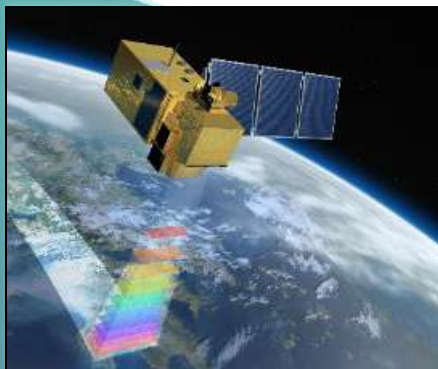


SURVEILLANCE ET ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DE LA QUALITÉ DES EAUX SUPERFICIELLES DES LACS DE VIRY-CHÂTILLON (2024)

réunion annuelle du 28-01-2025



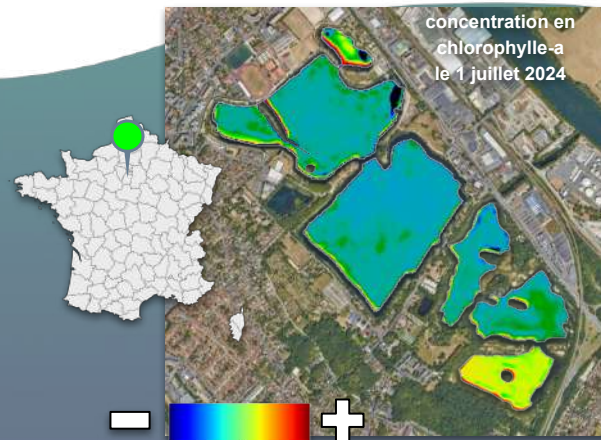
Commanditaire de l'étude :
Grand Orly Seine Bièvre

Responsables de l'étude :

*Lydwine Gross - Directrice Scientifique, Pixstart
Docteur en Mathématique et Télédétection*

*Loris Deirmendjian - Expert Milieu Aquatique, Pixstart
Docteur en Biogéochimie et Écosystèmes*

*Arthur Boucherie - Chargé de mission surveillance et analyse de
la qualité des milieux aquatiques, Pixstart*





**Vue d'ensemble du
projet
(objectifs etc..)**



**Déroulement
&
Livrables**



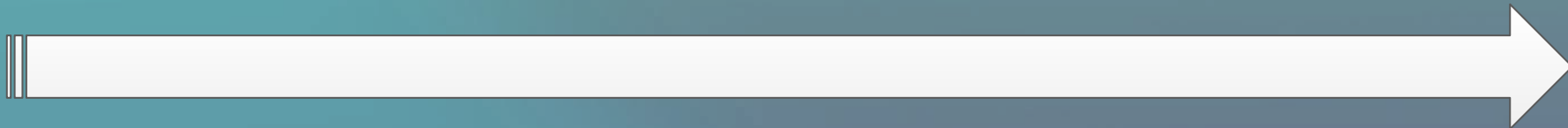
**Waterwatch -
Surveillance et
Analyse de la
dynamique de la
qualité de l'eau**



**Prédiction des
blooms de
cyanobactéries**

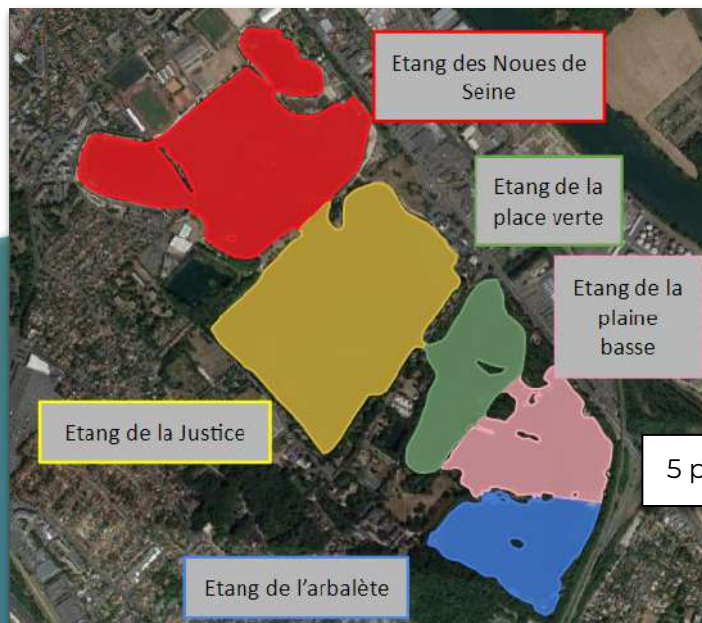


**Conclusions
&
Prochaines étapes**



Objectifs principal

- **Surveiller** la qualité de l'eau des cinq lacs de Viry-Châtillon en 2024 => **alerte préventive**
- Mieux **comprendre** la dynamique saisonnière et spatiale des processus hydro-biogéochimique en jeux => **connaissance**
- **Proposer des solutions** adaptées pour améliorer la gestion écologique => **actions**



5 plans d'eau en surveillance

 Objectifs principal

- Surveiller la qualité de l'eau des cinq lacs de Viry-Châtillon en 2024 => alerte
- Mieux comprendre la dynamique saisonnière et spatiale des processus hydro-biogéochimique en jeux => connaissance
- Proposer des solutions adaptées pour améliorer la gestion écologique => actions

 Pourquoi ?

- ♦ **Problème** : ENS + ZIE, mais eutrophisation chronique depuis les années 1990
- ♦ **Causes** : Apports excessifs de nitrates et phosphates issus des ruissellements urbains + peu de renouvellement de l'eau + peu profonds
- ♦ **Conséquences** : Prolifération de plantes aquatiques et cyanobactéries, envasement, dégradation des services écosystémiques

Objectifs principal

- Surveiller la qualité de l'eau des cinq lacs de Viry-Châtillon en 2024 => alerte
- Mieux comprendre la dynamique saisonnière et spatiale des processus hydro-biogéochimique en jeux => connaissance
- Proposer des solutions adaptées pour améliorer la gestion écologique => actions

? Pourquoi ?

- ◆ Problème : ENS + ZIE, mais eutrophisation chronique depuis les années 1990
- ◆ Causes : Apports excessifs de nitrates et phosphates issus des ruissellements urbains + peu de renouvellement de l'eau + peu profonds
- ◆ Conséquences : Prolifération de plantes aquatiques et cyanobactéries, envasement, dégradation des services écosystémiques

Comment ?

- ✓ **Imagerie satellitaire** de certains paramètres de la qualité de l'eau permettant une vision globale et intégrée de la qualité de l'eau
- ✓ Complété par des **mesures in situ**
- ✓ Complété par des **données complémentaires** open source

chlorophylle-a



Mesures satellitaires

Mesures in situ

Juin-Nov
entérocoques +
E.Coli + 14
autres
paramètres



Données complémentaires



Météo Géologie Hydrologie Autres

 Objectifs principal

- Surveiller la qualité de l'eau des cinq lacs de Viry-Châtillon en 2024 => alerte
- Mieux comprendre la dynamique saisonnière et spatiale des processus hydro-biogéochimique en jeux => connaissance
- Proposer des solutions adaptées pour améliorer la gestion écologique => actions

 Pourquoi ?

- ◆ Problème : ENS + ZIE, mais eutrophisation chronique depuis les années 1990
- ◆ Causes : Apports excessifs de nitrates et phosphates issus des ruissellements urbains + peu de renouvellement de l'eau + peu profonds
- ◆ Conséquences : Prolifération de plantes aquatiques et cyanobactéries, envasement, dégradation des services écosystémiques

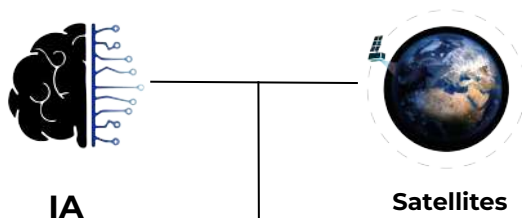
 Comment ?

- ✓ Imagerie satellitaire de certains paramètres de la qualité de l'eau permettant une vision globale et intégrée de la qualité de l'eau
- ✓ Complété par des mesures in situ
- ✓ Complété par des données complémentaires open source

 Parties prenantes

- ◆ **Grand Orly Seine Bièvre** → Mandataire du projet
- ◆ **Pixstart** → Réalisation du projet
- ◆ **Phytocontrol** → Prélèvements in situ





1

Les paramètres mesurés point à point dans les eaux de surface

- **Chlorophylle-a** : phytoplancton,
- **Phycocyanine** : cyanobactéries
- **Matières en suspension** : dynamique sédimentaire
- **Profondeur de Secchi** : couche euphotique



chlorophylle-a



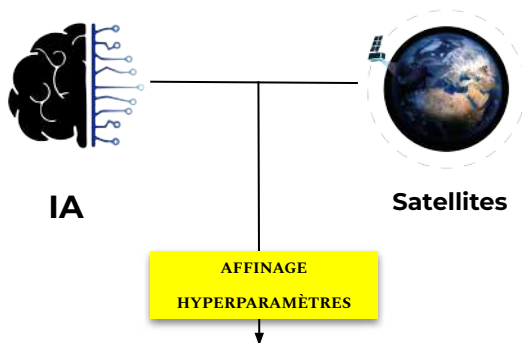
phycocyanine



matières en
suspension



Secchi



1

Les paramètres mesurés point à point dans les eaux de surface

- **Chlorophylle-a** : phytoplancton,
- **Phycocyanine** : cyanobactéries
- **Matières en suspension** : dynamique sédimentaire
- **Profondeur de Secchi** : couche euphotique



chlorophylle-a



phycocyanine

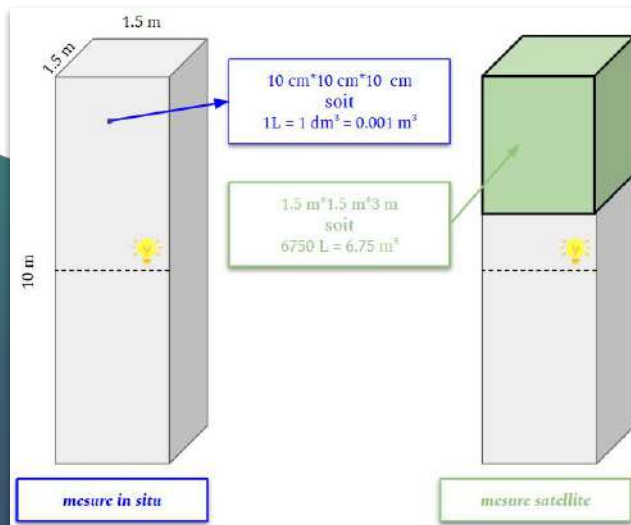


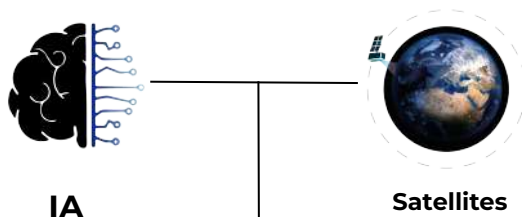
matières en
suspension



Secchi

- **✓ Mesures cartographiques haute résolution** – Acquisition d'images satellitaires détaillées pour une analyse fine des plans d'eau.
- **✓ Résolution horizontale : 1,5 m × 1,5 m (2,25 m²)** – Une grille d'observation précise permettant de capturer les variations spatiales.
- **✓ Résolution verticale** : moyenne de la couche éclairée – Intégration des paramètres optiques pour une représentation fidèle des conditions en surface.





AFFINAGE
HYPERPARAMÈTRES

1

Les paramètres mesurés point à point dans les eaux de surface

- **Chlorophylle-a** : phytoplancton,
- **Phycocyanine** : cyanobactéries
- **Matières en suspension** : dynamique sédimentaire
- **Profondeur de Secchi** : couche euphotique



chlorophylle-a



phycocyanine



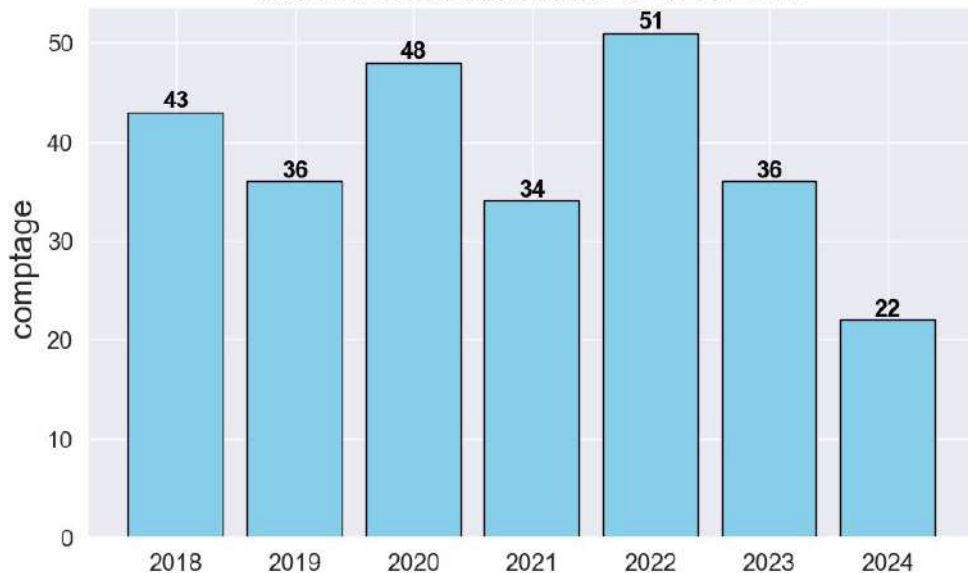
matières en
suspension

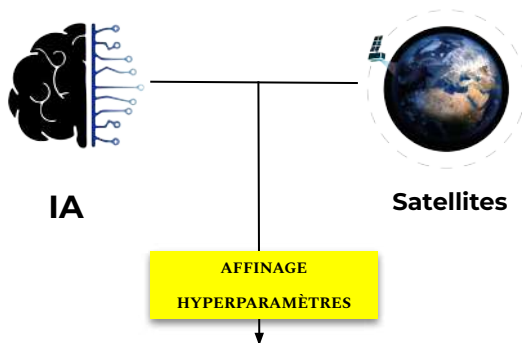


Secchi

- **✓ Fréquence des mesures adaptées aux dynamiques du lac** – Un suivi régulier avec des observations hebdomadaires à bimensuelles.
- **✓ Entre 25 et 55 mesures par an** – Une couverture temporelle permettant d'analyser les évolutions saisonnières et interannuelles.

nombre mesure/an NOUES DE SEINE





1

Les paramètres mesurés point à point dans les eaux de surface

- **Chlorophylle-a** : phytoplancton,
- **Phycocyanine** : cyanobactéries
- **Matières en suspension** : dynamique sédimentaire
- **Profondeur de Secchi** : couche euphotique



chlorophylle-a



phycocyanine

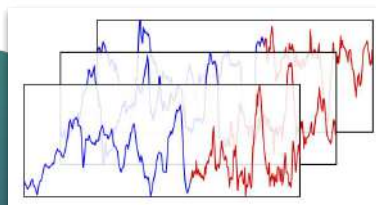


matières en
suspension

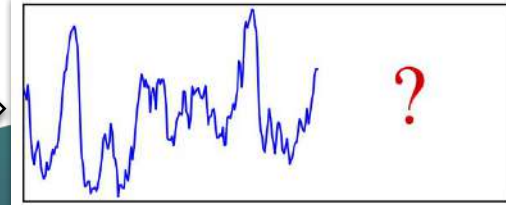


Secchi

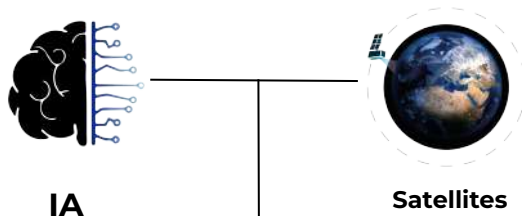
- **✓ Archivage des mesures satellitaires depuis 2017** – Une base de données complète pour suivre l'évolution des paramètres environnementaux des lacs.
- **✓ Analyses rétrospectives** – Étude des tendances passées pour mieux comprendre les variations saisonnières et interannuelles.
- **✓ Jeu de données structuré pour les analyses statistiques** – Exploitable pour des analyses descriptives (moyennes, tendances) et prédictives (modélisation des évolutions futures).



Différentes **observations passées** et
futures qui en a découlé



Quel futur pour les
nouvelles observations



CONTRÔLE QUALITÉ

1

Les paramètres mesurés point à point dans les eaux de surface

- **Chlorophylle-a** : phytoplancton,
- **Phycocyanine** : cyanobactéries
- **Matières en suspension** : dynamique sédimentaire
- **Profondeur de Secchi** : couche euphotique



chlorophylle-a



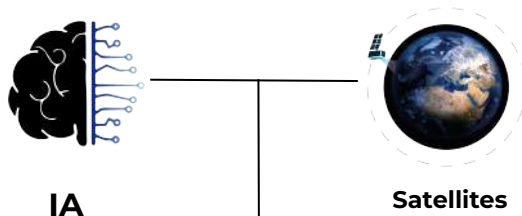
phycocyanine



matières en
suspension



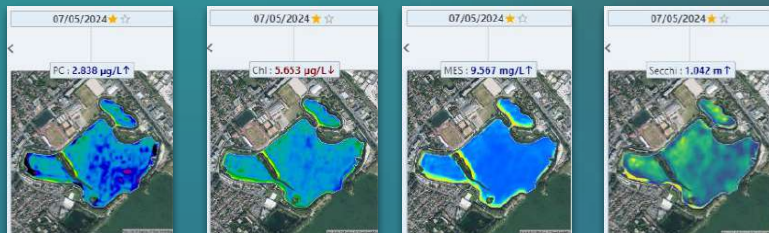
Secchi



1

Les paramètres mesurés point à point dans les eaux de surface

- **Chlorophylle-a** : phytoplancton,
- **Phycocyanine** : cyanobactéries
- **Matières en suspension** : dynamique sédimentaire
- **Profondeur de Secchi** : couche euphotique



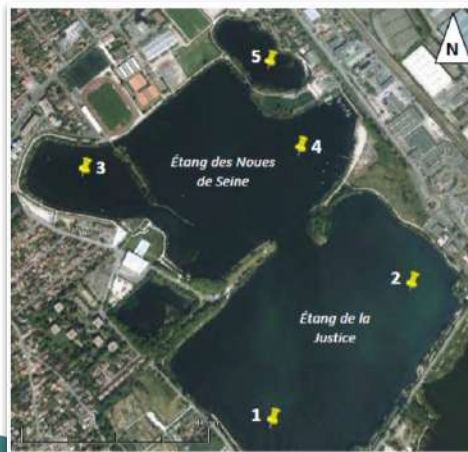
chlorophylle-a

phycocyanine

matières en
suspension

Secchi

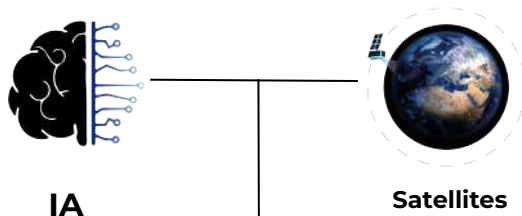
CONTRÔLE QUALITÉ



ON COMPARE LA MESURE IN SITU ET LA MESURE
SATELLITAIRE DANS LE POINT ROUGE POUR
CHAQUE DATE DE MESURE IN SITU
SÉLECTIONNÉE
=> UN MATCHUP

Par exemple le 01-07-2024 :

- **satellite** = 72 µg/L (chl-a)
- **in situ** = 75 µg/L (chl-a)



AFFINAGE
HYPERPARAMÈTRES

CONTRÔLE QUALITÉ

1

Les paramètres mesurés point à point dans les eaux de surface

- **Chlorophylle-a** : phytoplancton,
- **Phycocyanine** : cyanobactéries
- **Matières en suspension** : dynamique sédimentaire
- **Profondeur de Secchi** : couche euphotique



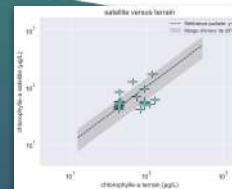
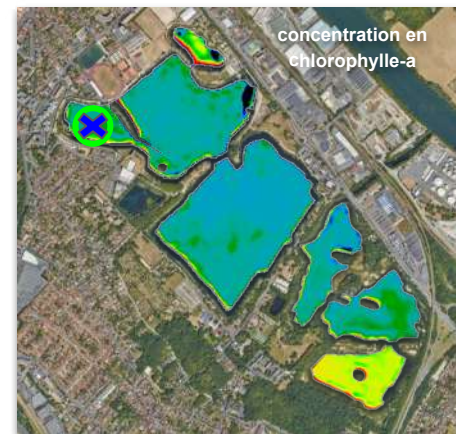
chlorophylle-a

phycocyanine

matières en
suspension

Secchi

- 3 prélèvements par mois entre Juin et Novembre
- informations essentielles sur la toxicité liée à E Coli et entérocoques



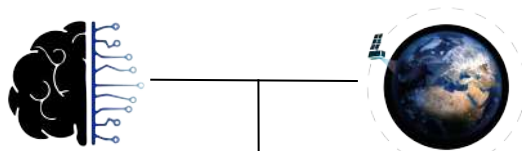
ON COMPARE LA MESURE IN SITU ET LA MESURE
SATELLITAIRE DANS LE POINT ROUGE POUR
CHAQUE DATE DE MESURE IN SITU
SÉLECTIONNÉE
=> UN MATCHUP

graphiques de validation



Par exemple le 01-07-2024 :

- satellite = 72 µg/L (chl-a)
- in situ = 75 µg/L (chl-a)



IA

Satellites

AFFINAGE
HYPERPARAMÈTRES

CONTRÔLE QUALITÉ

1

Les paramètres mesurés point à point dans les eaux de surface

- **Chlorophylle-a** : phytoplancton,
- **Phycocyanine** : cyanobactéries
- **Matières en suspension** : dynamique sédimentaire
- **Profondeur de Secchi** : couche euphotique



chlorophylle-a



phycocyanine



matières en
suspension



Secchi

2

Mesures in situ

- 3 prélèvements par mois entre Juin et Novembre
- informations essentielles sur la toxicité liée à E Coli et entérocoques

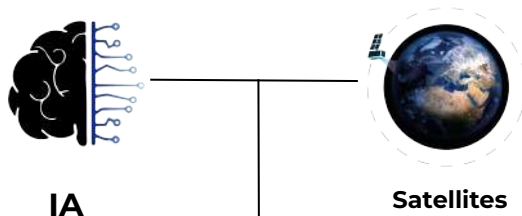
CENTRALISATION
DATA ANNEXES

3

Récupération des mesures complémentaires

- **base de données copernicus** (température, vitesse du vent en moyenne au dessus des plans d'eau)
- **base de données météoFrance** (température moyenne, minimale et maximales, pluviométrie, insolation, vitesse du vent et rafales)
- **base de données banque hydro** (débit)
- **base de données ADES** (hauteur d'eau)





AFFINAGE
HYPERPARAMÈTRES

1

Les paramètres mesurés point à point dans les eaux de surface

- **Chlorophylle-a** : phytoplancton,
- **Phycocyanine** : cyanobactéries
- **Matières en suspension** : dynamique sédimentaire
- **Profondeur de Secchi** : couche euphotique



chlorophylle-a



phycocyanine



matières en
suspension



Secchi

2

Mesures in situ

- 3 prélèvements par mois entre Juin et Novembre
- informations essentielles sur la toxicité liée à E Coli et entérocoques

CENTRALISATION
DATA ANNEXES

3

Récupération des mesures complémentaires

- **base de données copernicus** (température, vitesse du vent en moyenne au dessus des plans d'eau)
- **base de données météoFrance** (température moyenne, minimale et maximales, pluviométrie, insolation, vitesse du vent et rafales)
- **base de données banque hydro** (débit)
- **base de données ADES** (hauteur d'eau)



4

En cours d'année

- remontée clients mensuel
 - alerte satellite
 - alerte in situ
- réunions avancements
 - interprétations des résultats

5

Fin d'année

- Bilan annuel
 - slides/réunions
 - rapport scientifique

SUIVI CLIENT

ALERTES

INTERPRÉTATIONS/COMPRÉHENSION

CONTRÔLE QUALITÉ



L'outil de suivi des eaux de surface

Email *

loris.deirmendjian+sever

Mot de passe *

VALIDER

[Mot de passe oublié](#)



Email*
loris.deirmendjian+seve

Mot de passe*

VALIDER

[Mot de passe oublié](#)

Accès à l'application Waterwatch
www.waterwatch.pixstart.io



phycocyanine



chlorophylle-a

Mesures
cartographiques
de l'**ensemble**
des paramètres
chaque jour de
mesure possible



transparence



matières en
suspension



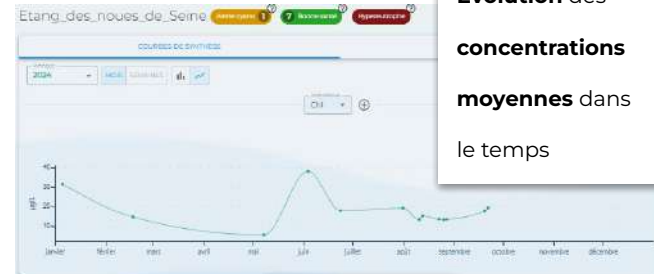
Email*
loris.deirmendjian+sever

Mot de passe*

VALIDER

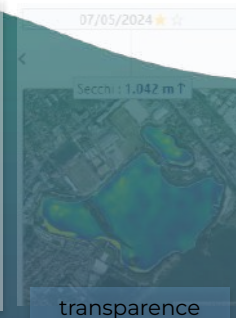
[Mot de passe oublié](#)

Accès à l'application Waterwatch
www.waterwatch.pixstart.io



Evolution des
concentrations
moyennes dans
le temps

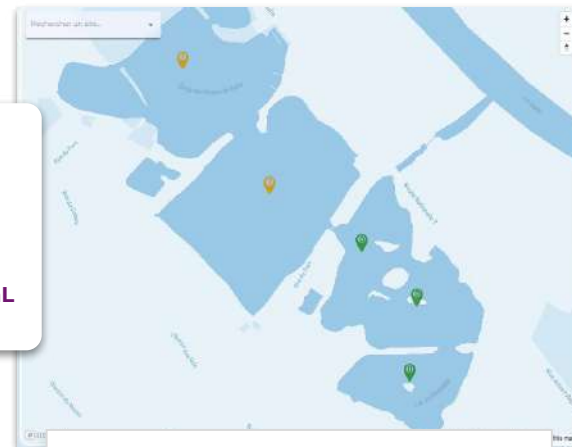
Mesures
cartographiques
de l'**ensemble**
des **paramètres**
chaque jour de
mesure possible



Alerte cyanobactéries => satellite

- ❑ **Niveau 0** : Pas d'alerte, concentration < à 20 000 cellules/mL.
- ❑ **Niveau 1** : Premier niveau de vigilance, concentration comprise entre 20 000 et 100 000 cellules/mL.
- ❑ **Niveau 2** : Niveau d'alerte, risque de toxines, concentration > 100 000 cellules/mL.
- ❑ **Niveau 3** : Niveau maximal, risque de toxine élevé, "méga bloom", concentration > 1 000 000 cellules/mL

Alerte E. coli+entérocoques => in situ



Système d'alerte en vue cartographique



ACCREDITATION
COFRAC N°1-6066
portée disponible sur
www.cofrac.fr



PIXSTART
Richard BARRE
10 RUE LABEDA
31100 TOULOUSE

RAPPORT D'ANALYSES N° R24159600_V0
Date 21/08/2024
Page 1/4

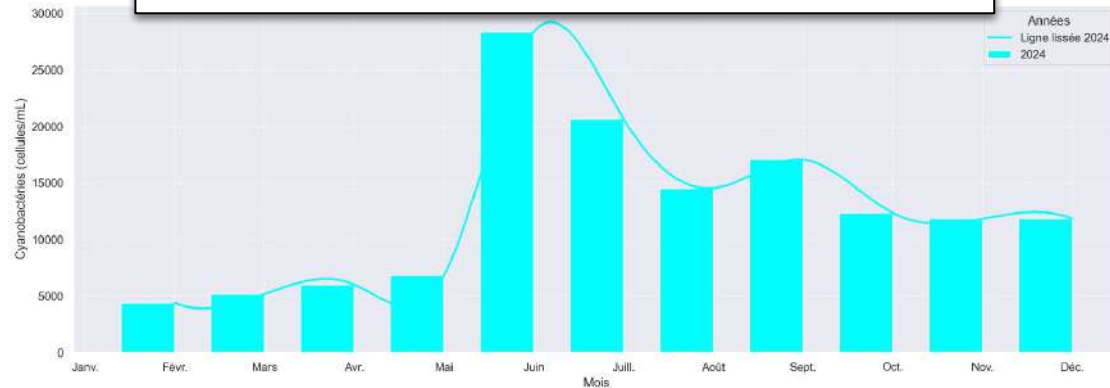
Référence laboratoire
Données fournies par le client

24/1-159600
Nom du point de prélèvement : 46605 - ETANG AMIRAL
MERVEILLEUX DU VIGNAUX
Localisation : VIRY CHATILLON
Code du lieu de prélèvement : 46605 - ETANG AMIRAL
MERVEILLEUX DU VIGNAUX
Type de prélèvement : Ponctuel

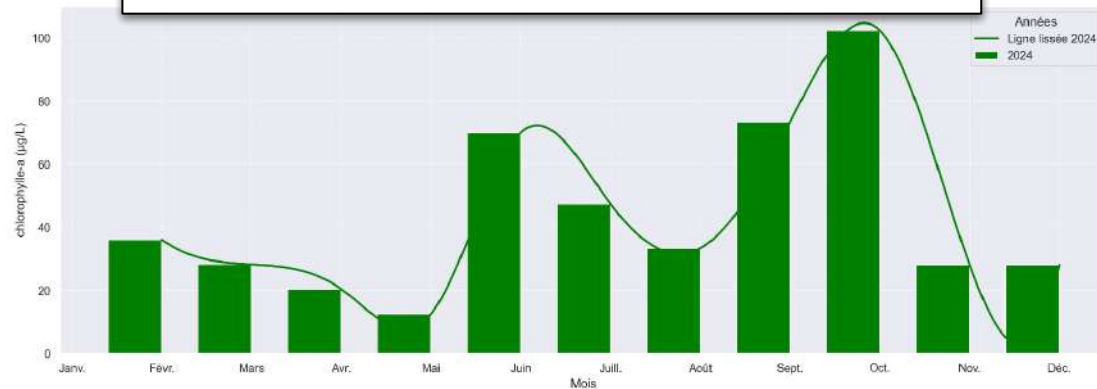
Lieu de prélèvement : Lacs de Viry-Châtillon 15 Av. du Général de
Gaulle 91170 VIRY CHATILLON
Point de prélèvement :
Alias compta :

- Actions possibles
 - mesures complémentaires in situ
 - ouverture des vannes, effet chasse d'eau
 - information des usagers en temps voulu

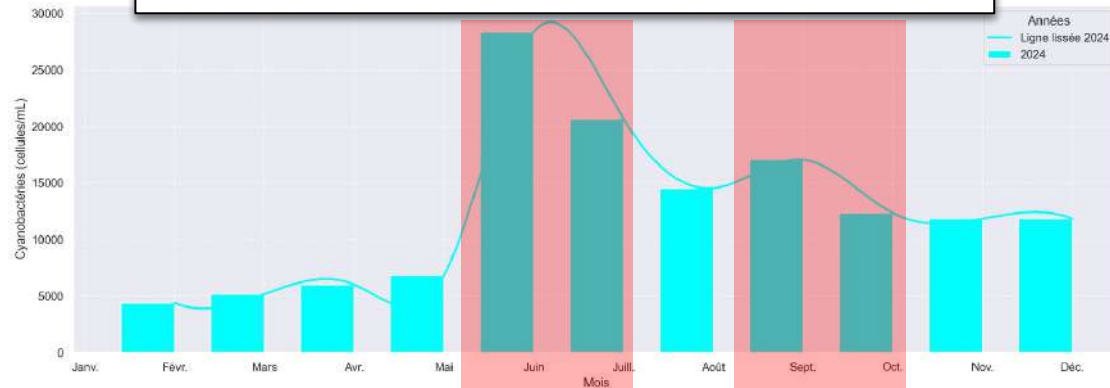
Evolution mensuelle des cyanobactéries en 2024 dans l'étang de Noues de Seine



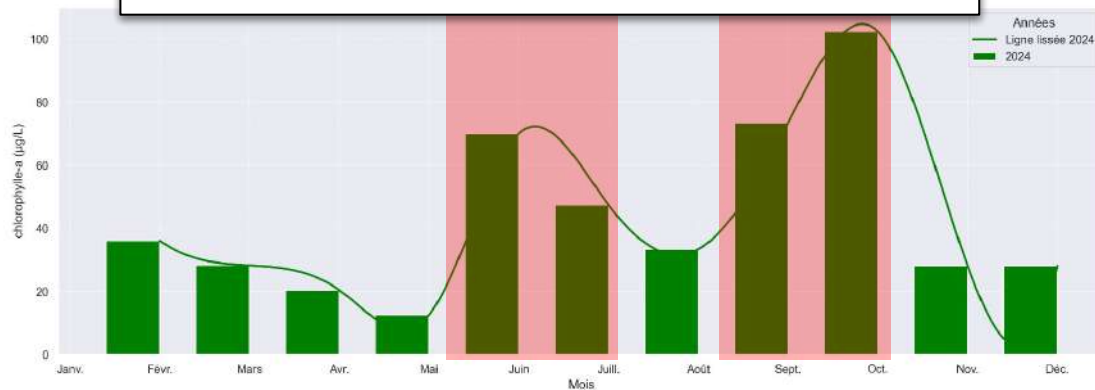
Evolution mensuelle de la chlorophylle-a en 2024 dans l'étang de Noues de Seine



Evolution mensuelle des cyanobactéries en 2024 dans l'étang de Noues de Seine



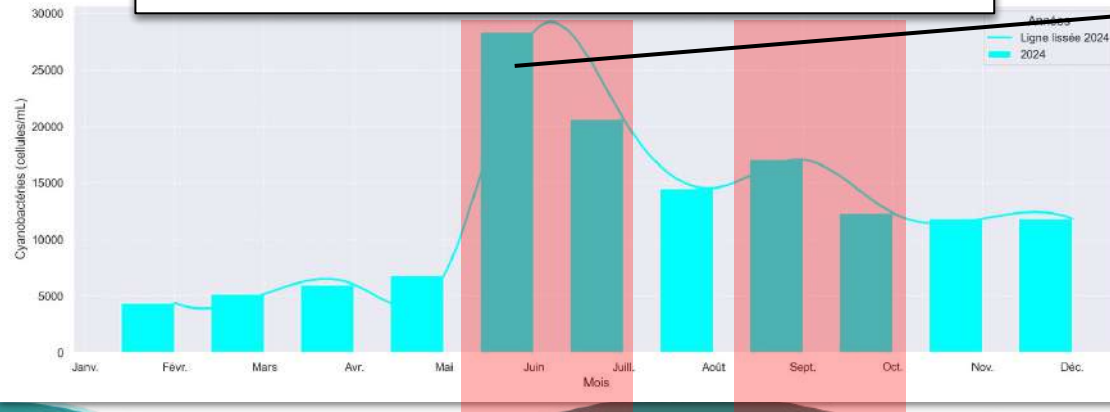
Evolution mensuelle de la chlorophylle-a en 2024 dans l'étang de Noues de Seine



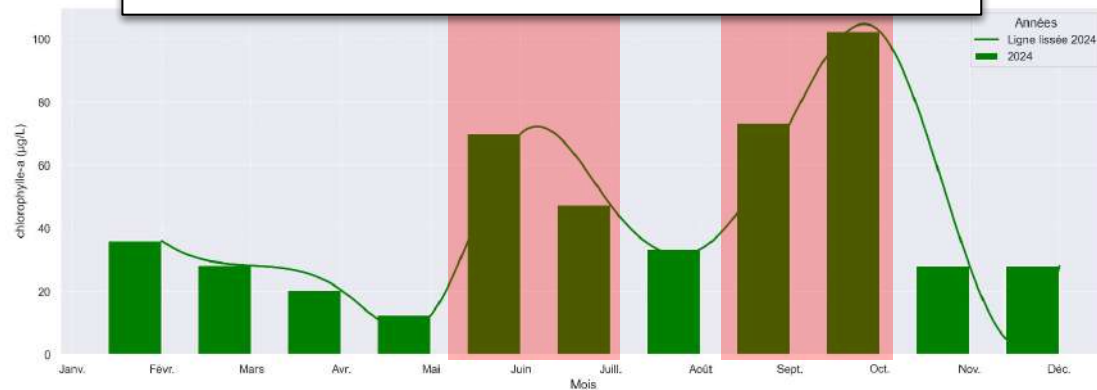
Périodes critiques pour le développement algal

- **Juin-Juillet** : Conditions optimales → Températures élevées, ensoleillement fort, nutriments disponibles → Croissance maximale des algues.
- **Juillet-Août** : Baisse de la production → Consommation des nutriments, compétition entre espèces, stratification de l'eau (moins de mélange, épuisement en surface).
- **Septembre-Octobre** : Deuxième pic → Pluies, brassage de l'eau, remontée des nutriments, températures encore favorables → Nouveau développement algal.

Evolution mensuelle des cyanobactéries en 2024 dans l'étang de Noues de Seine



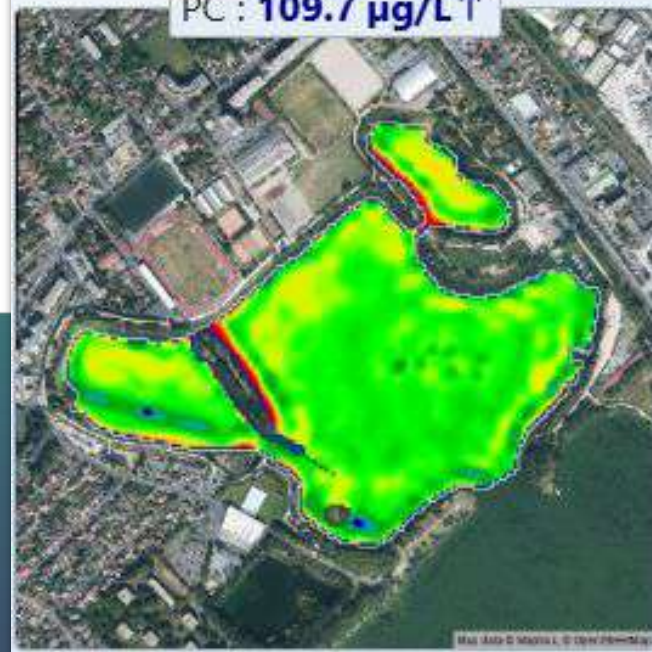
Evolution mensuelle de la chlorophylle-a en 2024 dans l'étang de Noues de Seine



03/06/2024 ★★

Indicateur
PC

PC : 109.7 µg/L ↑



Base de données des cyanobactéries (2017-2024)

Base de données climatique (2017-2024)

Lissage des données sur 15 jours (éliminer le bruit et capturer les tendances)

Machine Learning - choix de variables explicatives

Machine Learning - choix du meilleur modèle statistiques

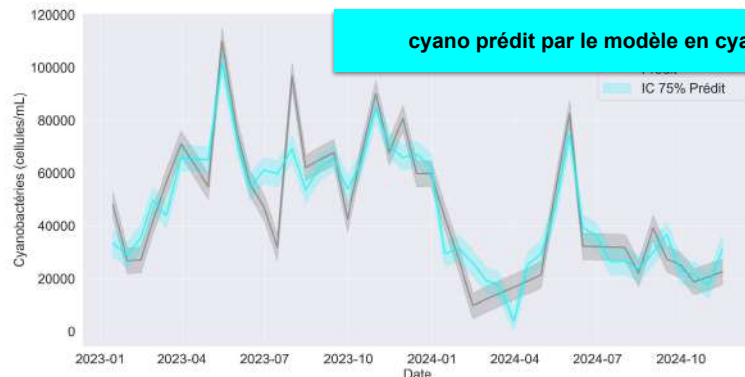
✅ **Modèle prédictif fiable** → Il explique **80% des variations** des cyanobactéries ($R^2 = 0.8$).

📊 **Basé sur 3 facteurs clés :**

- **Vent** 🌬️ → **Remet en suspension** les cyanobactéries et les **nutriments** stockés dans les sédiments, favorisant leur développement.
- **Insolation** ☀️ → **Augmente la photosynthèse**, fournissant l'énergie nécessaire à leur prolifération.
- **Température** 🌡️ → **Renforce la stabilité thermique**, limite le mélange vertical et crée des conditions favorables aux espèces flottantes comme les cyanobactéries.

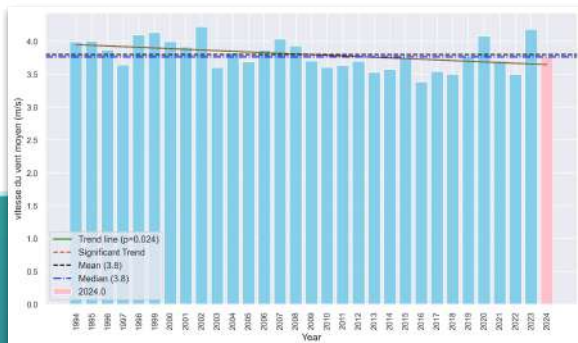
ciano mesuré par satellite en gris

ciano prédit par le modèle en cyan

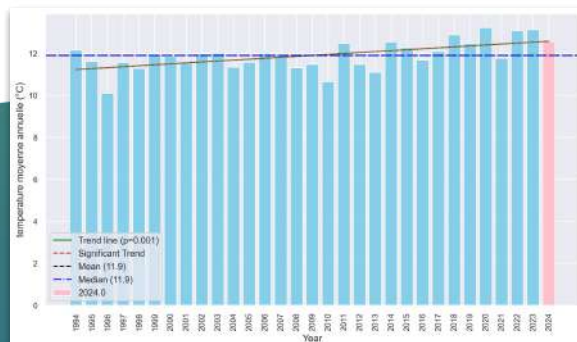


La concentration en cyanobactéries dans Noues de Seine est prédite par la vitesse du vent (+), la durée d'insolation (+) et la température de l'air (+)

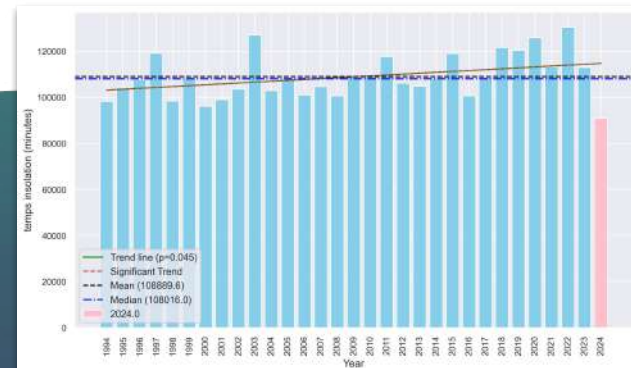
Quels sont l'évolution de ces variables climatiques sur les 30 dernières années dans votre région ? (station météo Orly)



tendance à la baisse de la vitesse du vent



tendance à la hausse de la température de l'air



tendance à la hausse de la durée d'insolation

Base de données des cyanobactéries (2017-2024)

Base de données climatique (2017-2024)

Lissage des données sur 15 jours (éliminer le bruit et capturer les tendances)

Machine Learning - choix de variables explicatives

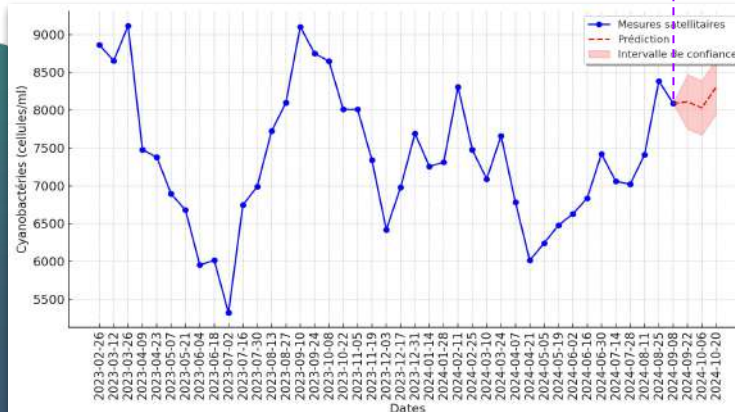
Machine Learning - choix du meilleur modèle statistiques

prévisions
Météo



AVANTAGES

- Permet d'avoir **des données toute l'année** même en l'absence de mesures satellitaires de la qualité de l'eau
- Permet d'anticiper les **pics de chlorophylle-a** et les tendances générales des cyanobactéries et de mieux gérer les risques de proliférations.
- Constitue un **outil décisionnel** pour orienter efficacement les stratégies de gestion.
- Favorise une **surveillance proactive** et optimise les interventions sur le terrain.



★ **Waterwatch** : deux piliers complémentaires

- Mesures satellitaires
- Mesures in situ

★ **Objectifs**

- Surveiller la qualité de l'eau des 5 lacs (alerte préventive).
- Comprendre la dynamique hydro-biogéochimique (connaissance).
- Proposer des solutions adaptées (actions).

★ **Livable 2024**

- Rapport scientifique annuel – Mars 2025.

★ **Évolution 2025**

- Généralisation et opérationnalisation de la prédiction des cyanobactéries avec les prévisions météorologiques

Contacts opérationnels

Loris DEIRMENDJIAN

Expert Milieu Aquatique

Docteur en Biogéochimie et Écosystèmes

loris.deirmendjian@pixstart.io

Arthur BOUCHERIE

*Chargé de mission surveillance et analyse
de la qualité des milieux aquatiques*

arthur.boucherie@pixstart.io

Contacts commerciaux

Romane SCHNELL

Responsable Commerciale Waterwatch

romane.schnell@pixstart.io

Richard BARRÉ

Directeur commercial Pixstart

richard.barre@pixstart.io