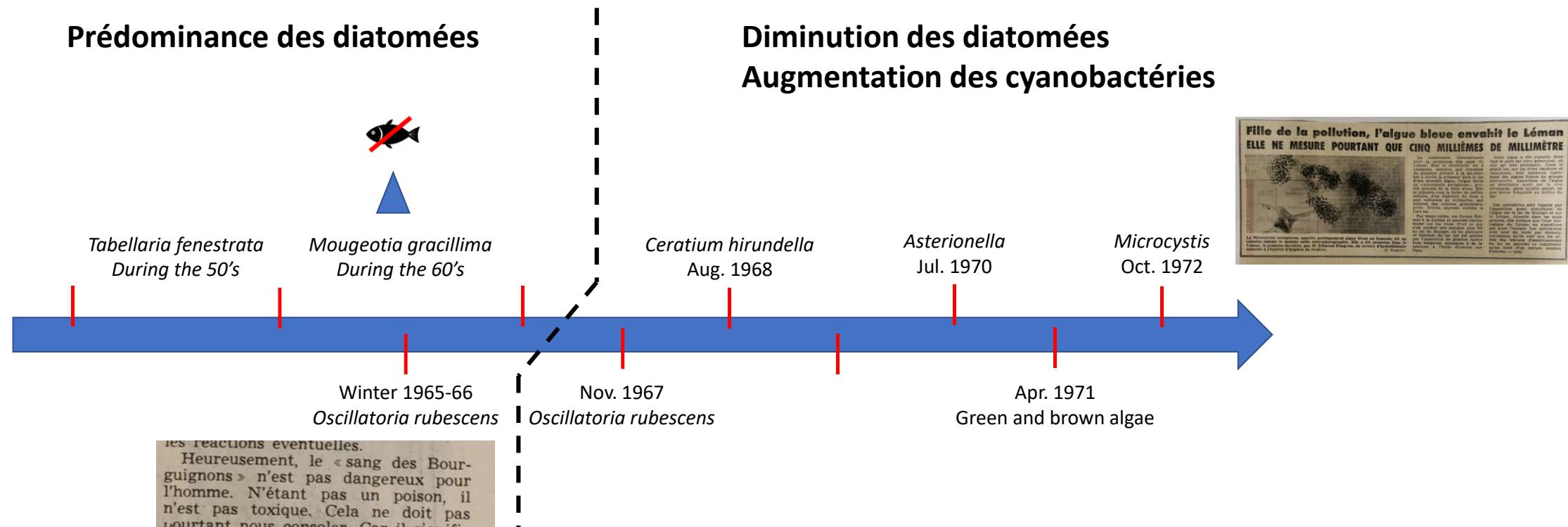




## **2. Aperçu global des blooms dans le lac Léman**

## Années 1950, 1960 et 1970

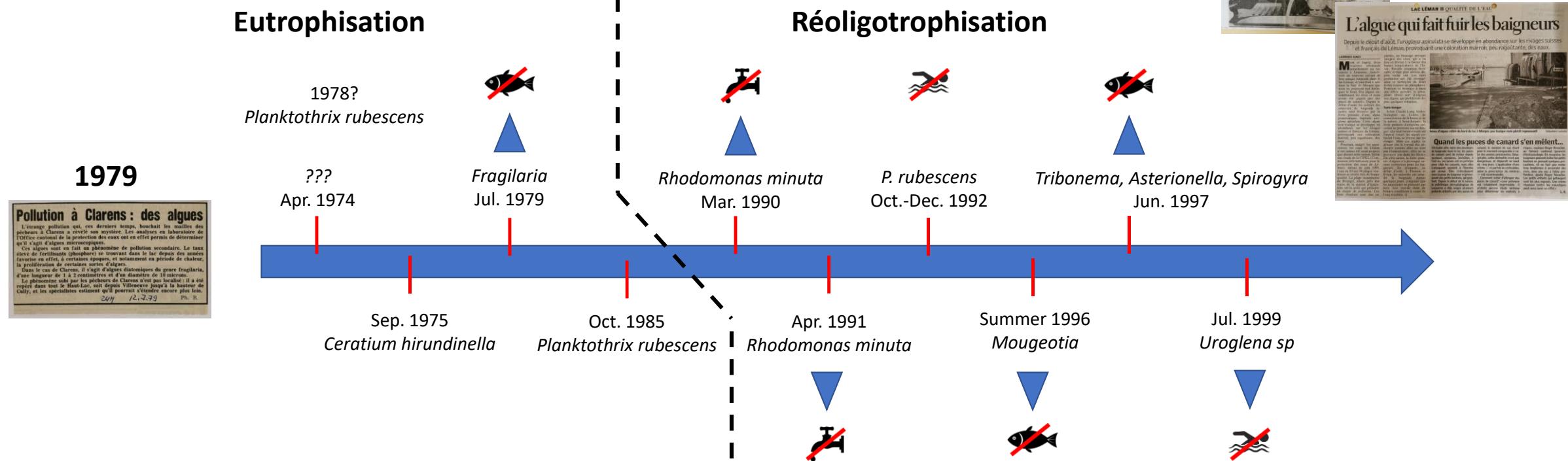
**Eutrophisation : blooms fréquents quasiment tous les ans**



## 2. Aperçu global des blooms dans le lac Léman

Années 1970, 1980 et 1990

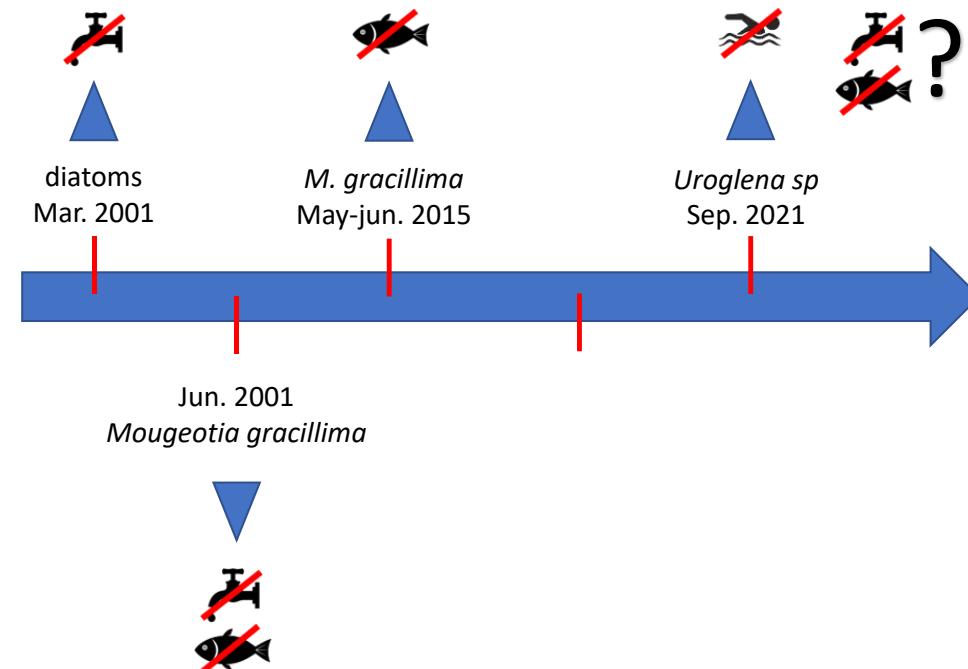
Eutrophisation et début de la réoligotrophisation : blooms impactants fréquents



## 2. Aperçu global des blooms dans le lac Léman

Années 2000, 2010 et 2020

Poursuite de la réoligotrophisation : blooms moins fréquents mais toujours impactants



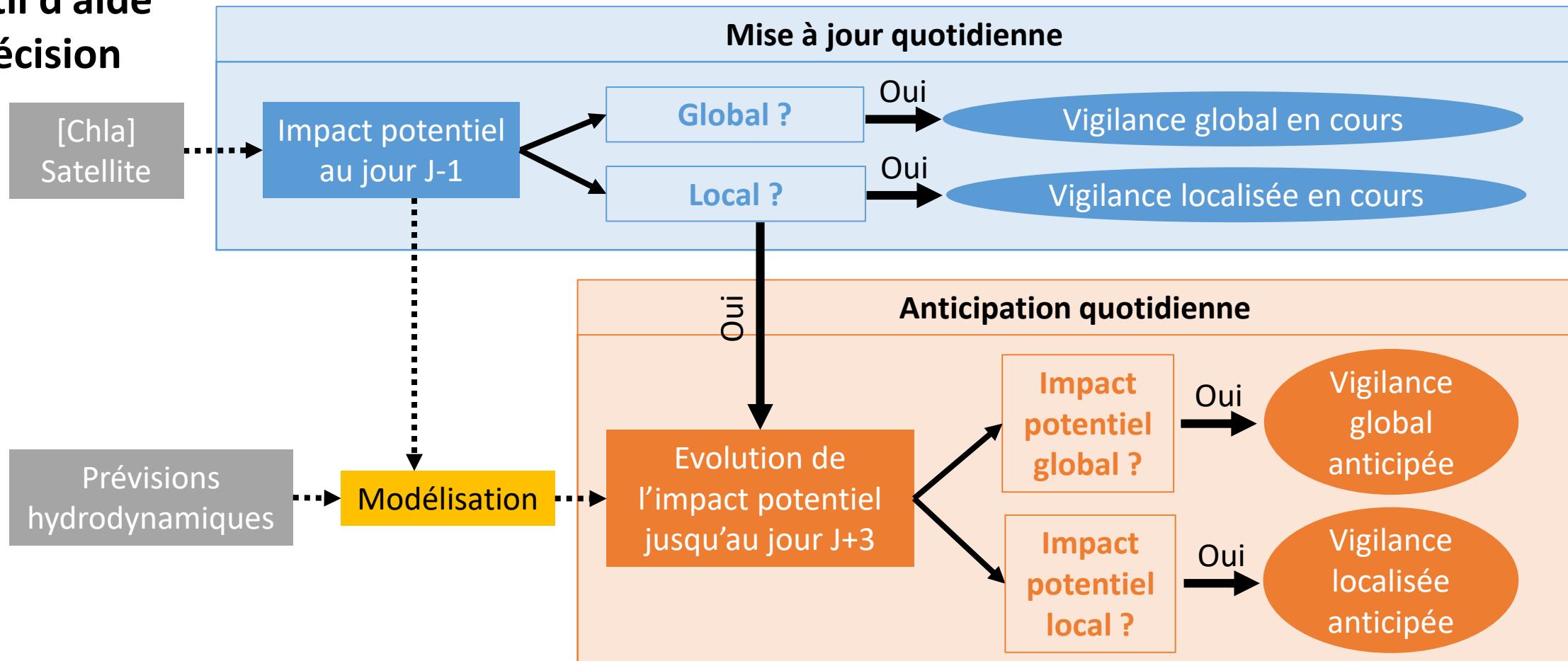
2015



## 2. Aperçu global des blooms dans le lac Léman

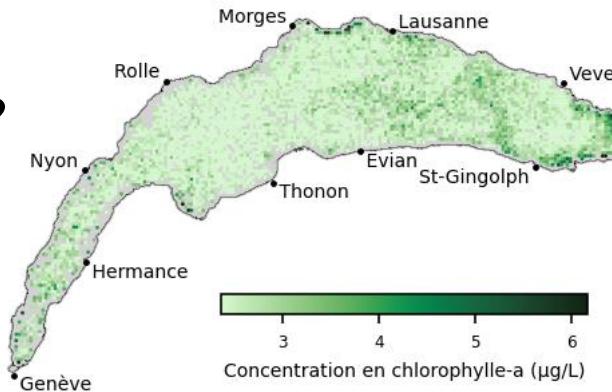
- Baisse du phosphore : facteur probable de la diminution des blooms impactants de type *Mougeotia*, *Planktothrix*, *Rhodomonas*...
- Un nouveau bloom impactant reste possible
- Diminution marquée du phosphore dans la zone de croissance du phytoplancton
- Bloom futur potentiellement de type *Uroglena*

### 3. Outil d'aide à la décision

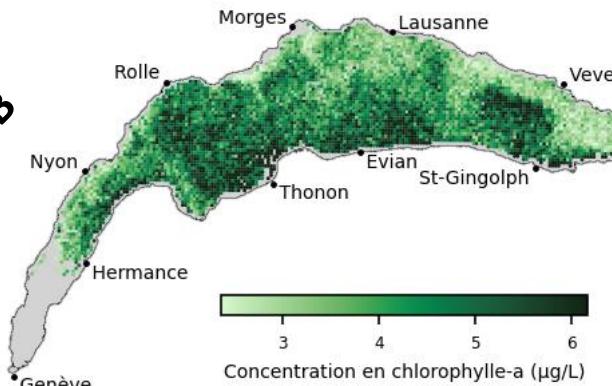


### 3. Outil d'aide à la décision

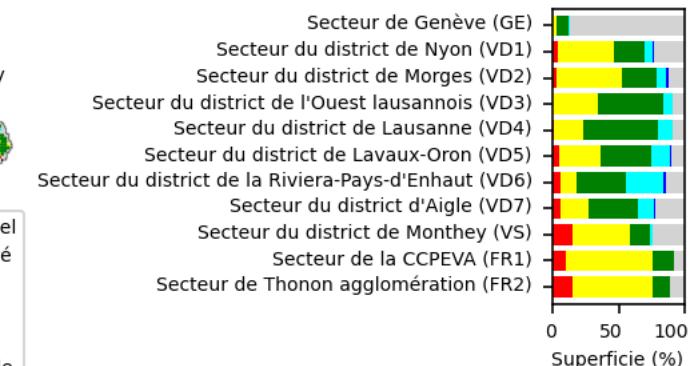
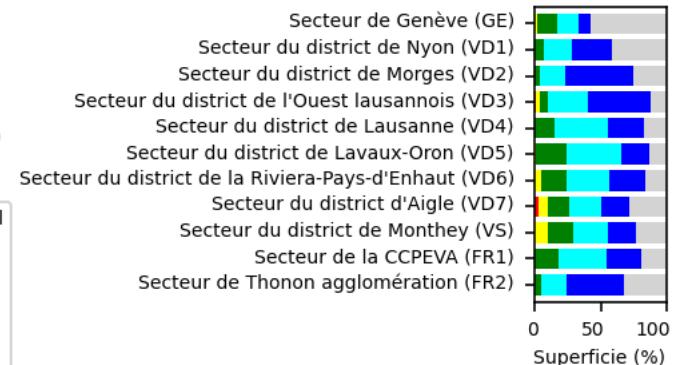
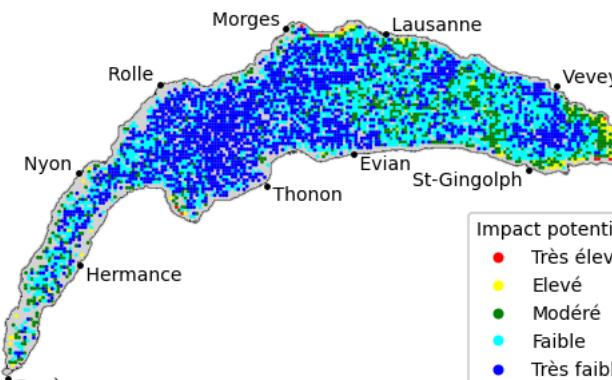
3 mars 2025  
Sentinel-3B



11 mars 2025  
Sentinel-3B



France – Suisse



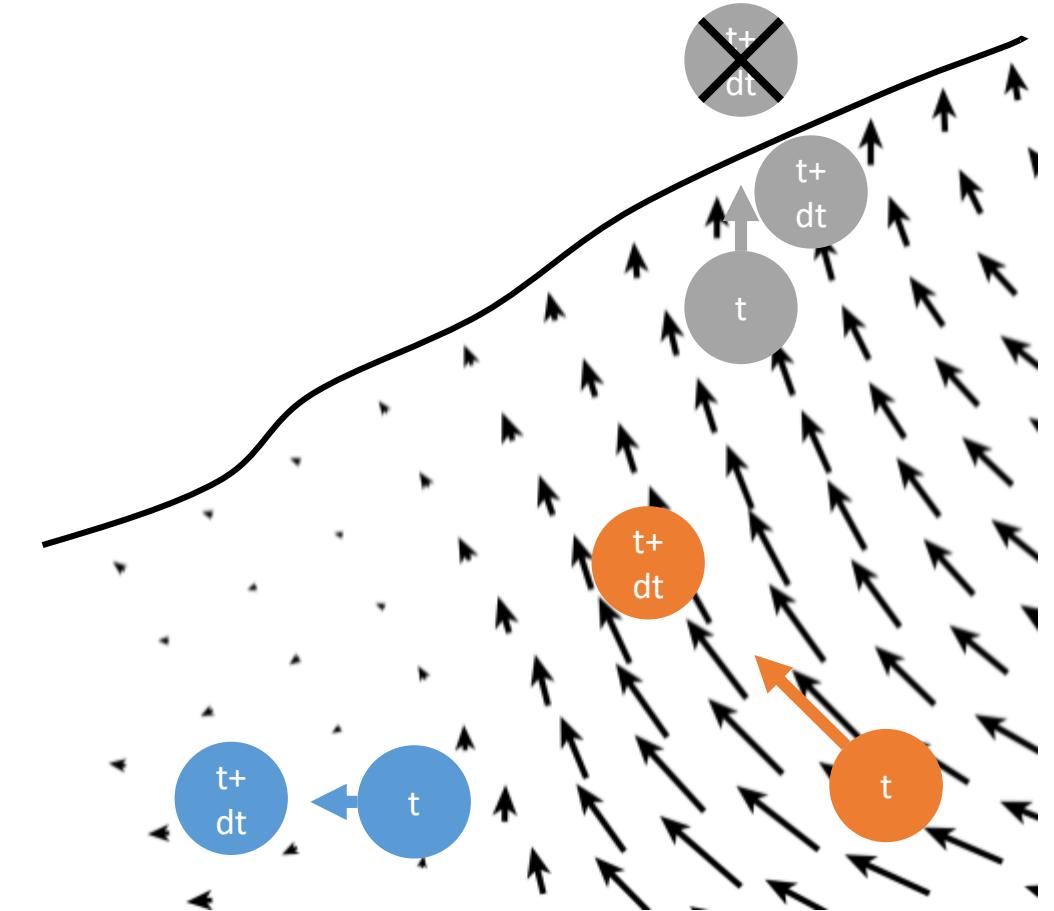
### 3. Outil d'aide à la décision

- Anticipation quotidienne basée sur la méthode Lagrangienne
- Advection (+ diffusion) de particules
- Formulation :

$$x(t + \Delta t) = x(t) + u \times \Delta t + \sqrt{2D\Delta t} \varepsilon$$

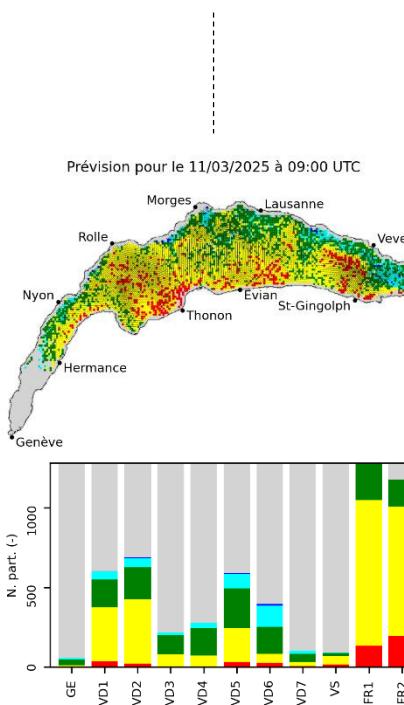
$$y(t + \Delta t) = y(t) + v \times \Delta t + \sqrt{2D\Delta t} \varepsilon$$

- Diffusion représentée par un mouvement aléatoire
- Peu coûteuse en temps de calcul

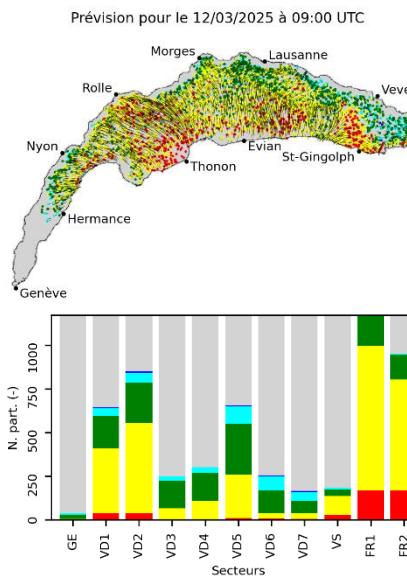


### 3. Outil d'aide à la décision

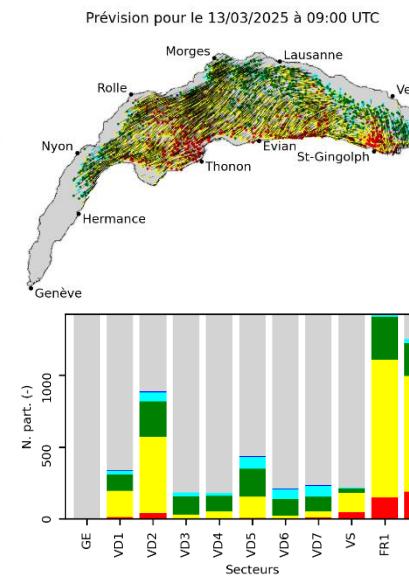
Début de la simulation J-1



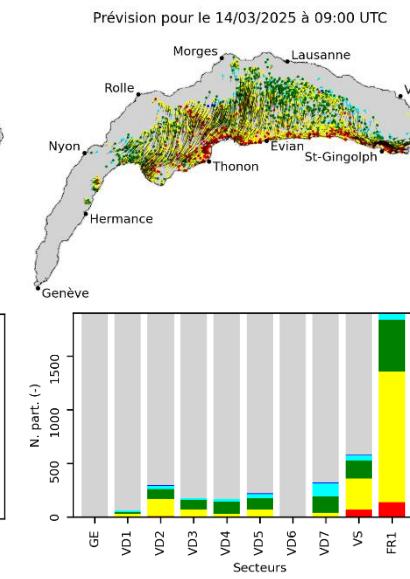
J0



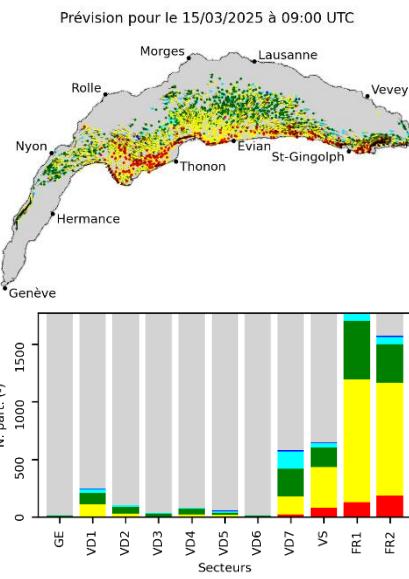
J+1



J+2



Fin de la simulation J+3



### 3. Outil d'aide à la décision

- Affiner la justification des catégories d'impact potentiel
- Calibrer le modèle et valider la fiabilité des prévisions
- Développer un bulletin de vigilance
- Intégrer les usages humains dans le bulletin de vigilance
- Prendre en compte les pics profonds (Deep Chlorophyll Maximum, DCM) dans le suivi et l'alerte