



Café ZABR

Cyanobactéries benthiques : processus de développement en rivière

18 mars 2024

Évènement organisé par :



Avec le soutien de :



CAFÉ ZABR





Thèse de Charlotte Robichon soutenue le 21/12/2023
**Déterminisme du développement et de la toxicité
des cyanobactéries benthiques en rivière**



Membres du jury :

BEISEL Jean-Nicolas (UNI, Strasbourg)
BORMANS Myriam (ECOBIO, rennes)
LAPLACE-TREYTURE Christophe
(INRAE, Bordeaux)
LUQUET Emilien (LEHNA)
QUIBLIER Catherine (MNHN, Paris)
DOLEDEC Sylvain (LEHNA)
ROBIN Joël (ISARA)

Contexte général

Enjeux sanitaires



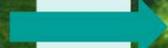
Bloom de cyanobactéries **planctoniques**

Mortalités soudaines de mammifères

(Juday et al. 1981; Carmichael et al., 2001; Boiselleau et al., 2018)



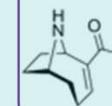
Ingestion
biofilm



Biofilm à cyanobactéries **benthiques**



Production de
toxines intracellulaires



Anatoxine-a
(Qublier et al. 2013)

Fonctionnement et rôles des biofilms

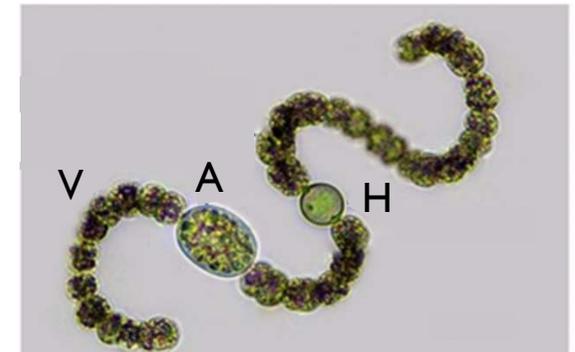
[= Cyanophycées ou Cyanophytes
= Algues **bleues (phycocyanine)**]

= **Bactéries photosynthétiques**

- Procaryotes (-noyau, -plaste, reproduction sexuée)
- Colonies filamenteuses ou non
- Fixation de l'N atmosphérique

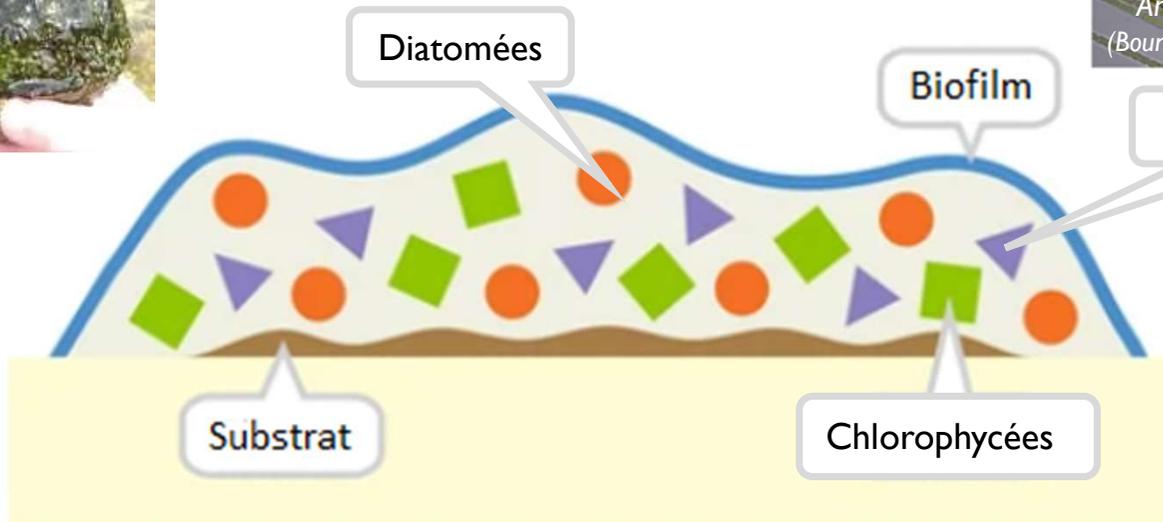


Cyanobactéries



- V = Végétative (photosynthèse)
- H = Hétérocystes (fixation N)
- Akinètes = spores (>100 ans)

Battin et al. 2001, 2008 ; Dodds & Gudder 1992 ; Biggs, 1996



- Cycle biogéochimique N, P, C
- **Ressource nutritive**
- **Habitat**

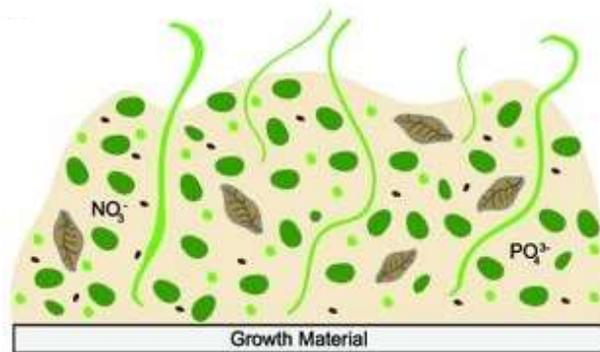
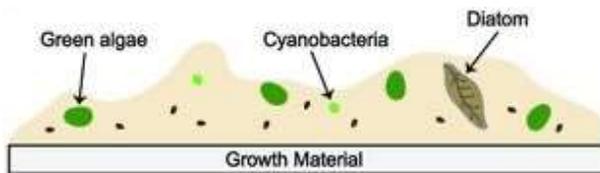


Cycle de vie des biofilms

Etablissement initial



Maturation



Détachement Dispersion



Plasticité écologique des cyanobactéries benthiques

Vitesse de courant (0.3 à 0.8 m.s^{-1})

Granulométrie grossière et hétérogène



Luminosité



Température ($> 16^\circ\text{C}$)

Nutriments : conditions eutrophes et oligotrophes

Compétition



➔ Conditions estivales favorables

Intérêt récent



Objectifs de la thèse

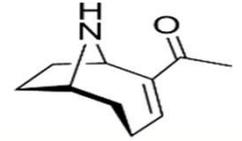
Dans certaines conditions



Développements importants

Axe 1 :
Déterminisme du développement

Certaines espèces dans certaines conditions



Production d'anatoxine

Axe 2 :
Déterminisme de la production d'ATX

Axe 3 : Impact sur les macroinvertébrés benthiques



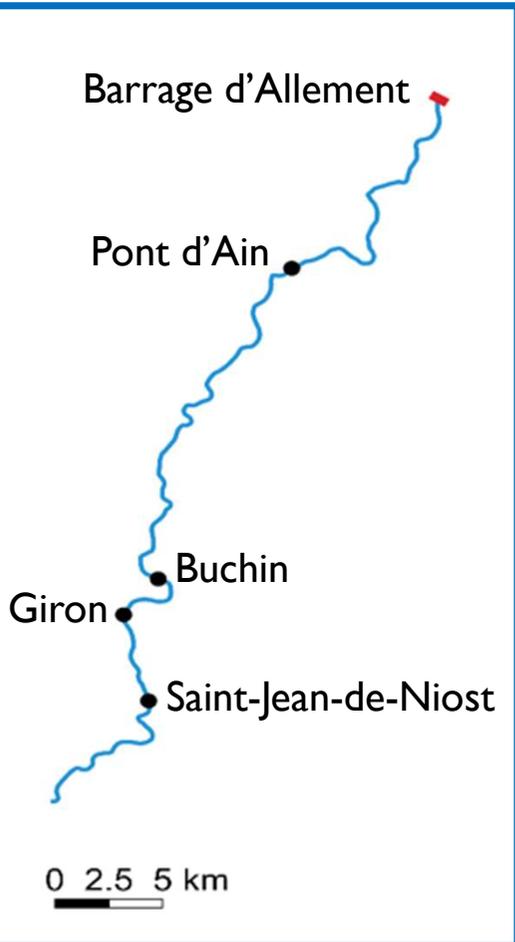
Site d'étude : la basse rivière d'Ain



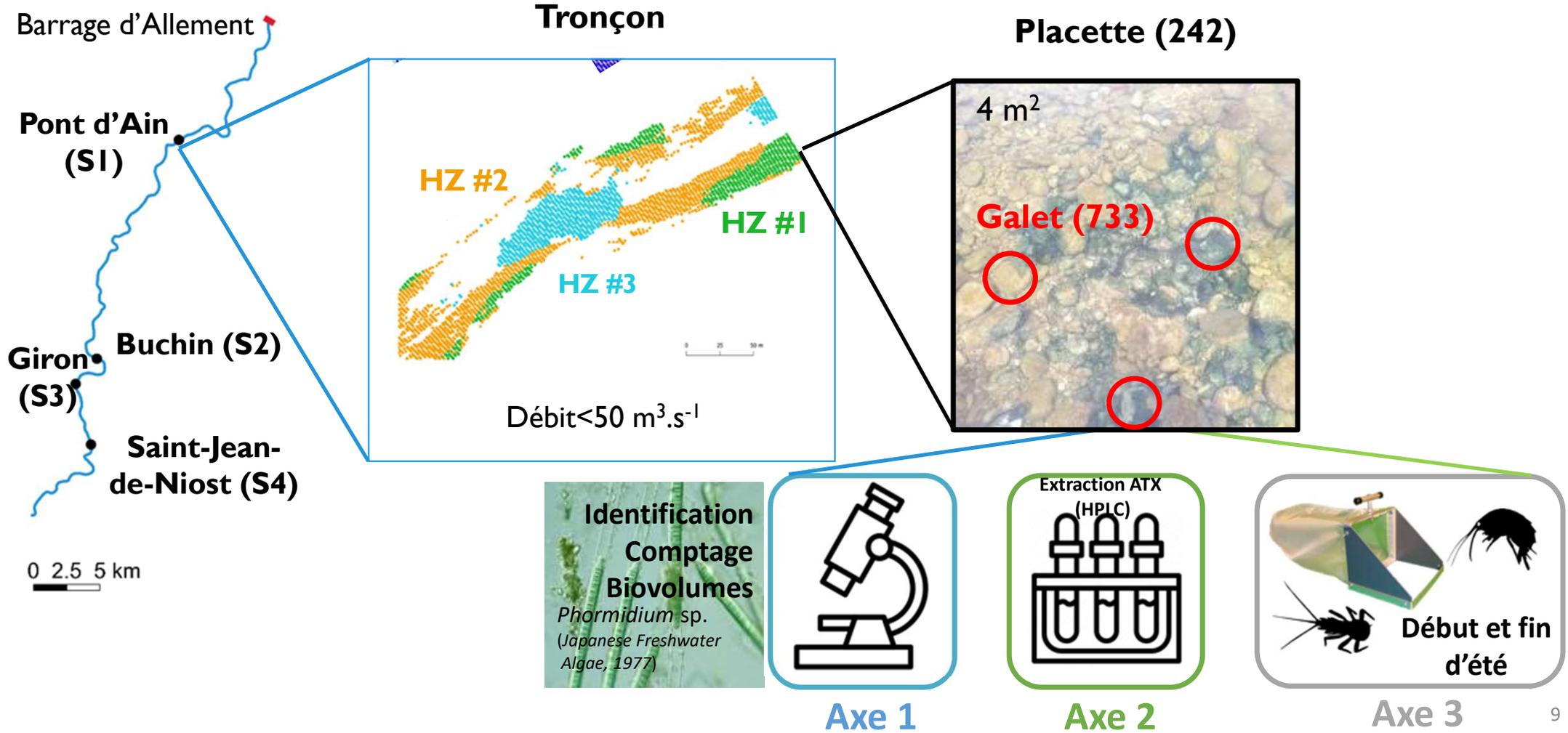
- Suivi estival développement algal (20 ans)
-> Cellule d'alerte

- **Cyanobactéries** (*Phormidium* sp., *Lyngbya* sp.= souches potentiellement toxiques) (Cf. Dolédec et al. 2017, Frossard et al. 2014)

- Cas d'intoxications (2017) 

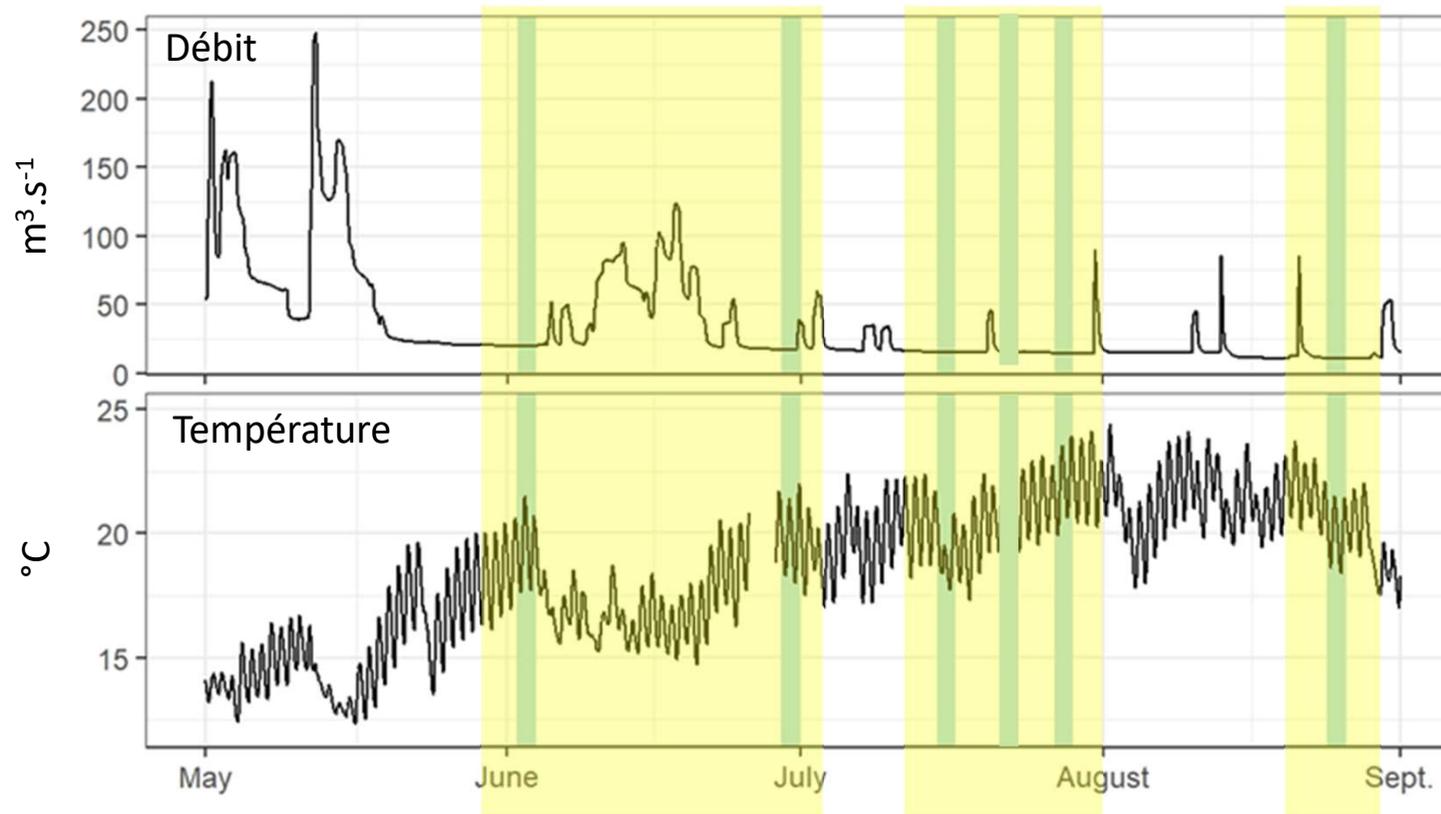


Protocole d'échantillonnage : échelles spatiales



Protocole d'échantillonnage : temporalité

2020



Résultats : Déterminisme du développement

Dans certaines conditions



Développements
importants

Axe 1 :
Déterminisme du développement

(Robichon *et al.*, 2023)

Certaines espèces
Dans certaines conditions

Production
d'anatoxine

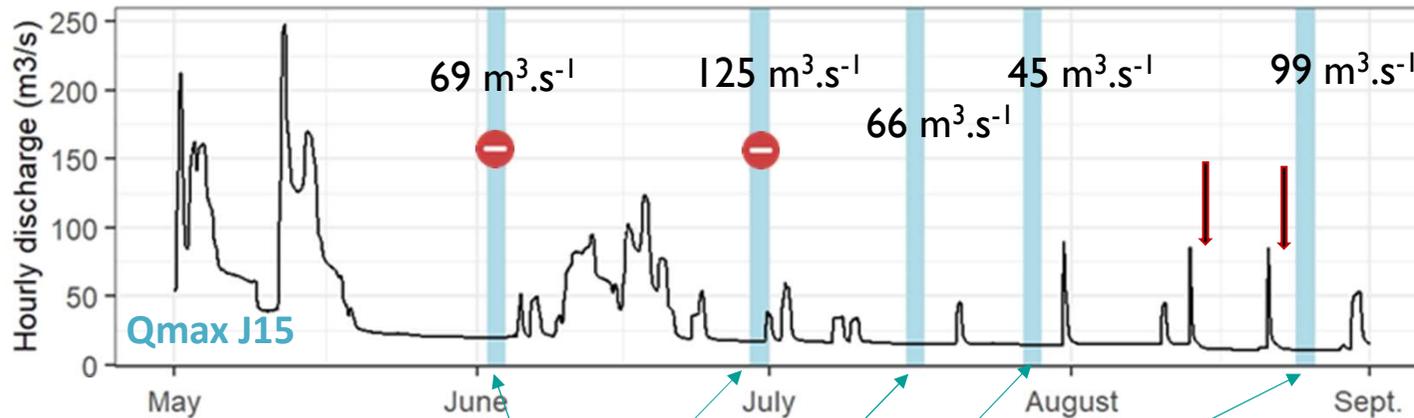
Axe 2 :
Déterminisme de la production d'ATX

Axe 3 : Impact sur les macroinvertébrés benthiques

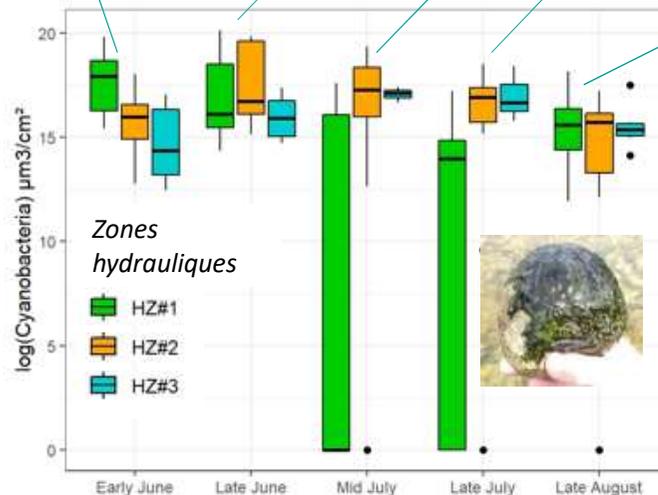


Résultats : Déterminisme du développement

HI : Limité par les contraintes hydrauliques et les forts débits



Intensité, durée lâchers
insuffisants



4 genres potentiellement anatoxiques

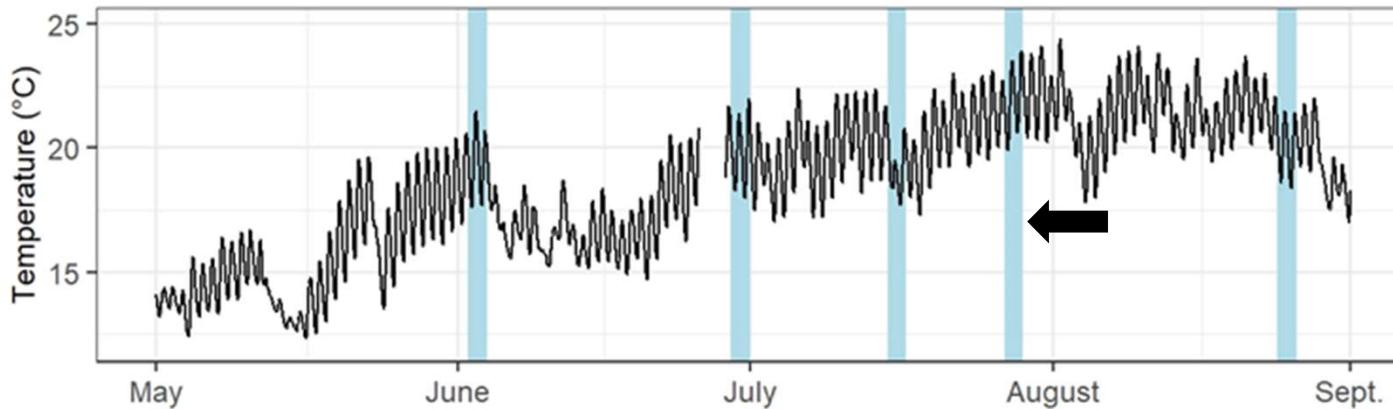
- *Lyngbya* sp.
- *Phormidium* sp.
- *Planktolyngbya* sp.
- *Oscillatoria* sp.

+ HZ#2, HZ# 3

Heath et al., 2011, 2015 ; Wood et al., 2017

Résultats : Déterminisme du développement

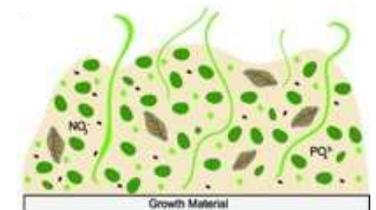
H2 : Favorisé par les fortes températures ✓



- Température max = 20.9 °C
- $\Delta T^{\circ}\text{C}$ faibles entre campagnes (Echenique-Subiabre et al., 2018 ; Heath et al., 2015)

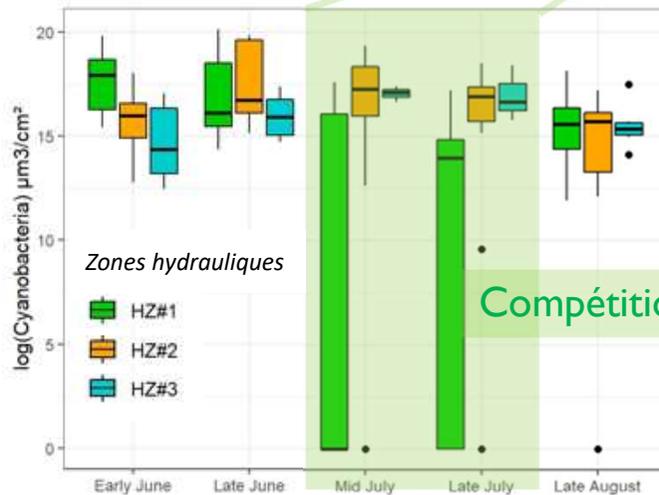
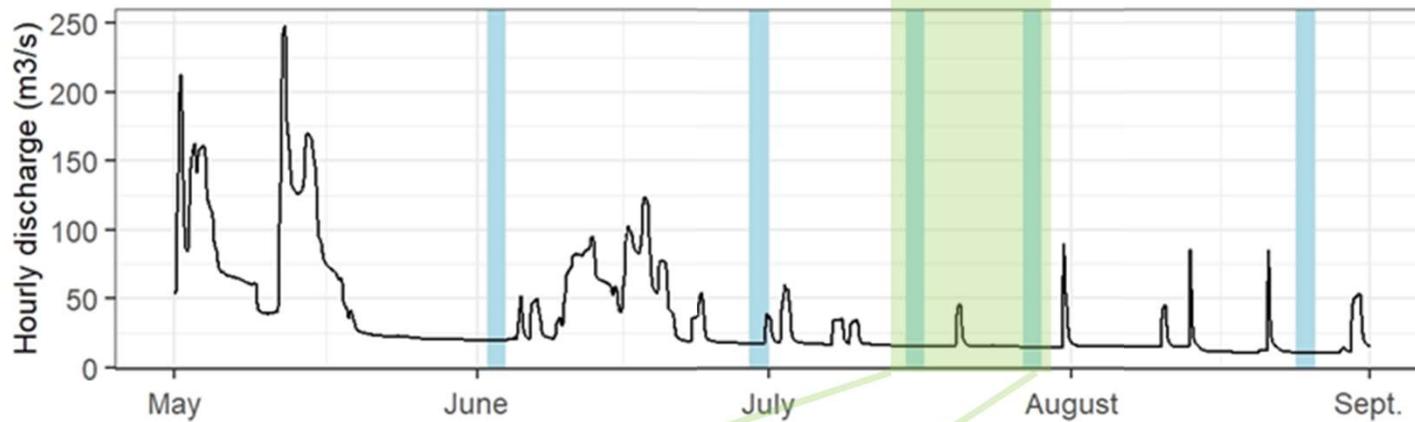
H3 : Peu impacté par les concentrations en nutriments ✓

- Effet mineur NH_4 en début et fin d'été (Phase d'implantation ou de réimplantation ?)
- Concentrations NO_3 et PO_4 non-limitantes (McAllister 2018, McAllister et al. 2018)
- Absorption phosphore via sédiments (Wood et al., 2015)



Résultats : Déterminisme du développement

H4 : Limité par la compétition



Vitesse de croissance :
Chlorophytes > Cyanobactéries (Lürling et al., 2013)



Résultats : Déterminisme du développement

Variables	Early June	Late June	Mid July	Late July	Late August
	−	−	NS	NS	NS
	NS	NS	NS	+	NS
NH ₄	+	NS	NS	NS	+
	NS	NS	−	−	NS

- Développement en **zones de baignade** (courant)
- Lâchers d'eau d'arrachage des algues **insuffisants pour les cyanobactéries**
- **Genres potentiellement toxiques dominants**



Quels risques toxiques ?

Résultats : Déterminisme de la production d'anatoxine

Dans certaines conditions



**Développements
importants**

Axe 1 :
Déterminisme du développement

**Certaines espèces
dans certaines conditions**



**Production
d'anatoxine**

Axe 2 :
Déterminisme de la production d'ATX

Robichon *et al.* in prep. pour *Harmful Algae*

Axe 3 : Impact sur les macroinvertébrés benthiques



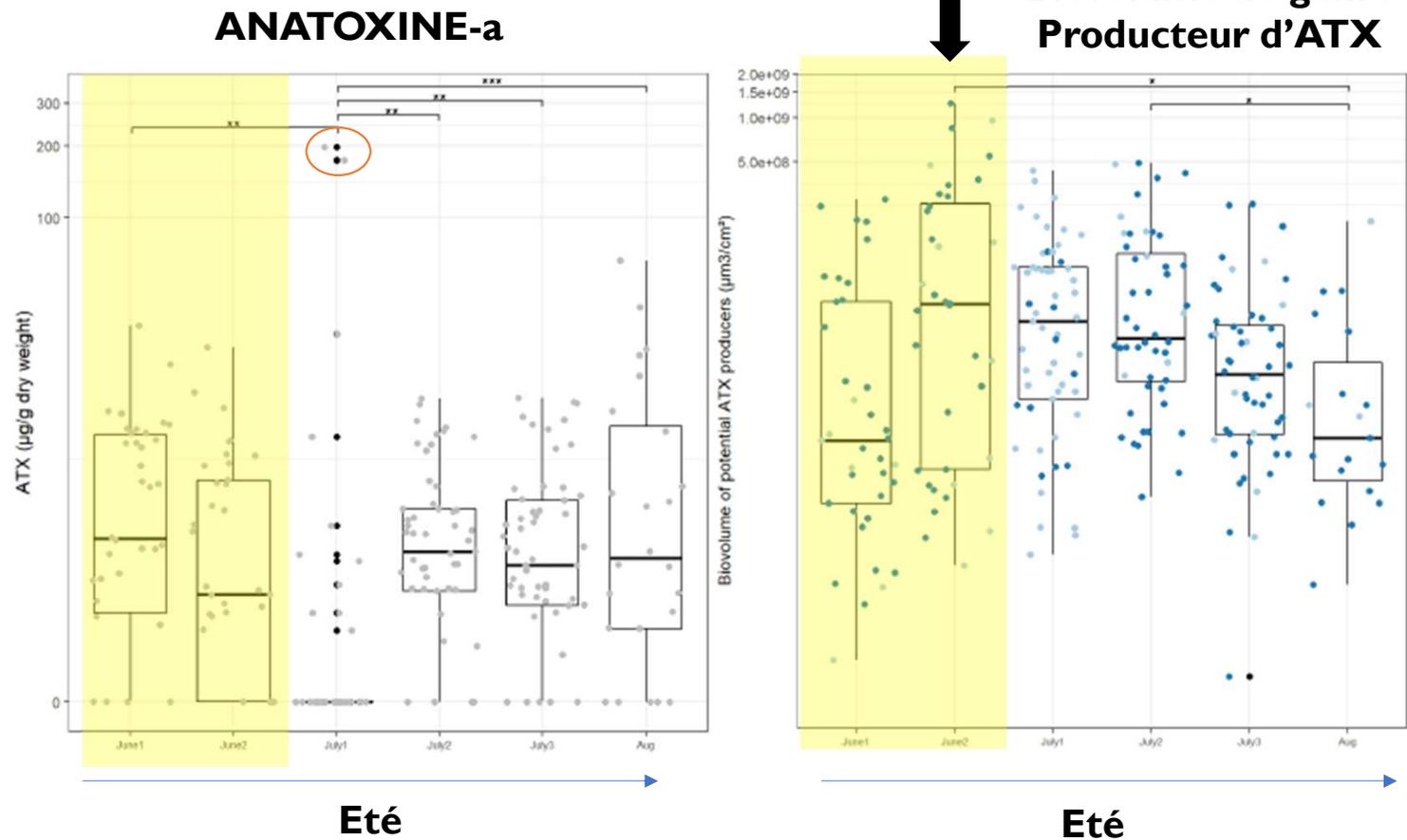
Résultats : Déterminisme de la production d'anatoxine

HI : plus élevée au début du cycle de développement



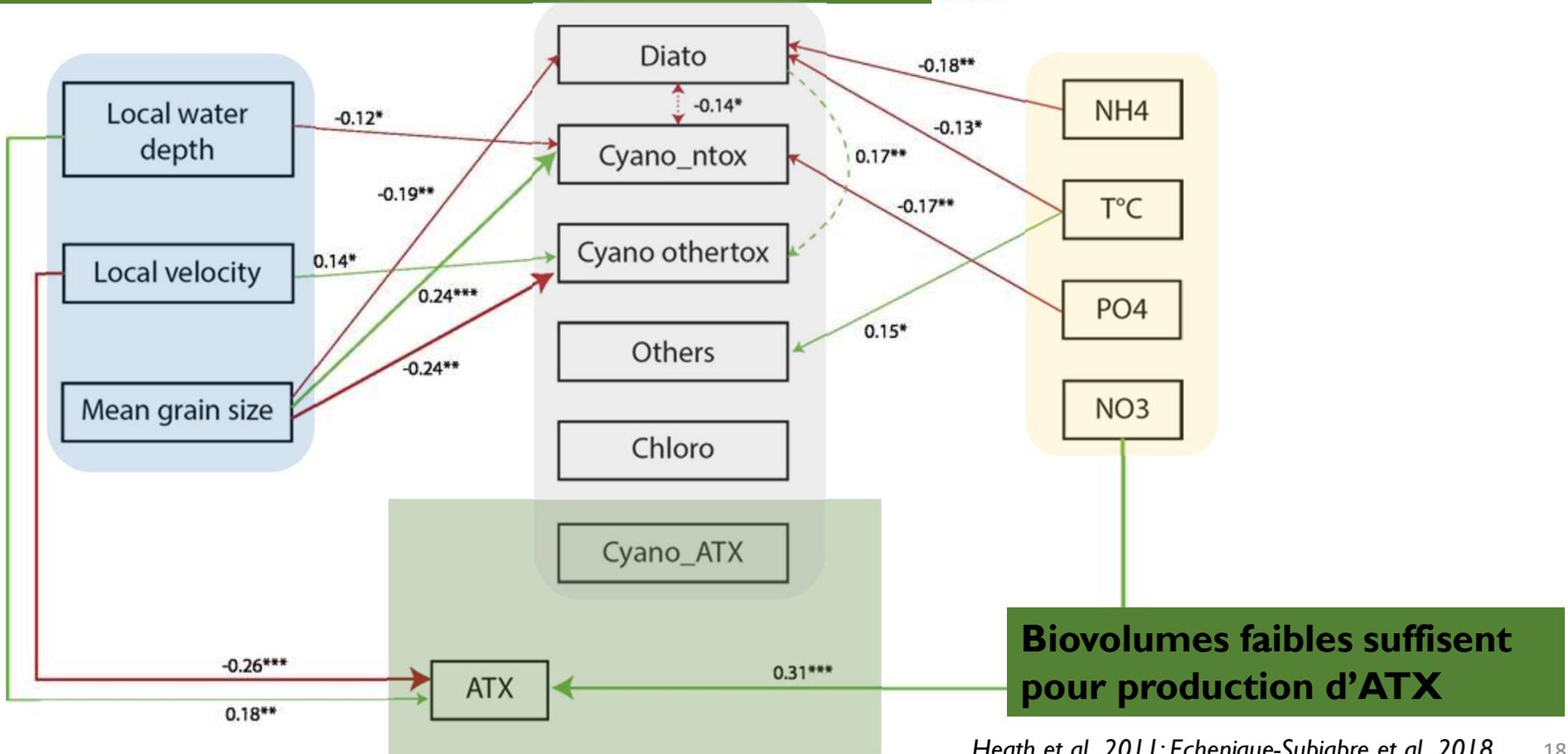
Rôle écologique ?

- ↑ vitesse de croissance,
- Favorise l'implantation



Résultats : Déterminisme de la production d'anatoxine

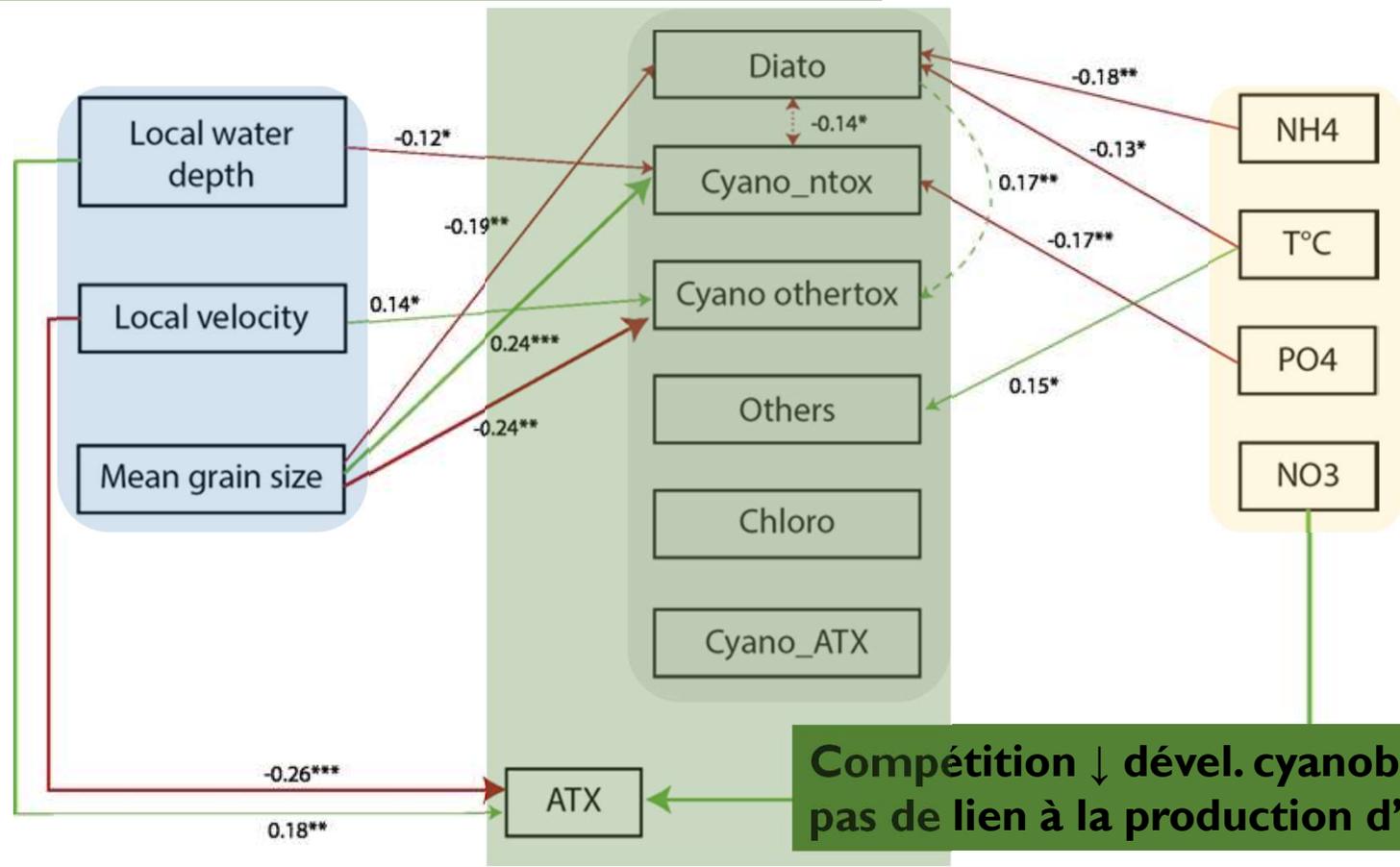
H2 : pas de lien avec le biovolume de cyanobactéries



Biovolumes faibles suffisent pour production d'ATX

Résultats : Déterminisme de la production d'anatoxine

H3 : augmente avec la compétition



Rôle allélopathique ?

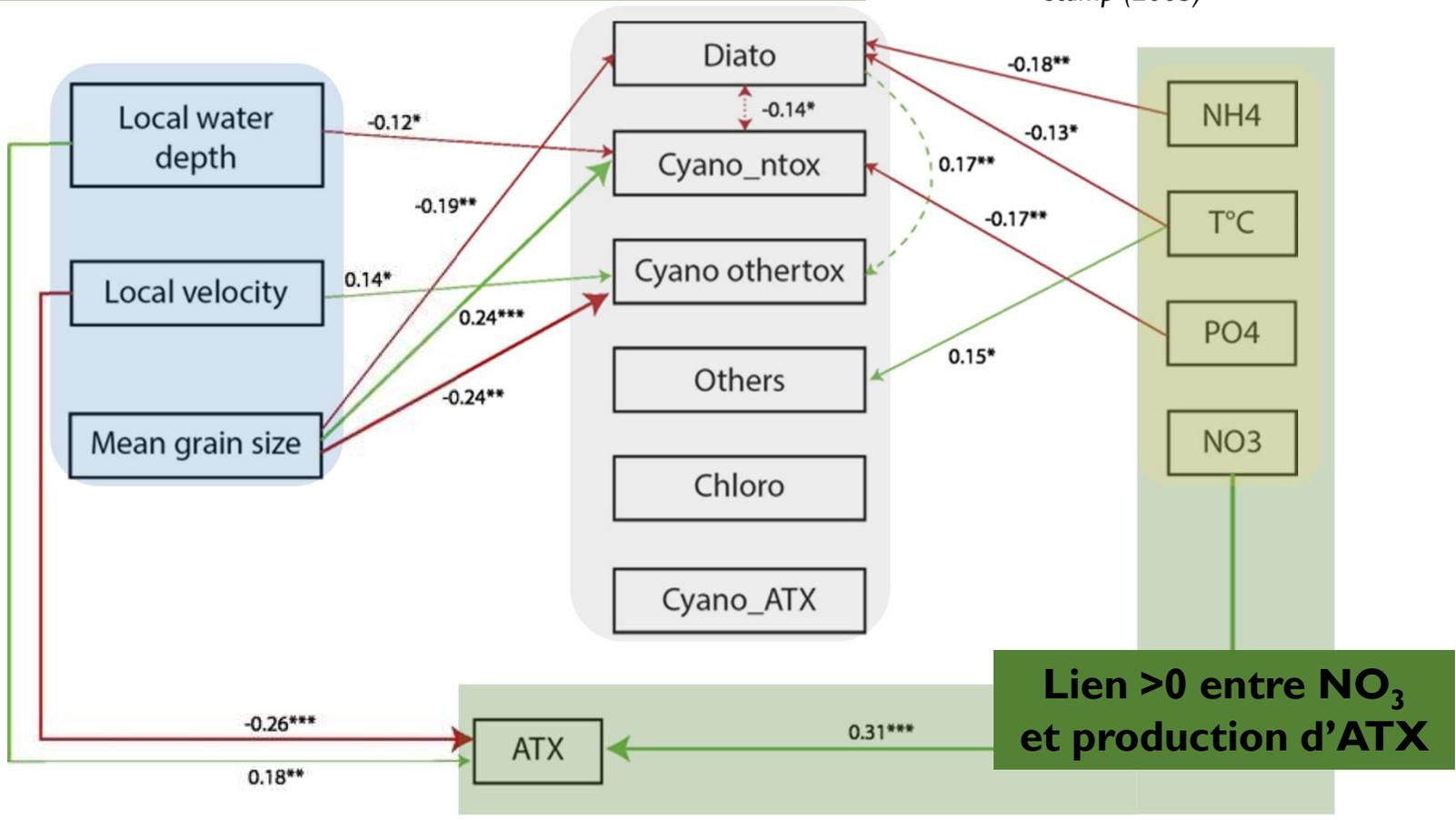
Compétition ↓ dével. cyanobactéries (Axe I) mais... pas de lien à la production d'ATX.

Résultats : Déterminisme de la production d'anatoxine

H4 : diminue quand les nutriments augmentent



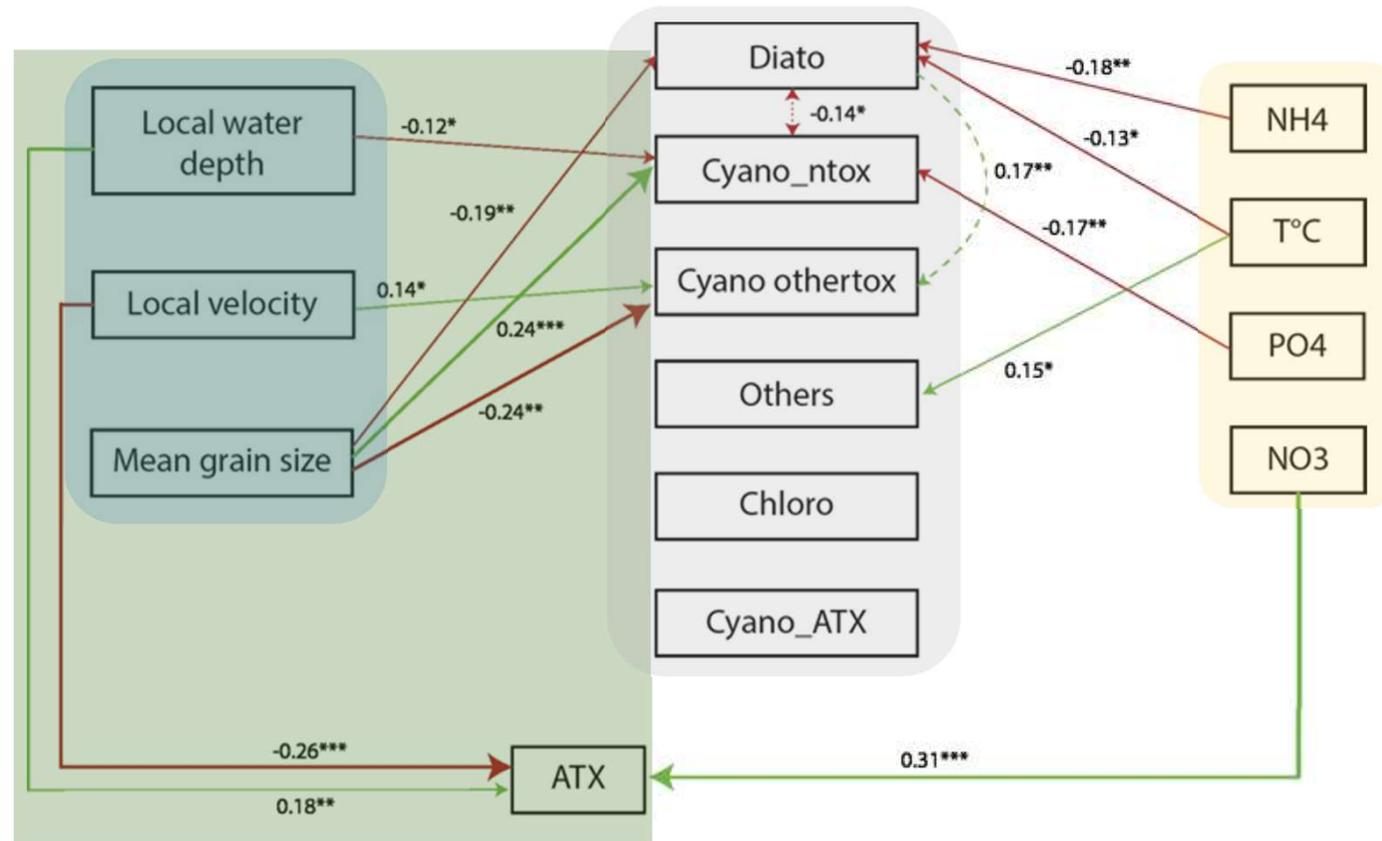
« Growth differentiation balance hypothesis »
Stamp (2003)



Lien >0 entre NO₃ et production d'ATX

Résultats : Déterminisme de la production d'anatoxine

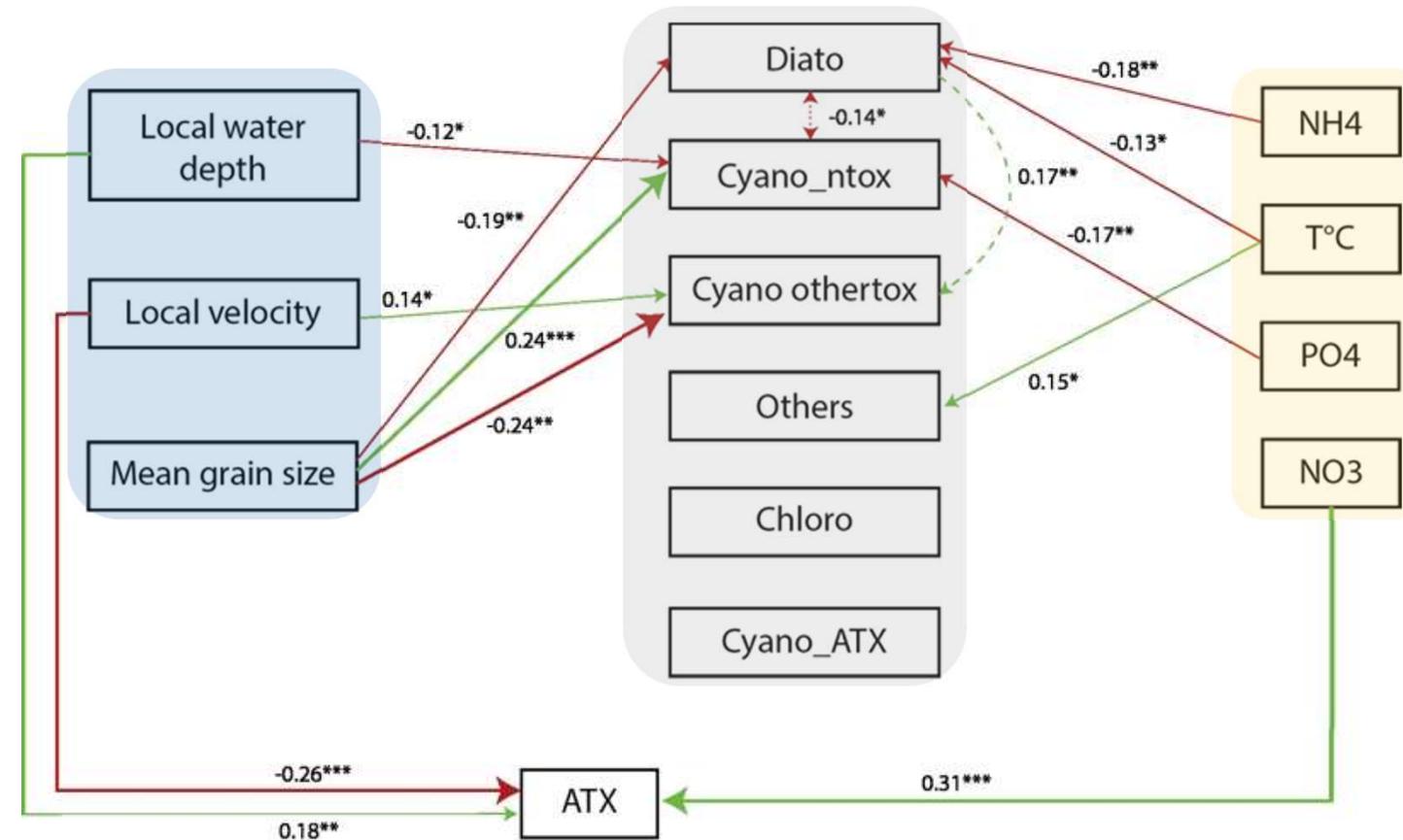
H5 : diminue quand les débits augmentent



Coût énergétique de la production en ATX

- Faible luminosité => protection UV (*Rapala & Sivonen, 1998 ; Ehling-Schulz & Scherer, 1999*)
- Stress hydraulique

Résultats : Déterminisme de la production d'anatoxine



Lien entre profondeur et niveaux de production d'ATX

Lien >0 entre NO₃ et production d'ATX

Influence négative de la vitesse sur courant sur la production d'ATX

Pas de lien entre biovolumes de cyanobactéries anatoxiques et production d'ATX

Pas de lien entre compétition au sein de la communauté algale et production d'ATX

Résultats : Impact sur les macroinvertébrés benthiques

Dans certaines conditions



Développements
importants

Axe 1 :

Déterminisme du développement

Certaines espèces

Dans certaines conditions



Production
d'anatoxine

Axe 2 :

Déterminisme de la production d'ATX



Axe 3 : Impact sur les macroinvertébrés benthiques

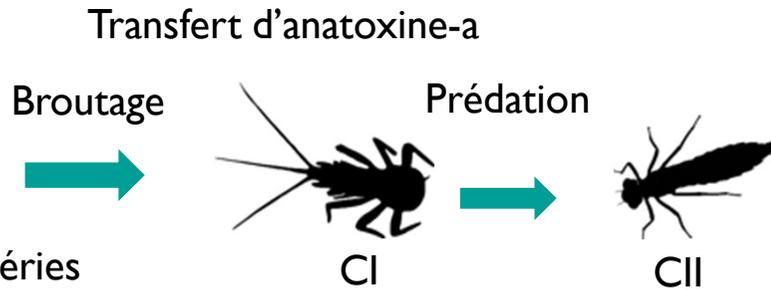


Projet initial : Impact sur les macroinvertébrés benthiques

Objectif



Biofilm à cyanobactéries productrices d'ATX

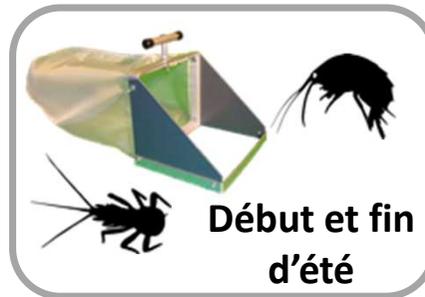


Bioaccumulation ? ATX

Méthodologie

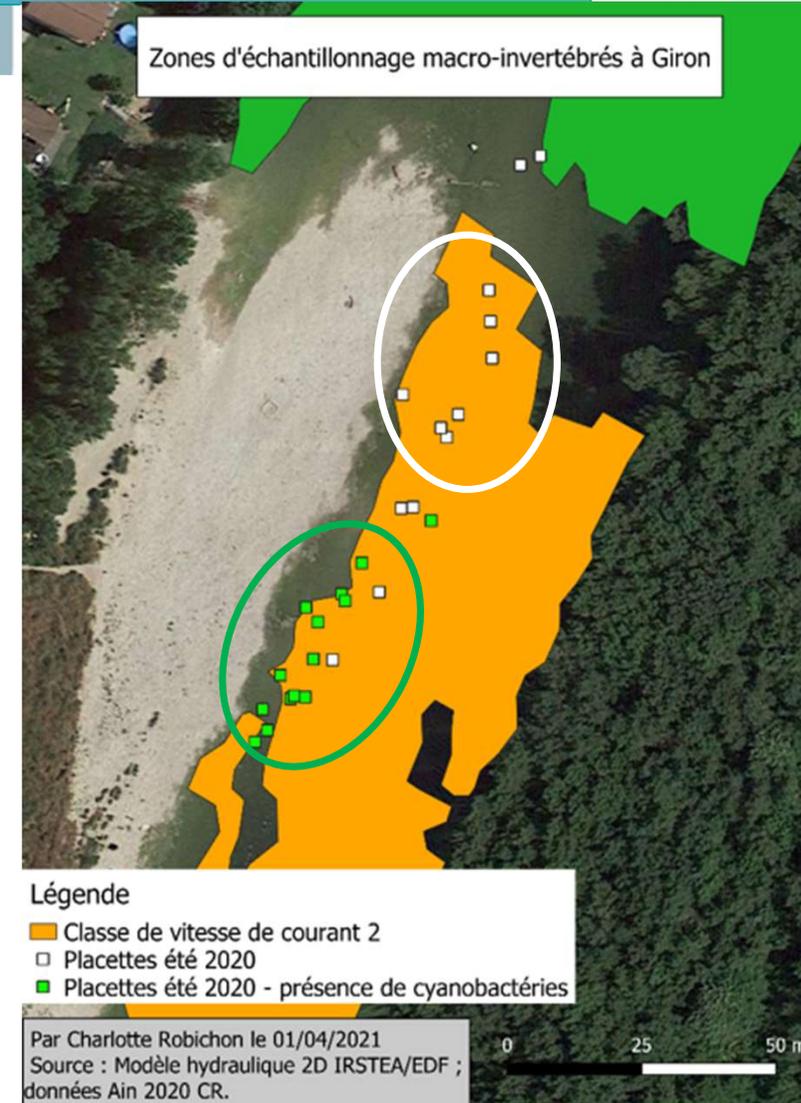
- 1 station, **3 dates** (juin-juillet-août 2020)
- 2 zones d'échantillonnage : **présence/absence cyanobactéries**
- Prélèvement de biofilm et de macroinvertébrés (CI et CII)
- Dosage d'anatoxine-a

Nouvelle Méthodologie



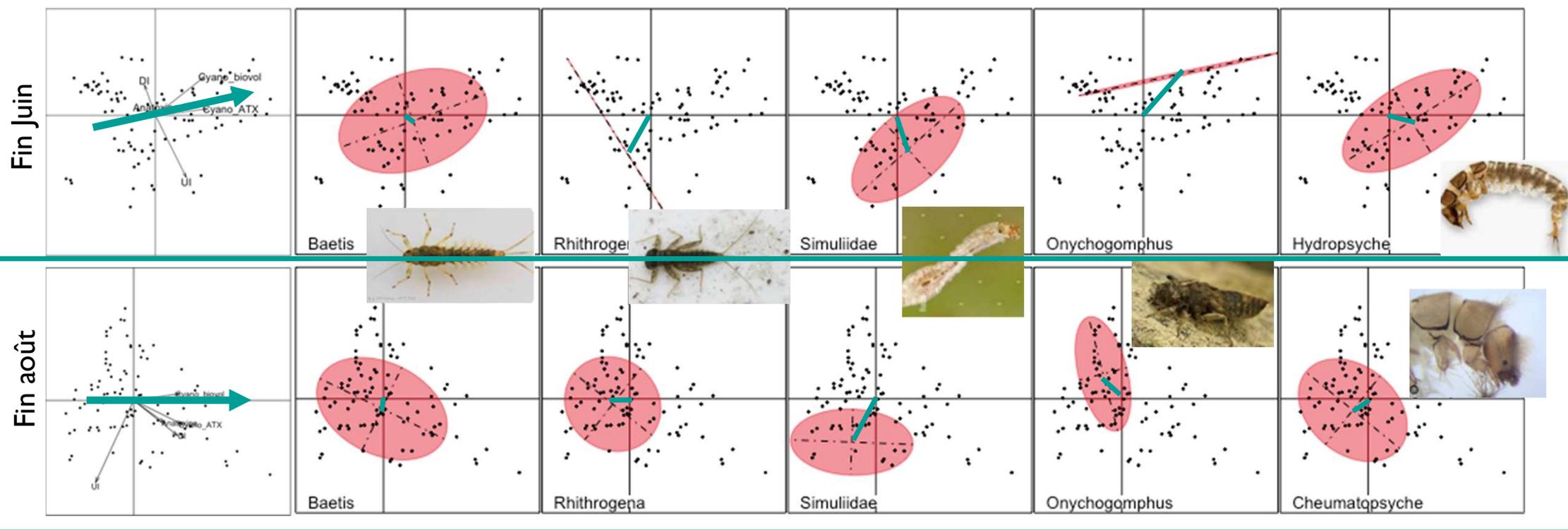
Début et fin d'été

180 échantillons



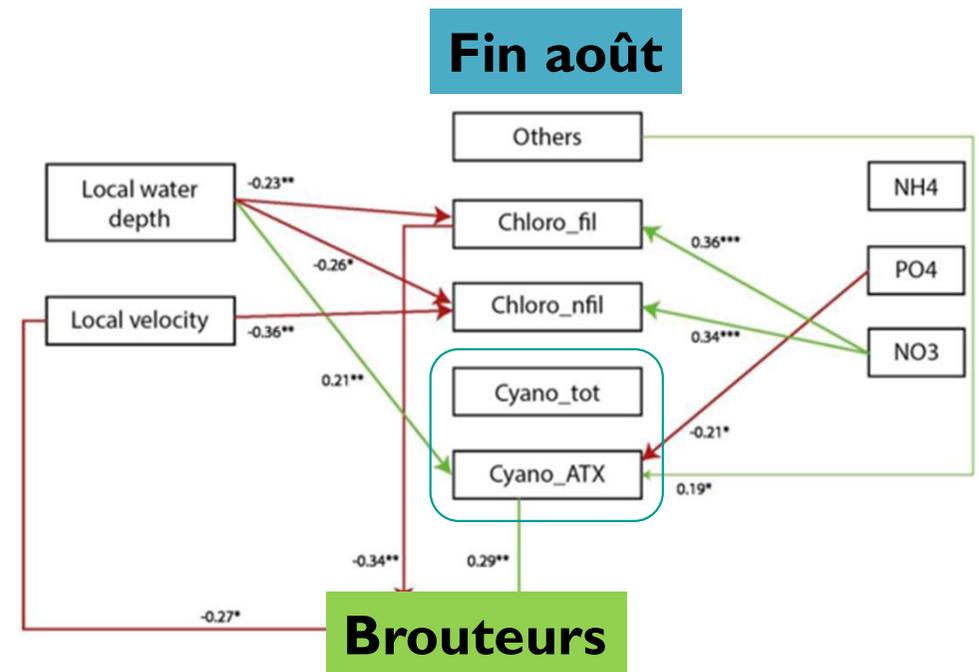
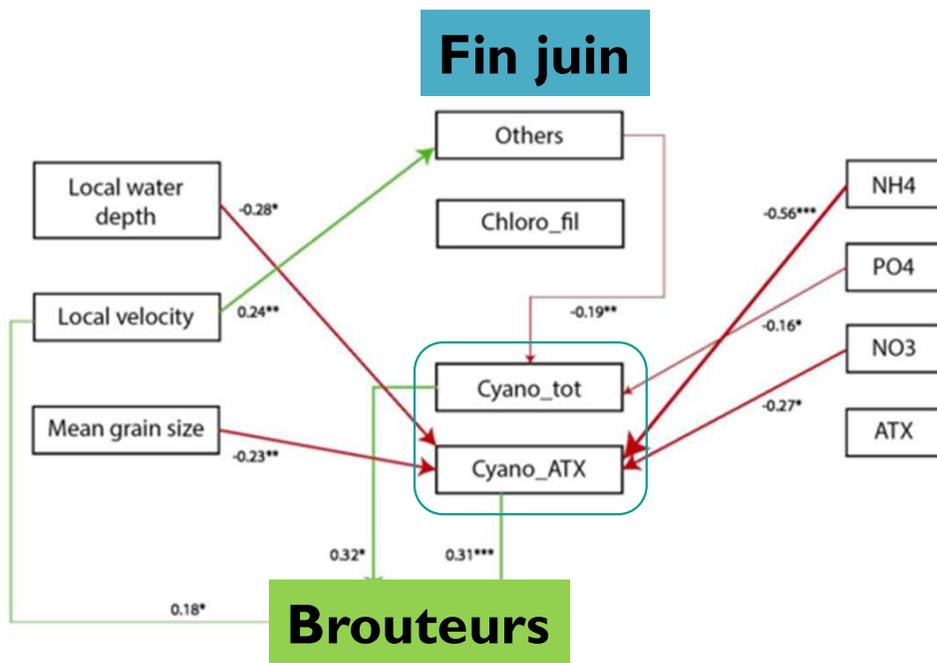
Résultats : Impact sur les macroinvertébrés benthiques

Niche

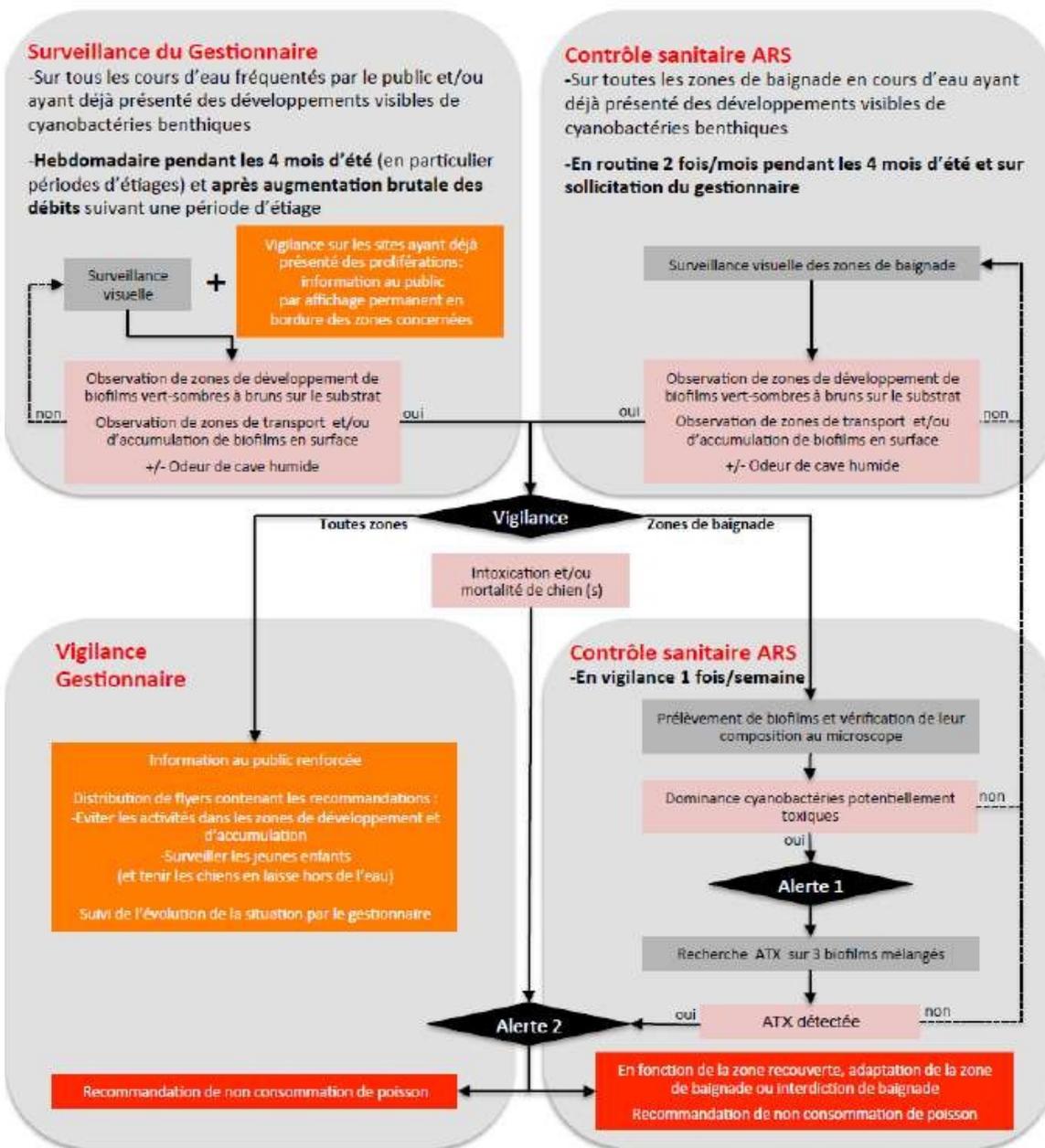


➔ Effet sur la structure des communautés en fin d'été

Résultats : Impact sur les macroinvertébrés benthiques



→ Influence >0 sur les brouteurs ?



mes opérationnelles

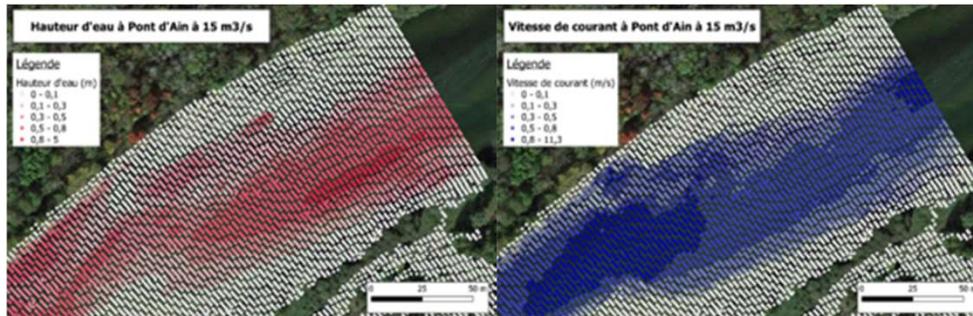
ière

Intérêt de mettre en place :

- **Un suivi de surveillance adapté**
- Une localisation des zones via le modèle 2D
- Des dosages d'anatoxine-a en priorité
- **Un plan de prévention des risques à mettre en œuvre si besoin**

IV. Synthèse et perspectives : Perspectives opérationnelles

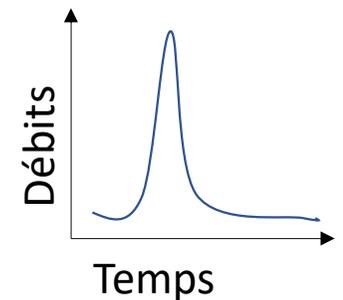
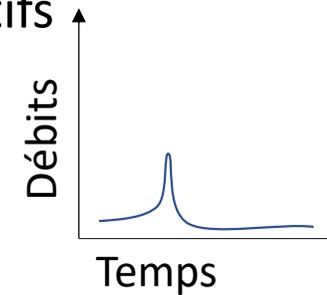
- Influence hydraulique et hydrologique majeure



- ➔ Veille de suivi des débits
- ➔ Suivis visuels cellule d'alerte

- Lâchers d'eau d'intensité insuffisante pour leurs objectifs

- Plan de prévention des **risques sanitaires**
- **Impacts sur les écosystèmes**



- Estimation des risques toxiques globaux -> **Présence de multiples toxines possible**

IV. Synthèse et perspectives : Perspectives de recherche

- **Exploration des processus de compétition au sein des biofilms**

- Compétition pour les ressources nutritives ?
- Relations allélopathiques ? (Kearns and Hunter, 2000)



- **Etude de la bioaccumulation de l'anatoxine-a dans le réseau trophique**



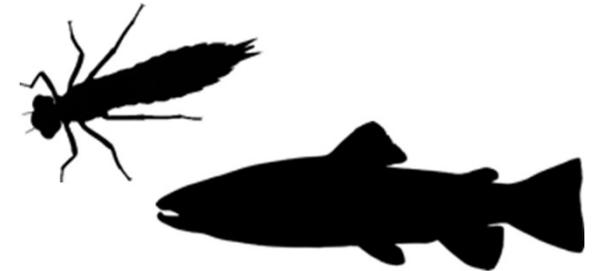
Biofilm à cyanobactéries productrices d'ATX

Broutage et transfert d'anatoxine-a



Consommateurs primaires

Transfert d'anatoxine-a



Consommateurs secondaires

ATX

Bioaccumulation ?

ATX

Production scientifique



Publication

Robichon C., Robin J. & Dolédec S. (2024) The relative contribution of hydraulics, physico-chemistry and other algal communities on benthic cyanobacteria communities: a case study in a regulated river. *Sciences of the Total Environment*, 872. doi:10.1016/j.scitotenv.2023.162142.

En préparation pour "Harmful algae"

Robichon C., Latour D., Perrière F., Dolédec S. & Robin J. (2023) Déterminism of anatoxin production in *Phormidium*-dominated biofilms of a regulated river (Ain, France).

Communications

Robichon C., Dolédec S., Latour D., Perrière F. & Robin J. (2022) Influence des conditions environnementales sur la toxicité potentielle des cyanobactéries benthiques en rivière. Communication orale, Cyanodays conference, Lyon (France).

Robichon C., Dolédec S. & Robin J. (2022) Vers une modélisation de l'abondance et de la toxicité des cyanobactéries benthiques en rivière régulée. Communication affichée, congrès international IS-Rivers, Lyon (France).



Café ZABR

Cyanobactéries benthiques : processus de développement en rivière

18 mars 2024

Évènement organisé par :



Avec le soutien de :



**MERCI
POUR VOTRE ATTENTION**



CAFÉ ZABR
ZA Zone Atelier
LT SER FRANCE BASSIN DU RHÔNE

