

Interreg

France – Suisse



Cofinancé par
l'Union Européenne

2024 - 2026



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE



GRENOBLE
ECOLE DE
MANAGEMENT
BUSINESS LAB FOR SOCIETY

INRAE



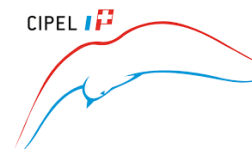
SCIMABIO *interface*



CentraleSupélec



Service de l'eau
VILLE DE LAUSANNE



eawag
aquatic research ooo

EPFL



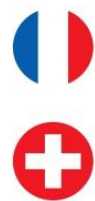
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV



RÉPUBLIQUE
ET CANTON
DE GENÈVE

Intitulé du projet



Interreg

France – Suisse



Cofinancé par
l'Union Européenne



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



BLOOM

Impacts sur la production d'eau potable

- Augmentation du cout de production (investissement, traitement, fonctionnement)
- Diminution de la qualité et des quantités d'eau produite

Impacts sur les activités récréatives

- Aspects et odeurs de l'eau peu attractifs
- Limitation/interdiction de se baigner, plonger, jouer, pêcher, faire du paddle, de la voile, etc...

Impacts sur les activités agricoles, aquacoles ou industrielles

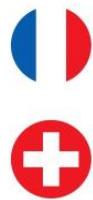
- limitation/interdiction d'utiliser l'eau pour irriguer, remplir des bassins, chauffer/refroidir
- Impacts sur la pêche

Autres impacts

- Perte de valeur immobilière
- Diminution du tourisme

Couts économiques
&
Risques sanitaires

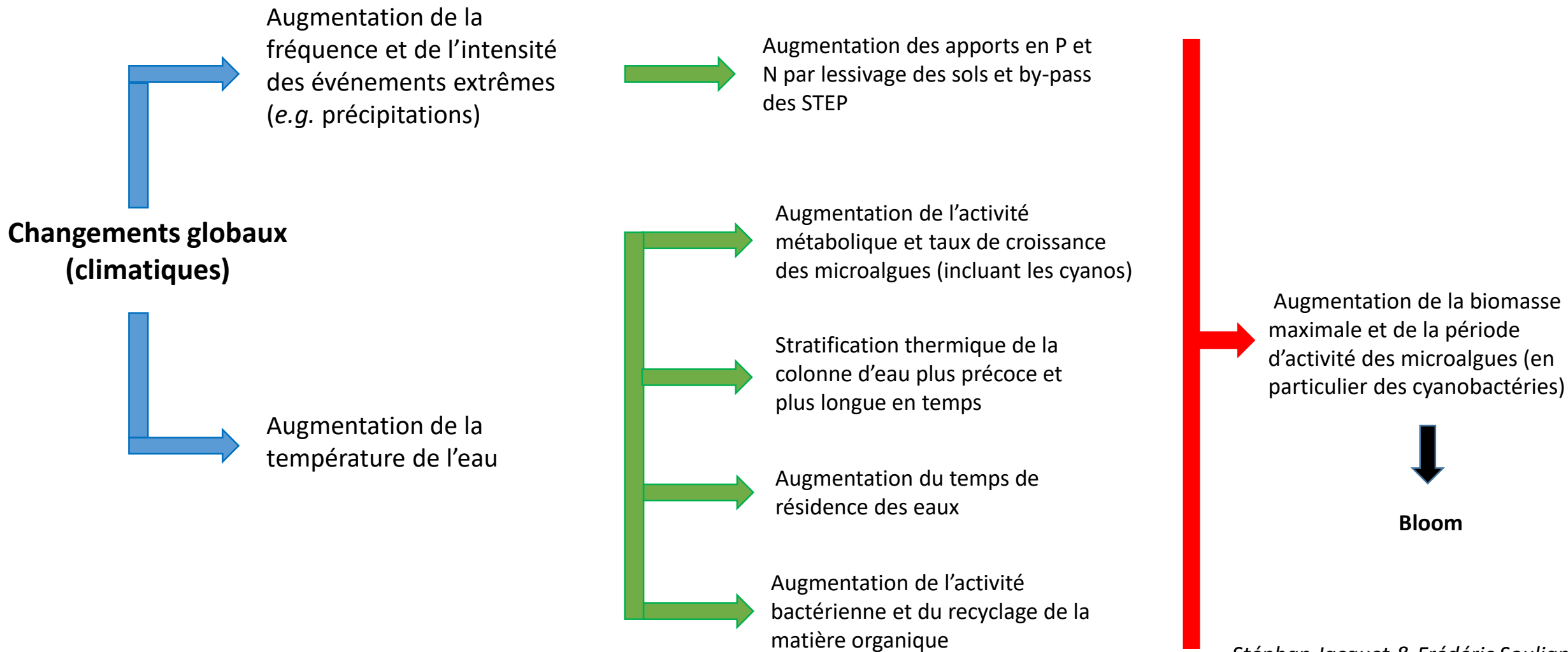
Origine du projet et objectifs



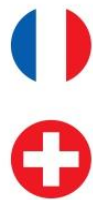
Interreg
France – Suisse



Cofinancé par
l'Union Européenne



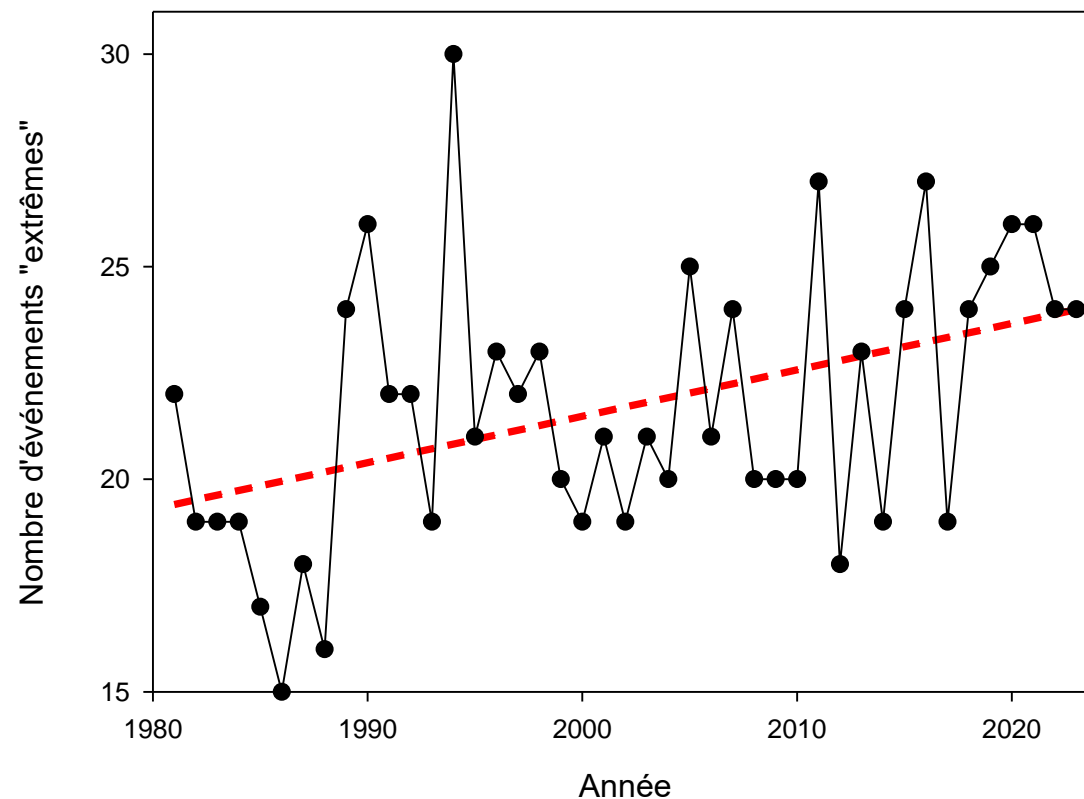
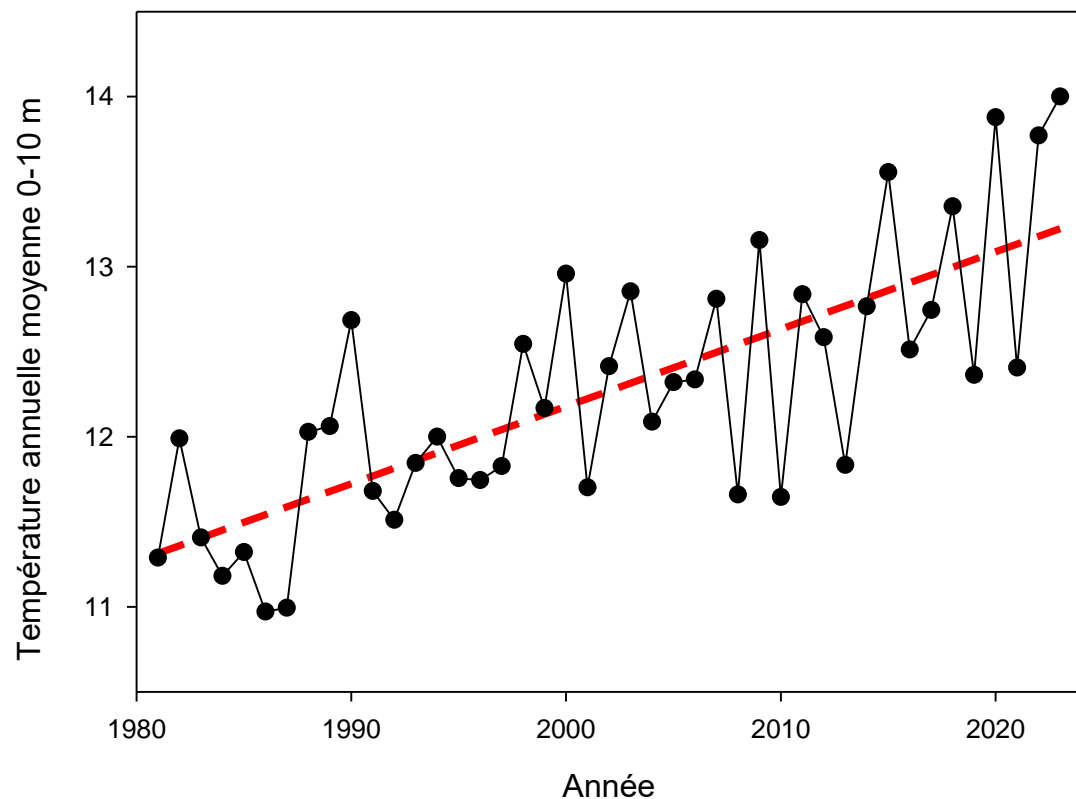
Origine du projet et objectifs



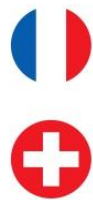
Interreg
France – Suisse



Cofinancé par
l'Union Européenne



Origine du projet et objectifs



Interreg

France – Suisse



Cofinancé par
l'Union Européenne



(crédits Sentinel-2, EU, Copernicus, EO Browser)

4 septembre 2021



Stéphan Jacquet & Frédéric Soullignac

Origine du projet et objectifs

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 attirant mais sans danger. La météo a sans doute joué un rôle.

Romarc 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 prélèvements 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-

mine, 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 cyanobactérie 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.»



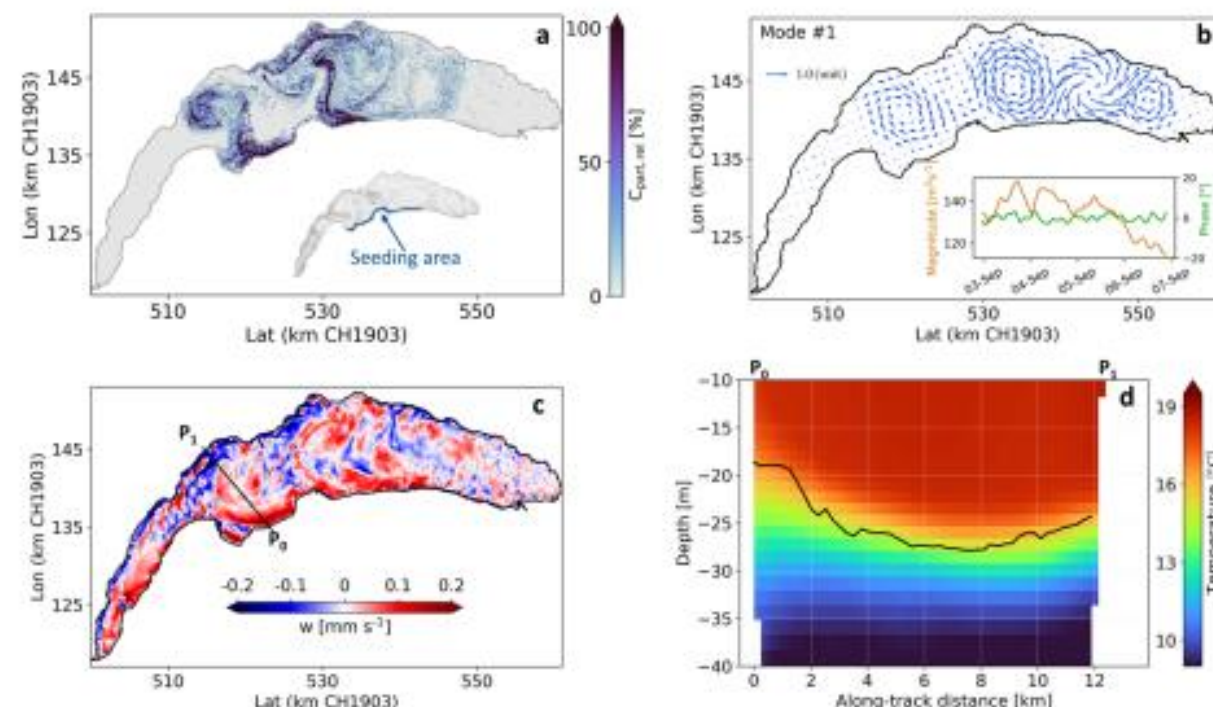


<https://doi.org/10.1038/s43247-024-01351-5>

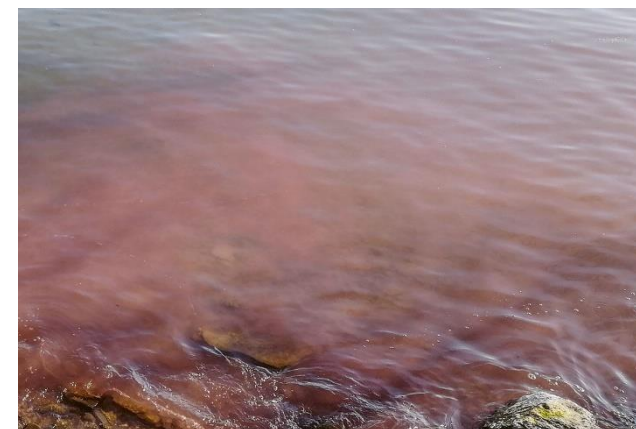
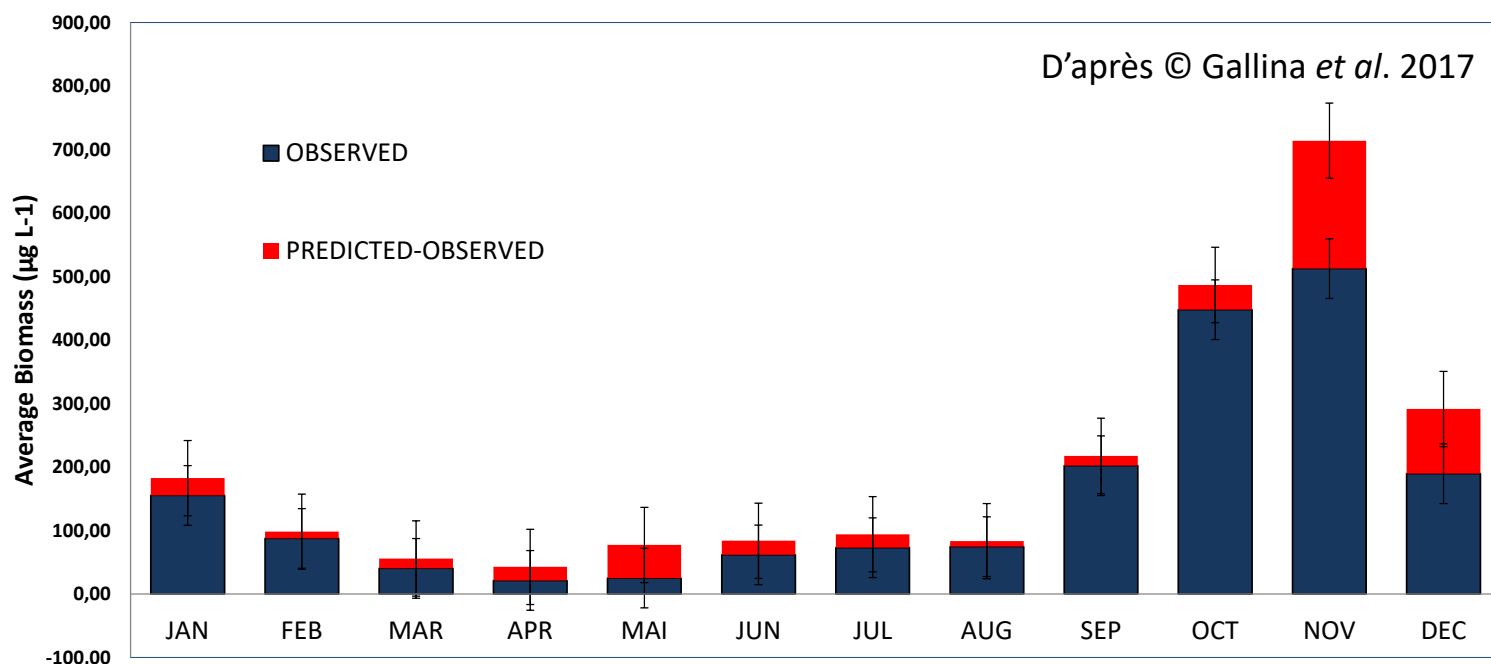
Combined Earth observations reveal the sequence of conditions leading to a large algal bloom in Lake Geneva

Check for updates

Abolfazl Irani Rahaghi^{1,2}✉, Daniel Odermatt^{1,2}, Orlane Anneville³, Oscar Sepúlveda Steiner^{4,5}, Rafael Sebastian Reiss⁶, Marina Amadori⁷, Marco Toffolon⁸, Stéphan Jacquet³, Tristan Harmel⁹, Mortimer Werther¹, Frédéric Soullignac¹⁰, Etienne Dambrine³, Didier Jézéquel^{3,11}, Christine Hatté^{12,13}, Viet Tran-Khac³, Serena Rasconi³, Frédéric Rimet³ & Damien Bouffard^{4,14}



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



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

Origine du projet et objectifs



Interreg
France – Suisse

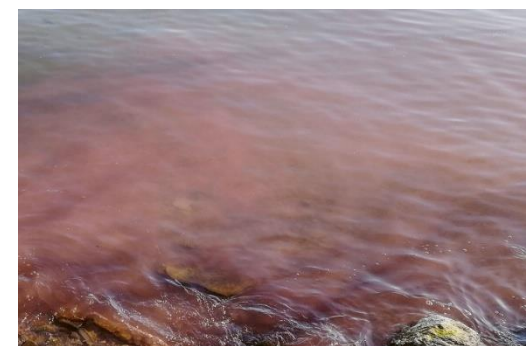


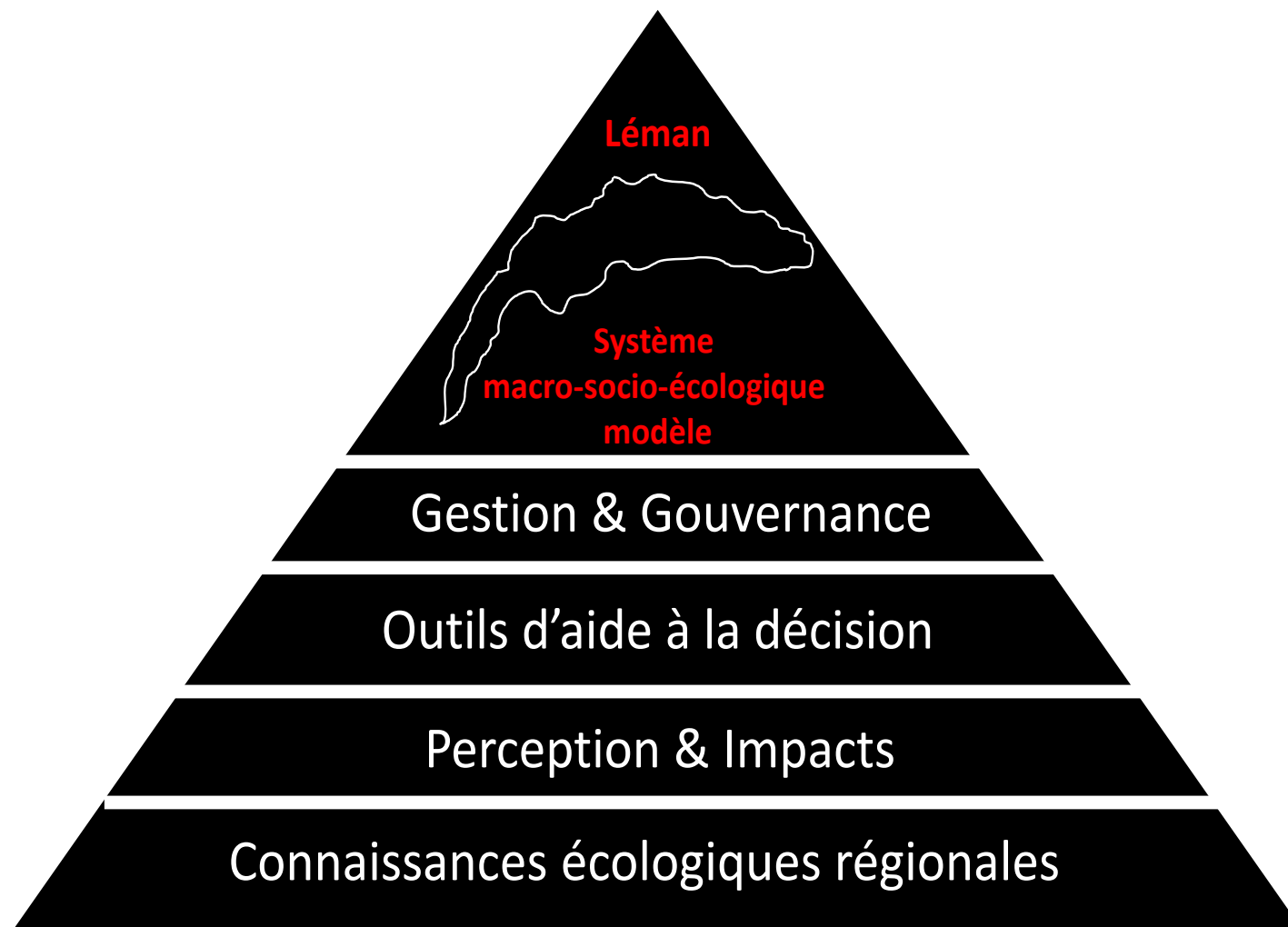
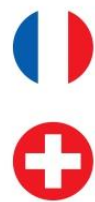
Cofinancé par
l'Union Européenne



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





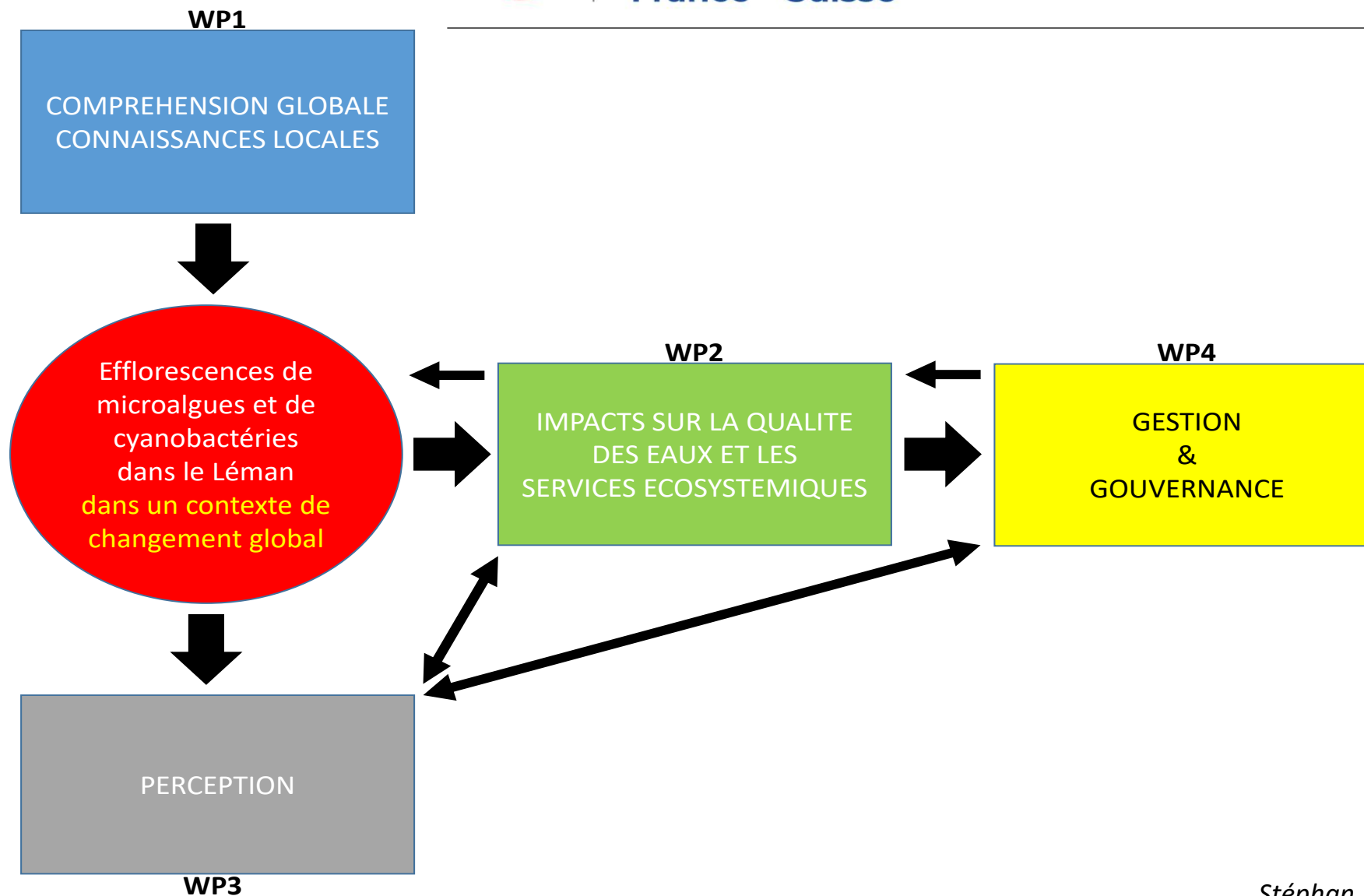
Organisation du projet



Interreg
France – Suisse



Cofinancé par
l'Union Européenne



Organisation du projet

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



Interreg

France – Suisse



Cofinancé par
l'Union Européenne



INRAE



Interreg

France – Suisse



Cofinancé par
l'Union Européenne



Dans la Presse

Projet Interreg ALGA

Site d'étude

Avancement

Partenaires

Livrables

Toutes les rubriques



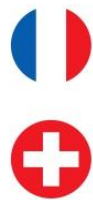
Projet Interreg ALGA : Efflorescences Algales dans le Léman face aux changements GlobAux

Bienvenue sur le site du projet Interreg ALGA

Présentation du projet Interreg ALGA

Stéphan Jacquet & Frédéric Soullignac

Les personnes impliquées au CARRTEL



Interreg

France – Suisse



Cofinancé par
l'Union Européenne



+



Stéphan Jacquet & Frédéric Soullignac

Quelques résultats



Interreg
France – Suisse



Cofinancé par
l'Union Européenne



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 ?

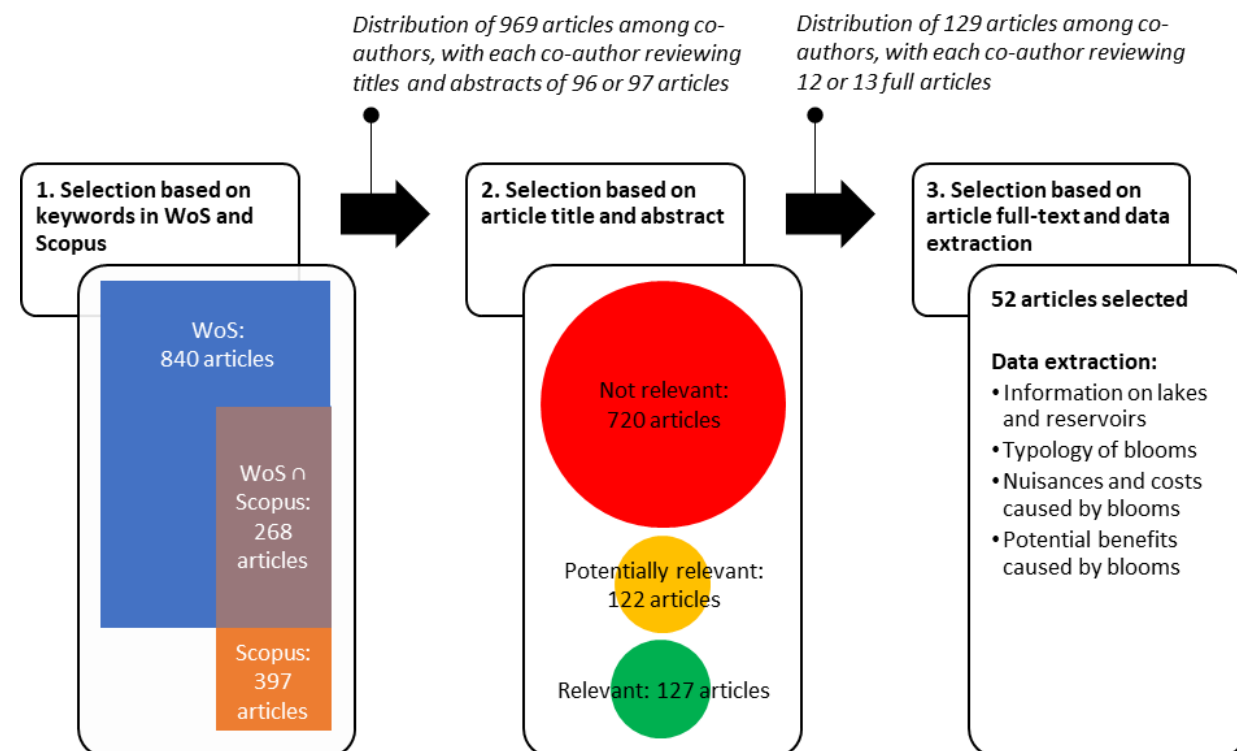
Métabarcoding 16S

Microcoleus - Tychonema - Microcystis

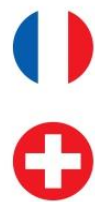
1. Aperçu global de l'impact des blooms sur les services rendus par les lacs et réservoirs

- 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)



Quelques résultats



Interreg
France – Suisse

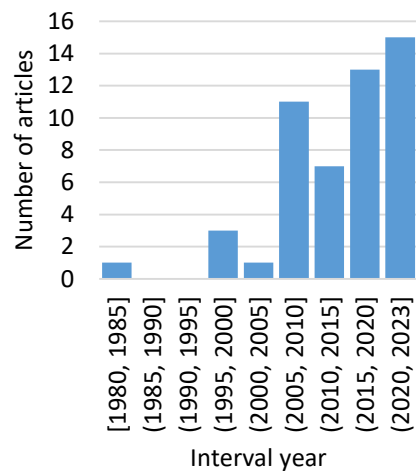


Cofinancé par
l'Union Européenne

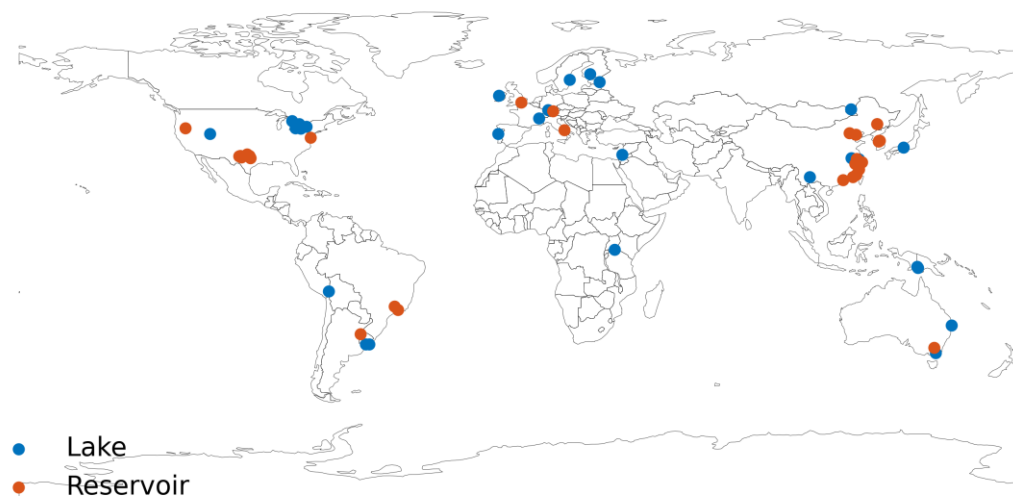


1. Aperçu global de l'impact des blooms sur les services rendus par les lacs et réservoirs

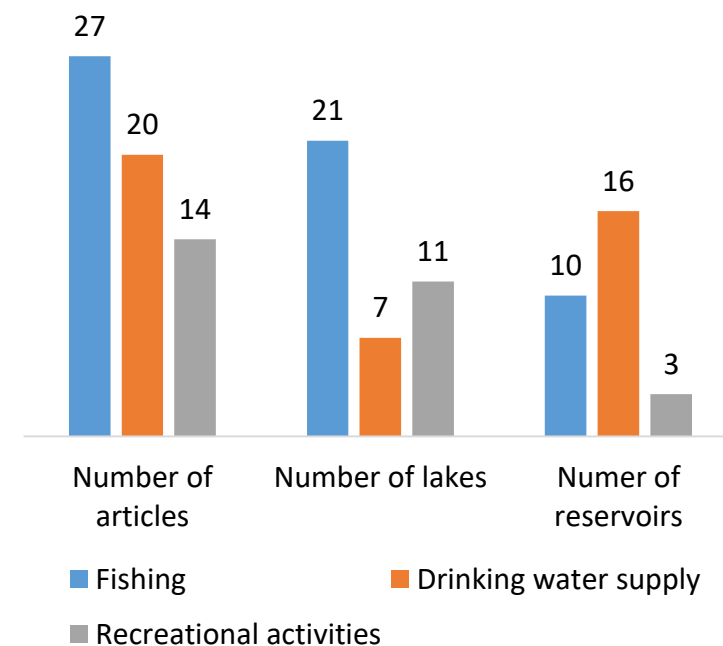
52 articles






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

Exemples de pertes économiques associées :

Cas des blooms de <i>Prymnesium</i> dans les réservoirs du Texas (USA) : pertes estimées à 6,5 M\$ en 5 ans, mort de 17,5 millions de poissons	Cas du bloom de <i>Dolichospermum</i> 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 estimées à 1 M\$, l'équivalent d'un tiers de la « valeur du lac »
--	---	--

Quelques résultats



Interreg
France – Suisse

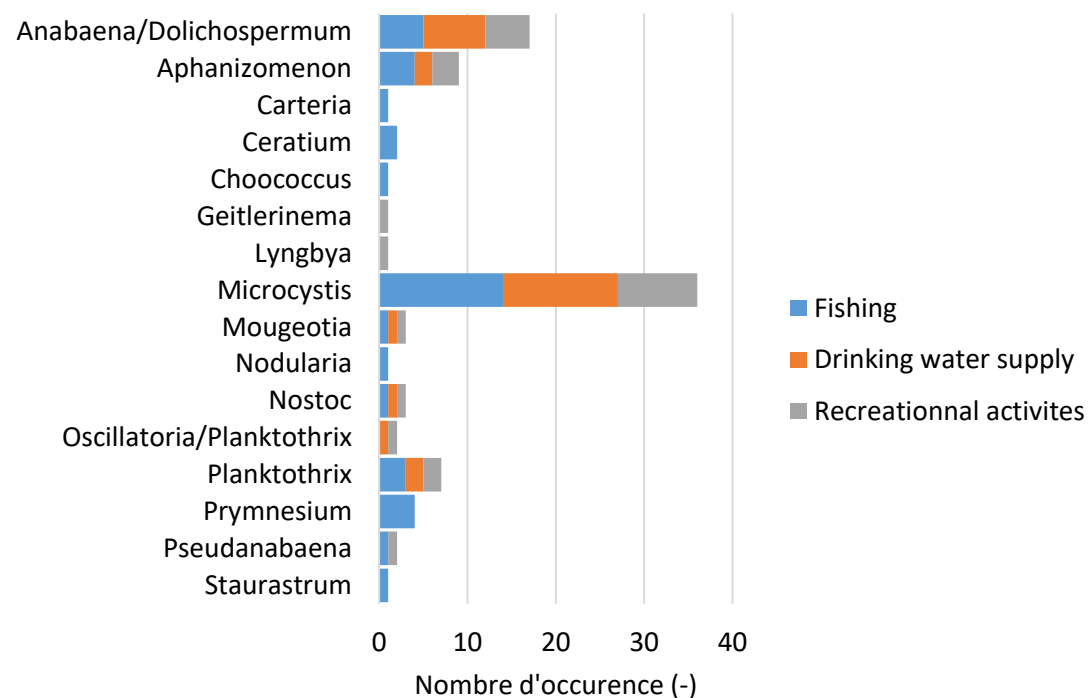


Cofinancé par
l'Union Européenne

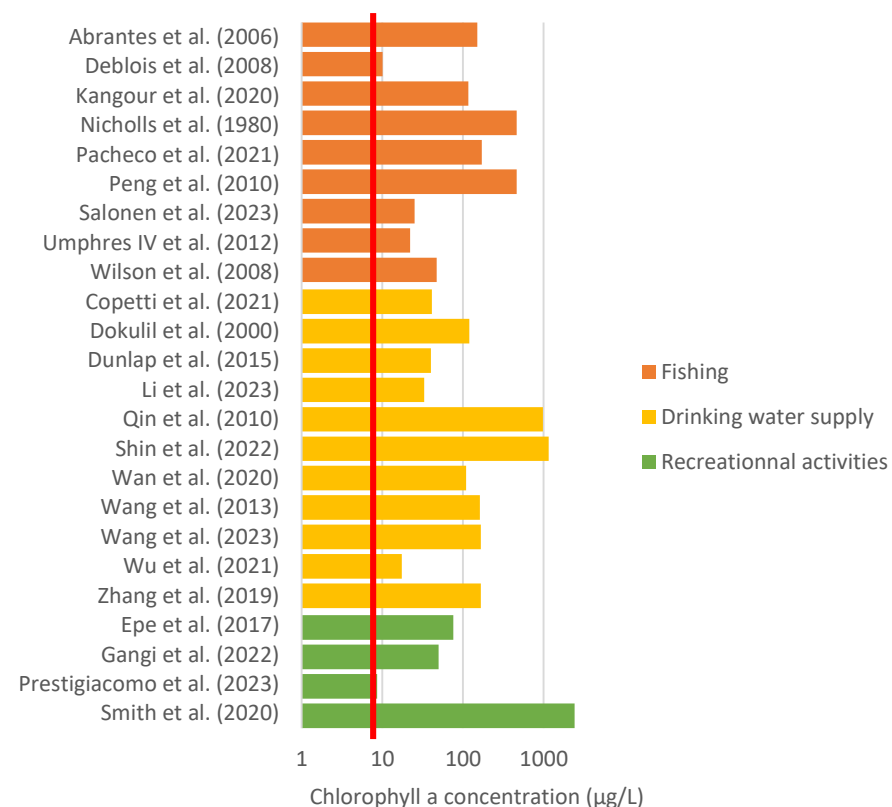


1. Aperçu global de l'impact des blooms sur les services rendus par les lacs et réservoirs

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

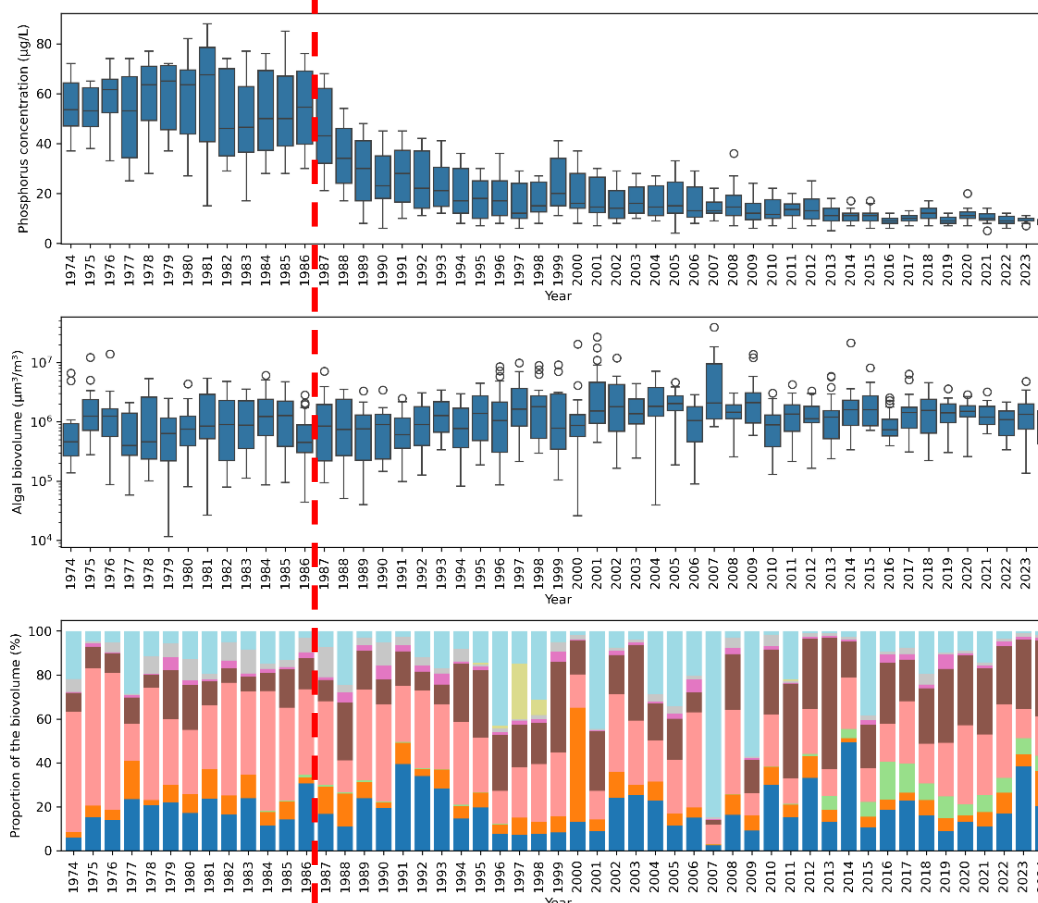
- Les services les plus souvent affectés sont :
 - La pêche
 - L'approvisionnement en eau potable
 - Les activités récréatives
- Les blooms de cyanobactéries toxiques sont les plus fréquemment signalés et les plus nocifs. **Toutefois, les blooms non toxiques peuvent aussi engendrer des effets significatifs, 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

Eutrophisation

Réoligotrophisation



Quelques résultats



Interreg
France – Suisse



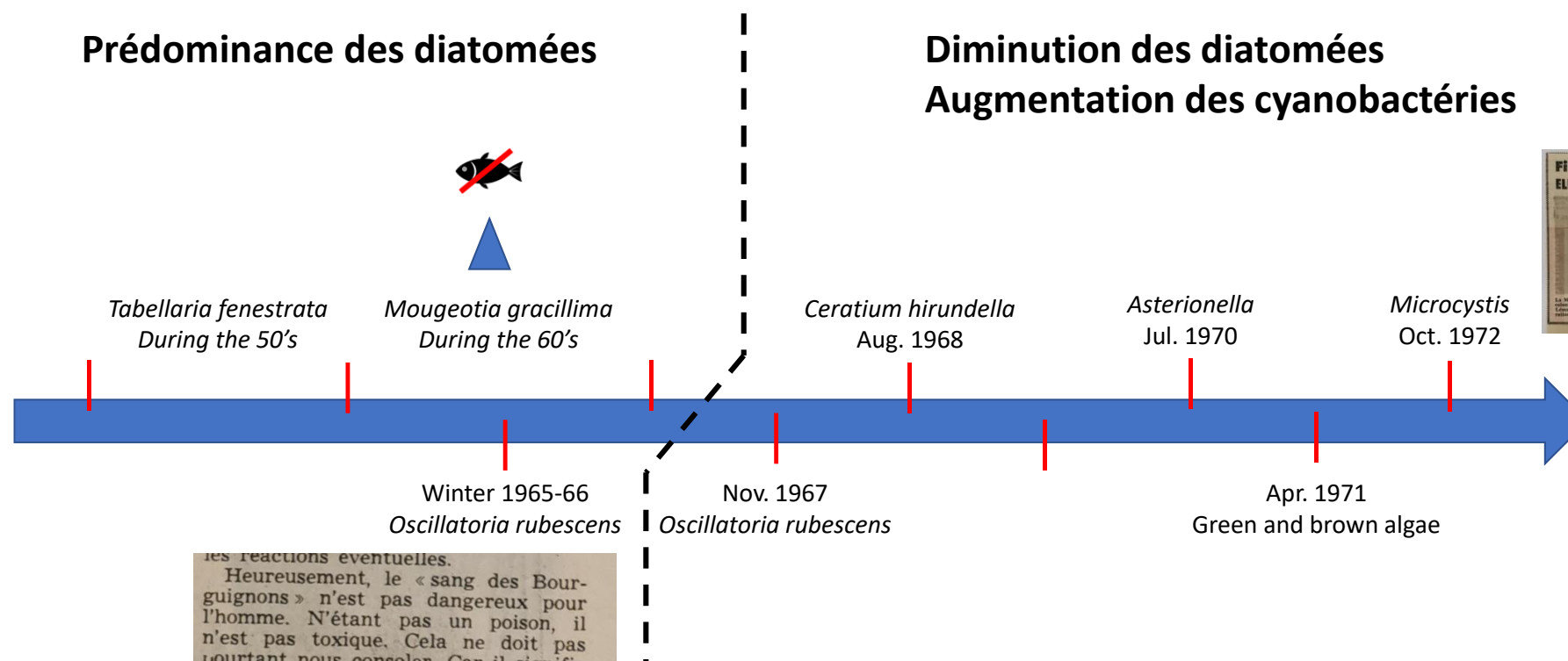
Cofinancé par
l'Union Européenne



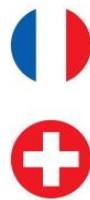
2. Aperçu global des blooms dans le lac Léman

Années 1950, 1960 et 1970

Eutrophisation : blooms fréquents quasiment tous les ans



Quelques résultats



Interreg
France – Suisse



Cofinancé par
l'Union Européenne



2. Aperçu global des blooms dans le lac Léman

Années 1970, 1980 et 1990

Eutrophisation et début de la réoligotrophisation : blooms impactants fréquents

1991



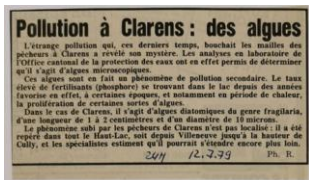
1999



Eutrophisation

Réoligotrophisation

1979



1978?
Planktothrix rubescens

???
Apr. 1974



Fragilaria
Jul. 1979

Sep. 1975
Ceratium hirundinella

Oct. 1985
Planktothrix rubescens



Rhodomonas minuta
Mar. 1990

Apr. 1991
Rhodomonas minuta



P. rubescens
Oct.-Dec. 1992

Summer 1996
Mougeotia



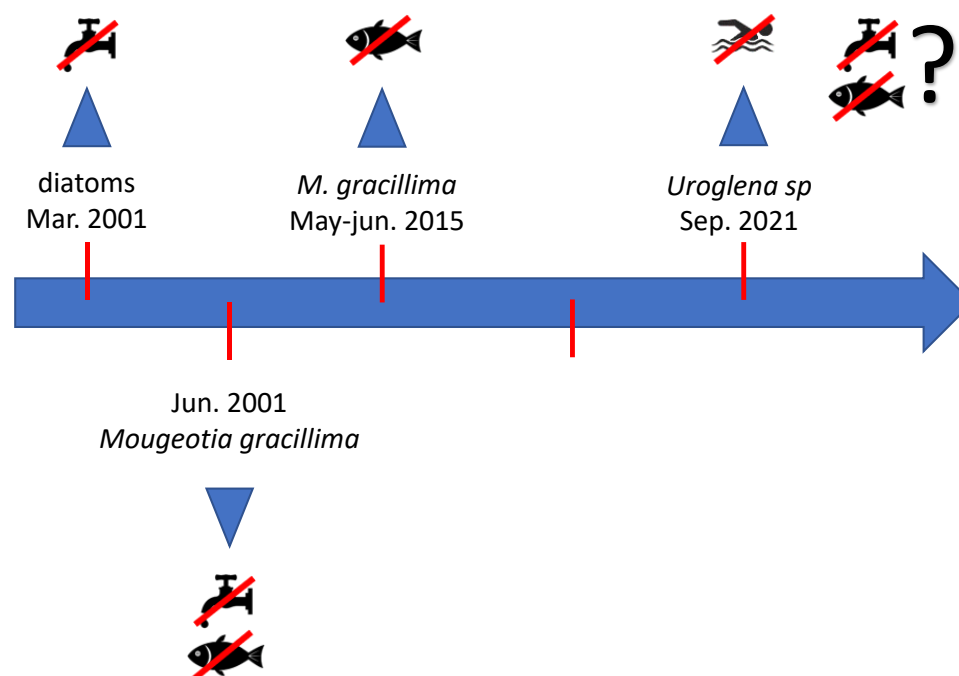
Tribonema, Asterionella, Spirogyra
Jun. 1997

Jul. 1999
Uroglena sp

2. Aperçu global des blooms dans le lac Léman

Années 2000, 2010 et 2020

Poursuite de la réoligotrophisation : blooms moins fréquents mais toujours impactants



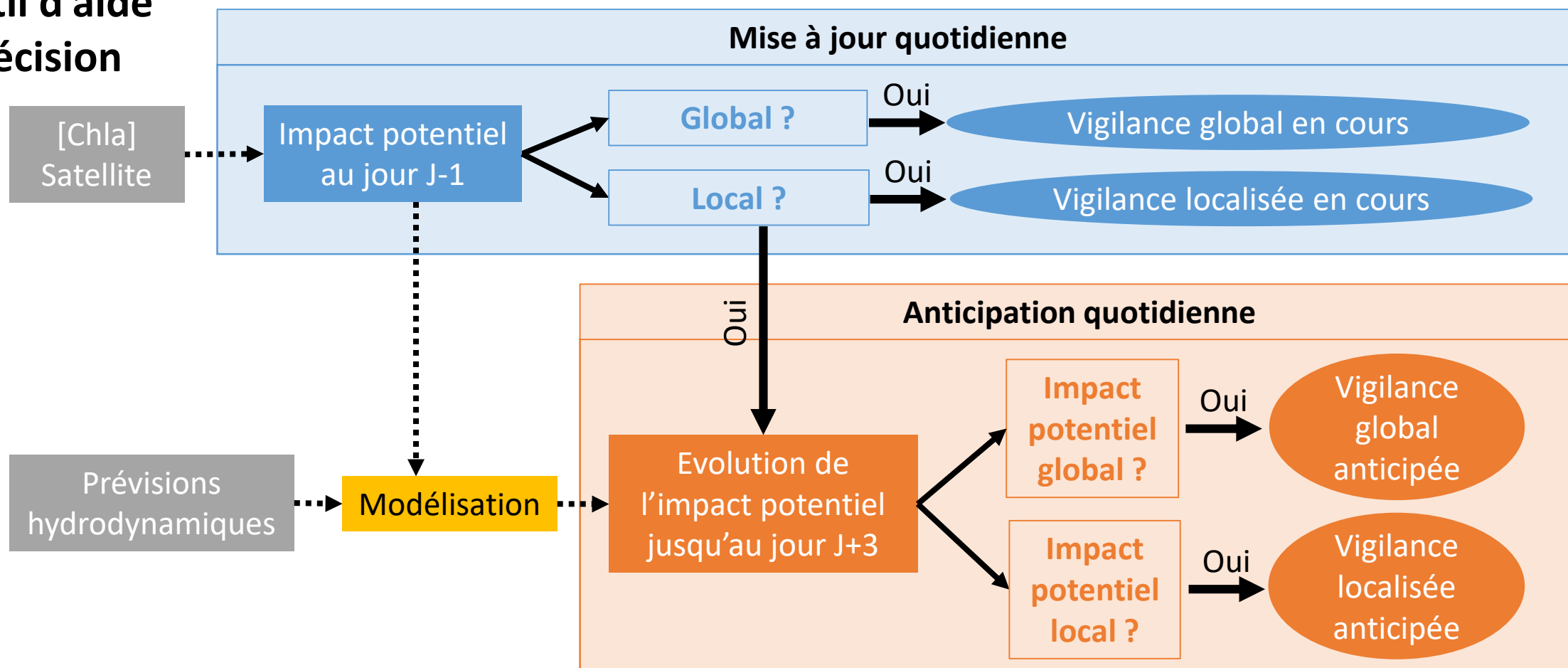
2015



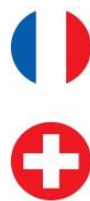
2. Aperçu global des blooms dans le lac Léman

- 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 *Uroglена*

3. Outil d'aide à la décision



Quelques résultats



Interreg
France – Suisse

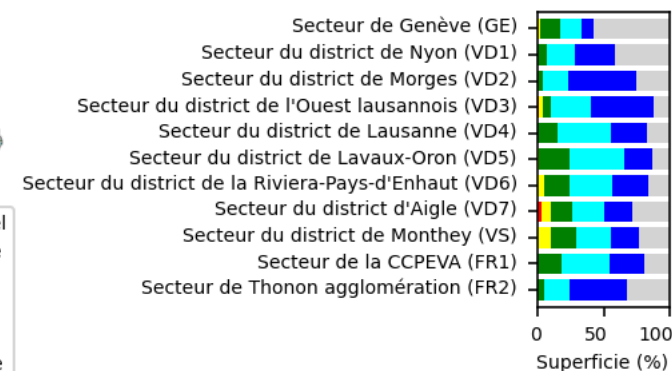
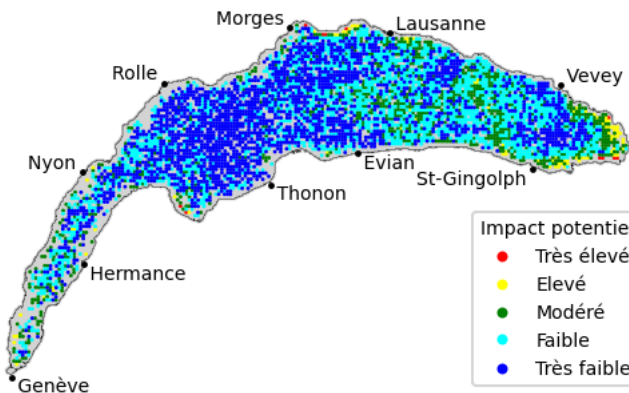
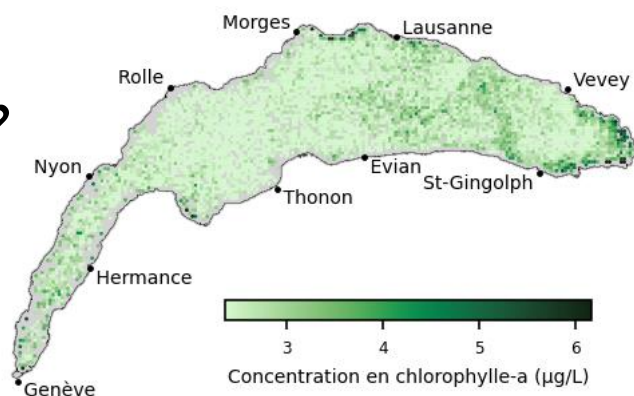


Cofinancé par
l'Union Européenne

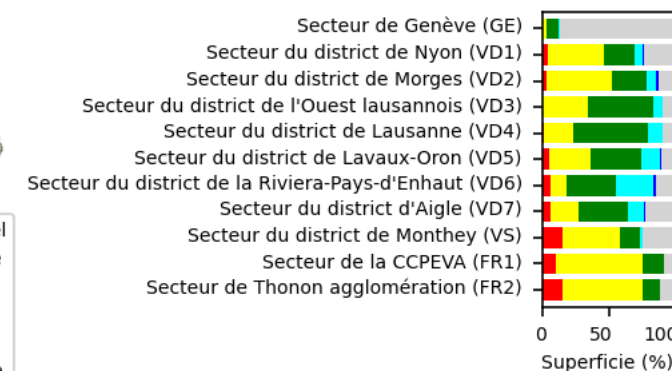
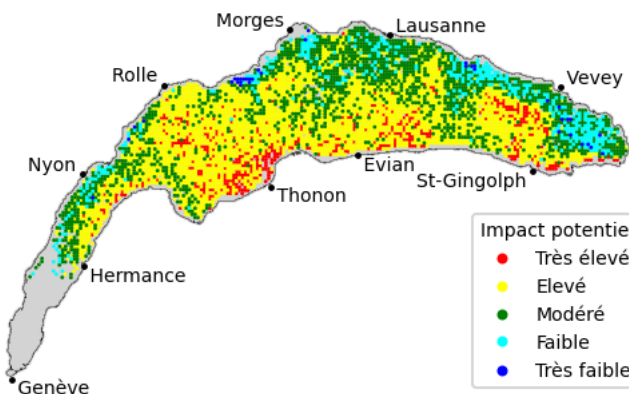
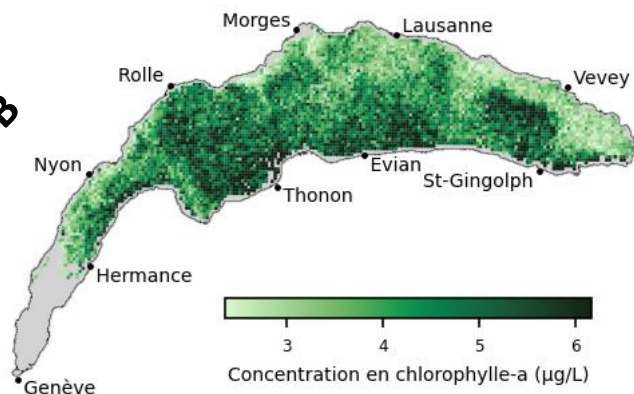


3. Outil d'aide à la décision

3 mars 2025
Sentinel-3B

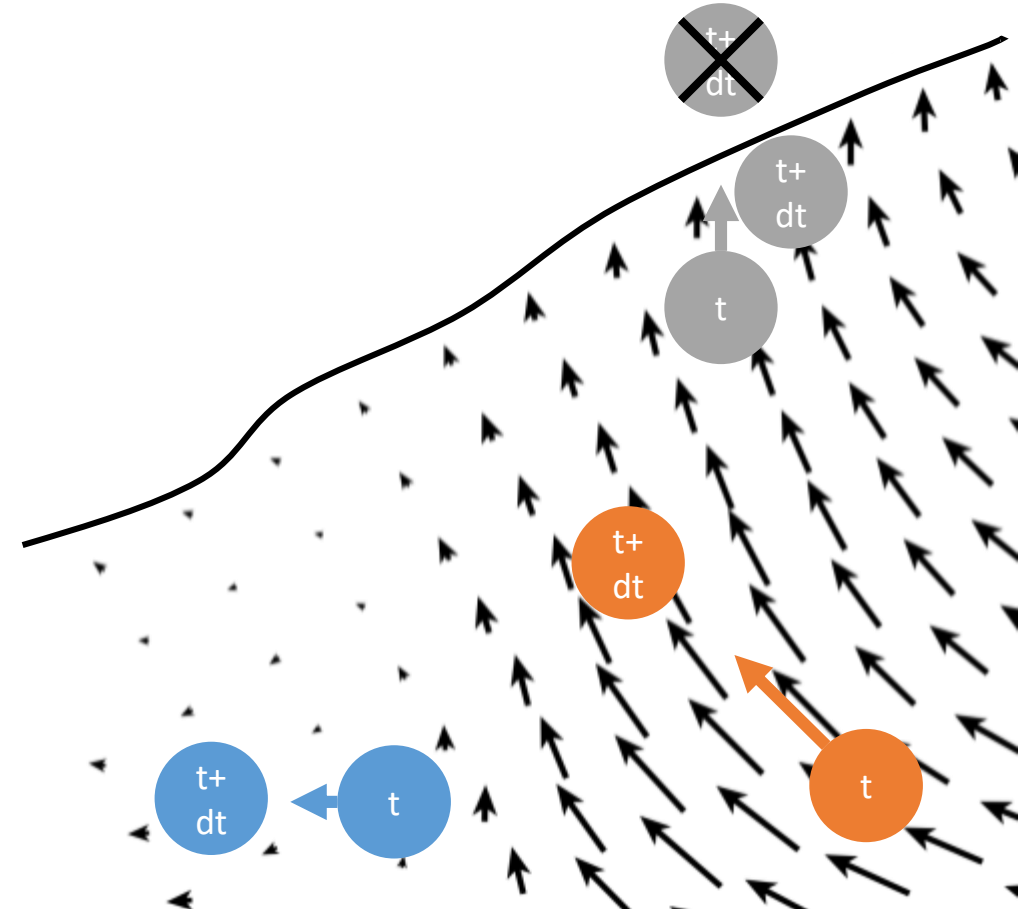


11 mars 2025
Sentinel-3B



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 couteuse en temps de calcul



3. Outil d'aide à la décision

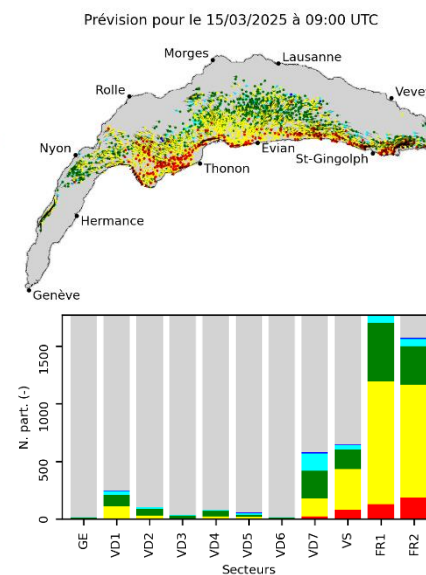
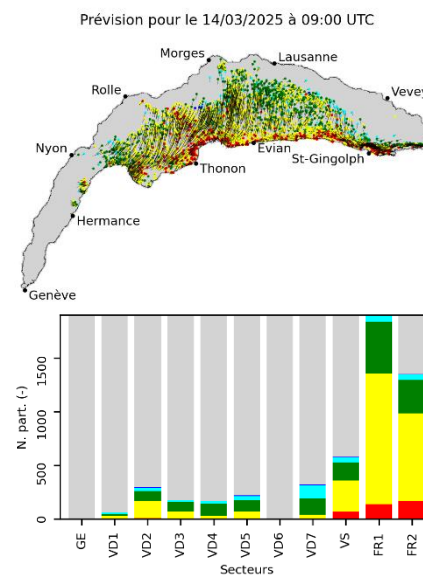
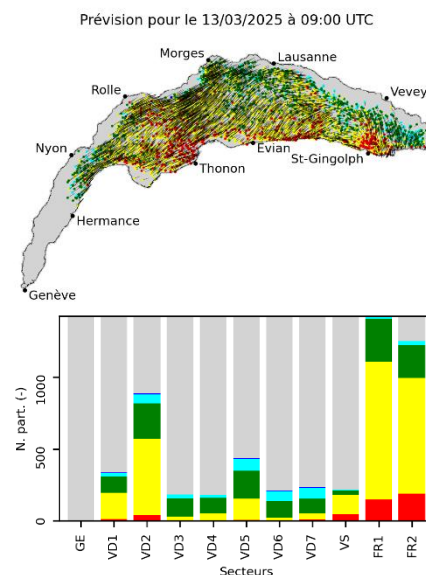
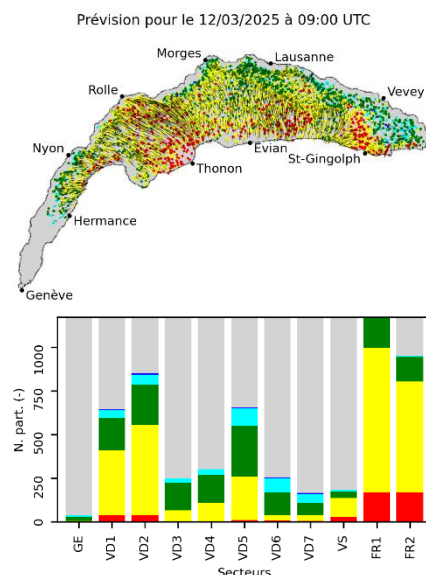
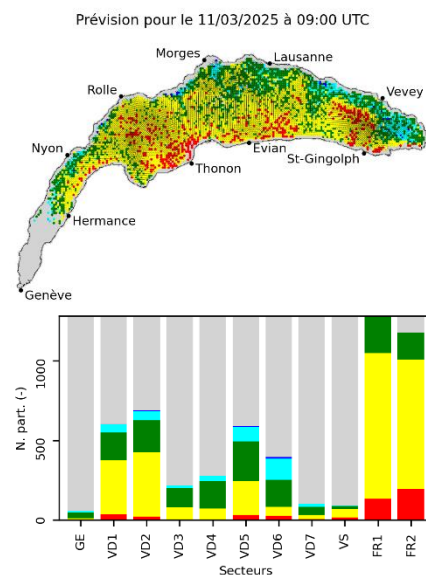
Début de la
simulation J-1

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