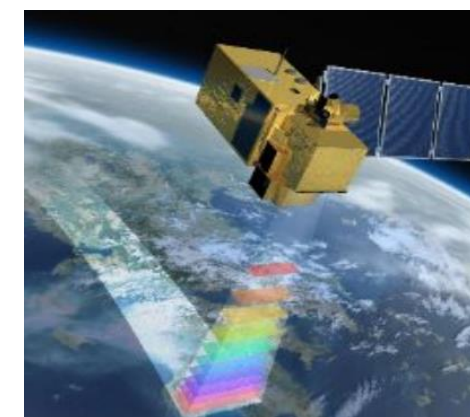
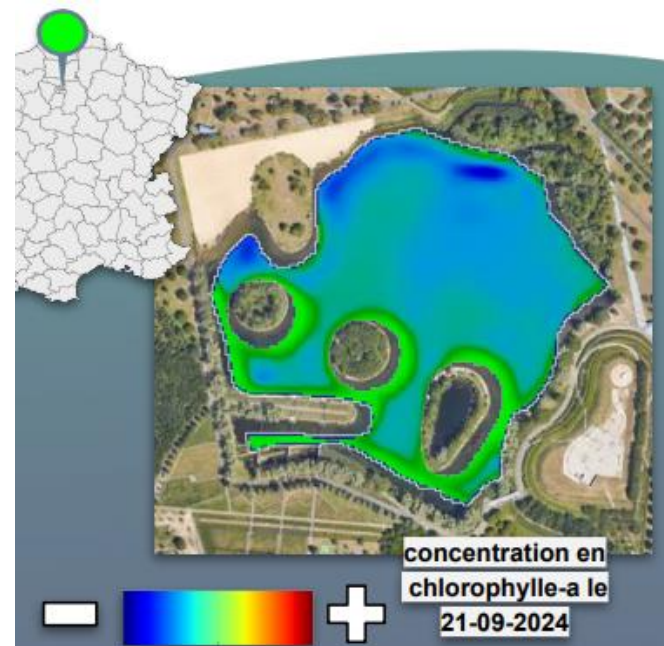
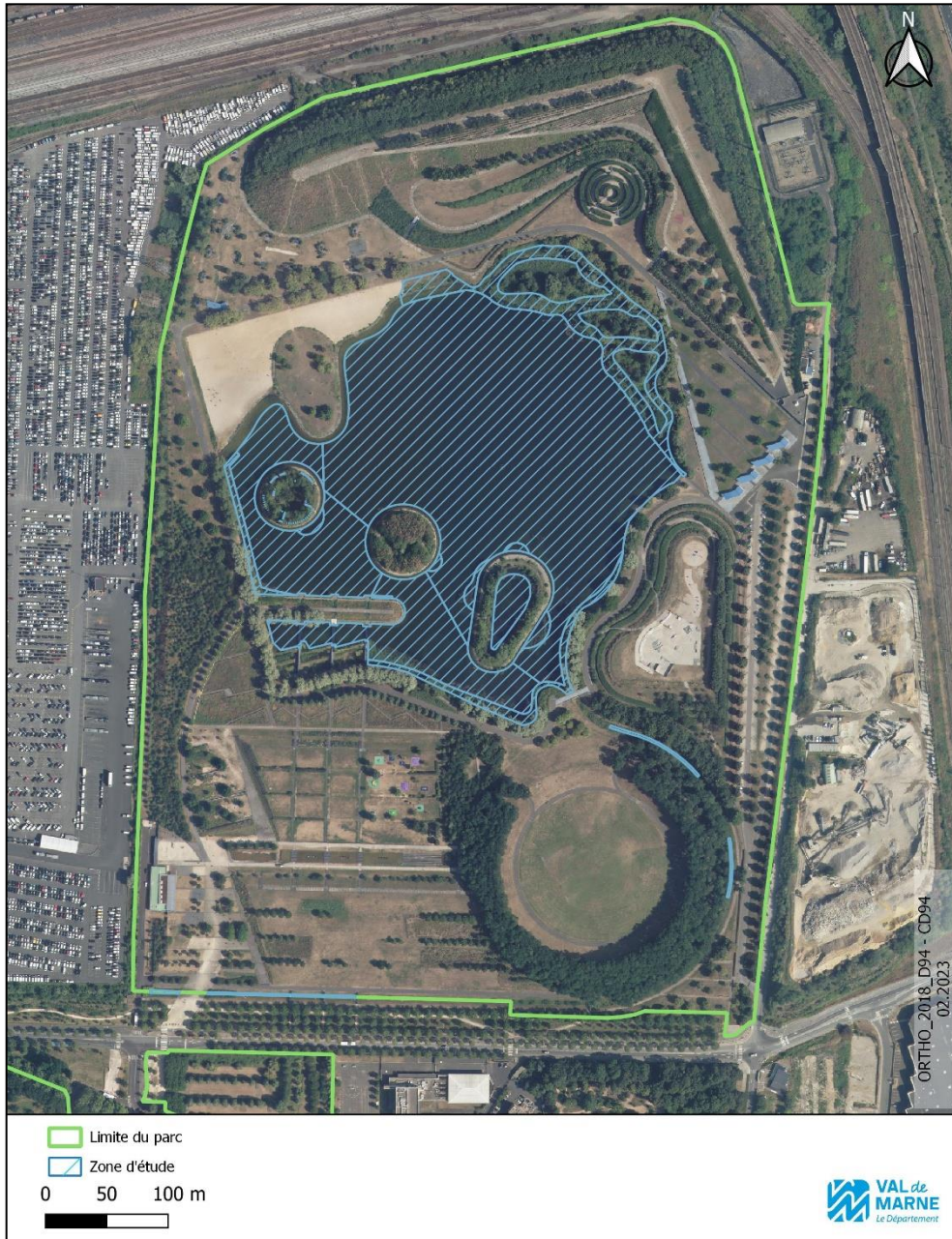


04.06.2026

Données satellitaires et IA pour le suivi hydrologique : le suivi du lac de la Plage Bleue

Pixstart – Outil Waterwatch





ENS du parc de la Plage-Bleue

Commune : Valenton

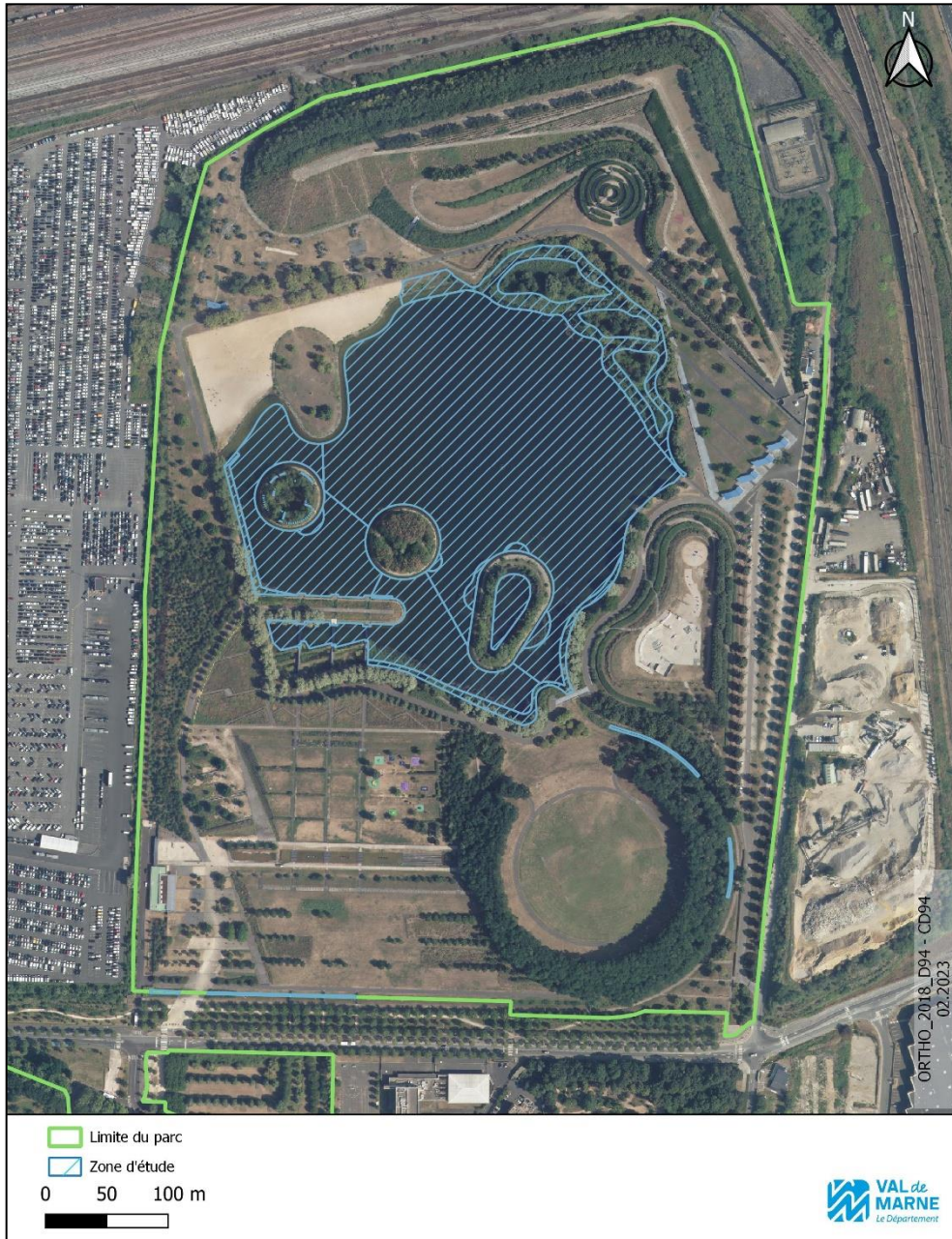
Surface : environ 40ha

Enjeux écologiques forts : ZNIEFF, plan d'eau, oiseaux

Fréquentation élevée

Plan d'eau : environ 8 ha

Ancienne sablière



ENS du parc de la Plage-Bleue

Commune : Valenton

Surface : environ 40ha

Enjeux écologiques forts : ZNIEFF, plan d'eau, oiseaux

Fréquentation élevée



Sterna pierregarin

Grèbe castagneux

Blongios nain

Martin pêcheur

? Pourquoi ?

- ◆ **Problématique** : Eutrophisation chronique, mortalité piscicole/anoxie en 2021 et 2022
- ◆ **Limites actuelles** : Le suivi in situ est localisé, ne couvrant pas l'ensemble du plan d'eau, et ne permet pas d'anticiper les périodes à risque ni de comprendre l'origine des phénomènes.

Etude écologique in situ en 2023 par le bureau d'étude ICEMA :

- Compréhension du fonctionnement du plan d'eau
- Etat de santé du plan d'eau
- Causes des mortalité partiellement identifiées
- Plan d'actions à mettre en place : **action d'acquisition de connaissance via l'outil Waterwatch**



Mortalité piscicole 2022





Diagnostic
écologique et étude
de solutions pour la
restauration du plan
d'eau du Parc
Départemental de la
Plage-Bleue
(Valenton)

Rapport d'étude
Version 5 - Janvier 2024



14, rue Claude Bernard - 93000 Saint-Martin
Tél. : 01 99 82 85 24 - accueil@icema.fr
www.icema.fr

Contractualisation CD94 - Pixstart

- **Outil de surveillance de la qualité de l'eau basé sur la télédétection (Sentinel-2)**
- **Depuis 2024** : 10k€ en 2024, 7500€ en 2025, 7500€ en 2026
- Etude de l'imagerie satellite de 3 années historiques : 2021, 2022 et 2023
- Surveillance tout au long de l'année du plan d'eau
- Plusieurs réunions annuelles et bilans mensuels.
- DAQUAMA associée à chaque réunion et compte-rendu.
- Accompagnement Pixstart :
 - Loris Deirmendjian – *Docteur en Biogéochimie et Ecosystèmes*
 - Arthur Boucherie – *Chargé de mission surveillance et analyse de la qualité des milieux aquatiques*





Problématique :
 Risque de dégradation
 de la qualité de l'eau,
 Eutrophisation,
 mortalité piscicole

1. Quand ?
2. Où ?
3. Pourquoi ?
4. Peut-on le prédire ?

Améliorer les connaissances

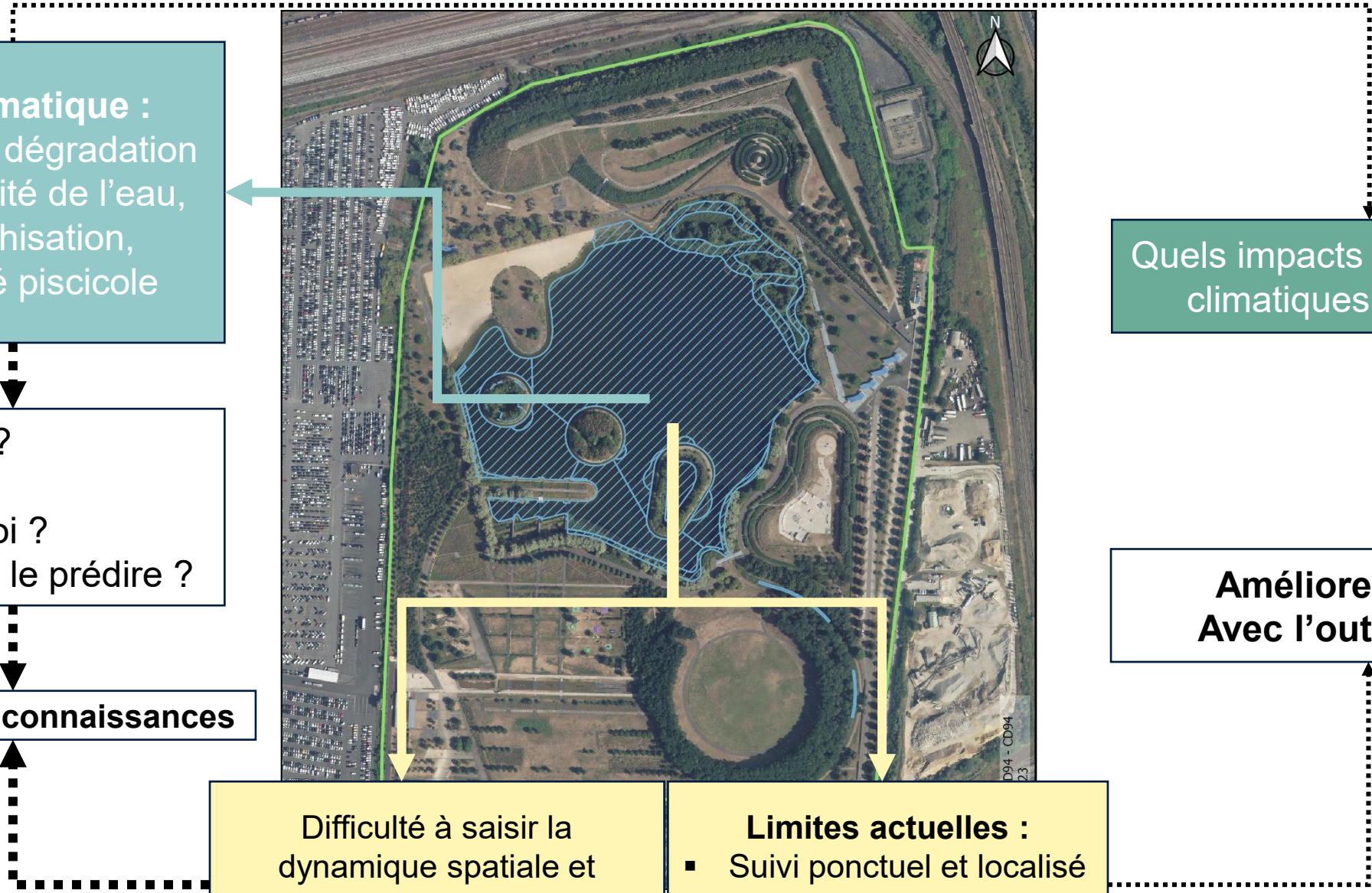
Difficulté à saisir la
 dynamique spatiale et
 saisonnière des
 phénomènes


Limites actuelles :

- Suivi ponctuel et localisé
- Manque de vision d'ensemble

Quels impacts des prévisions
 climatiques du GIEC ?

**Améliorer le suivi
 Avec l'outil satellite**



 **Objectifs principaux**

- **Compléter les mesures in situ pour améliorer la surveillance opérationnelle du plan d'eau**
 - ◆ Alertes intelligentes et prédiction de l'évolution des cyanobactéries
- **Améliorer les connaissances sur la dynamique de la qualité de l'eau**
 - ◆ Dynamique spatio-temporelle du phytoplancton, incluant les cyanobactéries, et des MES à l'échelle du lac
 - ◆ Quels sont les facteurs climatiques qui déclenchent les cyanobactéries ?
- **Anticiper l'évolution de la qualité de l'eau face au changement climatique**
 - ◆ Analyse des tendances climatiques et de leurs impacts sur les paramètres de qualité de l'eau.
 - ◆ Projections des évolutions futures pour ajuster les stratégies de gestion.
- **Proposer des solutions adaptées pour améliorer la gestion écologique**

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

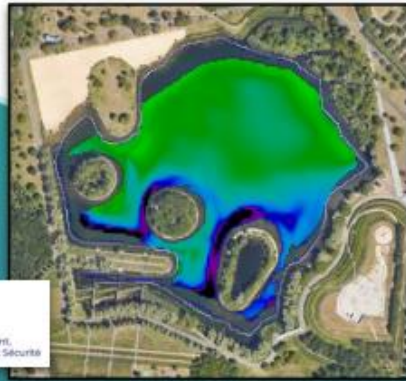


Satellites
Tous les 2 à 5 jours
! Depuis 2017.

Mesures satellitaires

(2020-2025 -> statistiques)

(2021 à 2025 -> dynamique saisonnière et spatiale)



cartographies de la concentration en Chl-a

mais aussi PC, cyanobactéries, MES...

Données complémentaires



Météo Géologie Hydrologie Autres

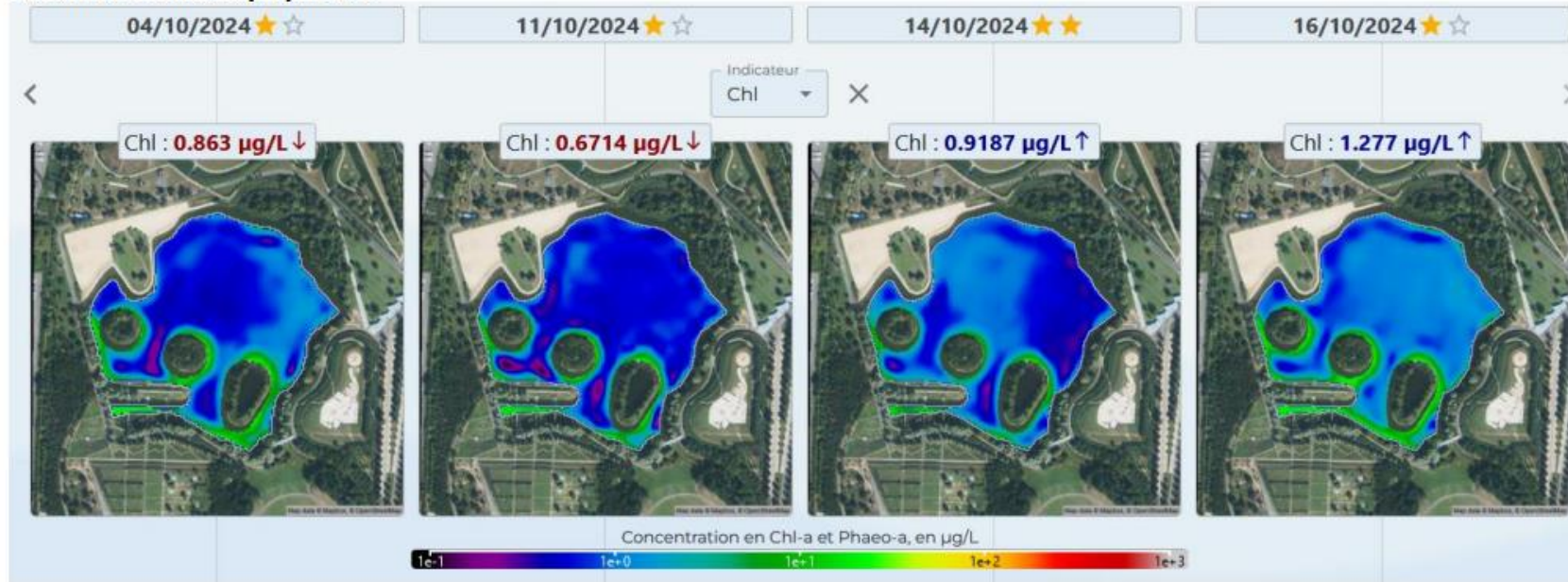


précipitations, températures de l'air,
vitesse du vent, durée des précipitations,
direction du vent, rayonnement, durée
d'ensoleillement

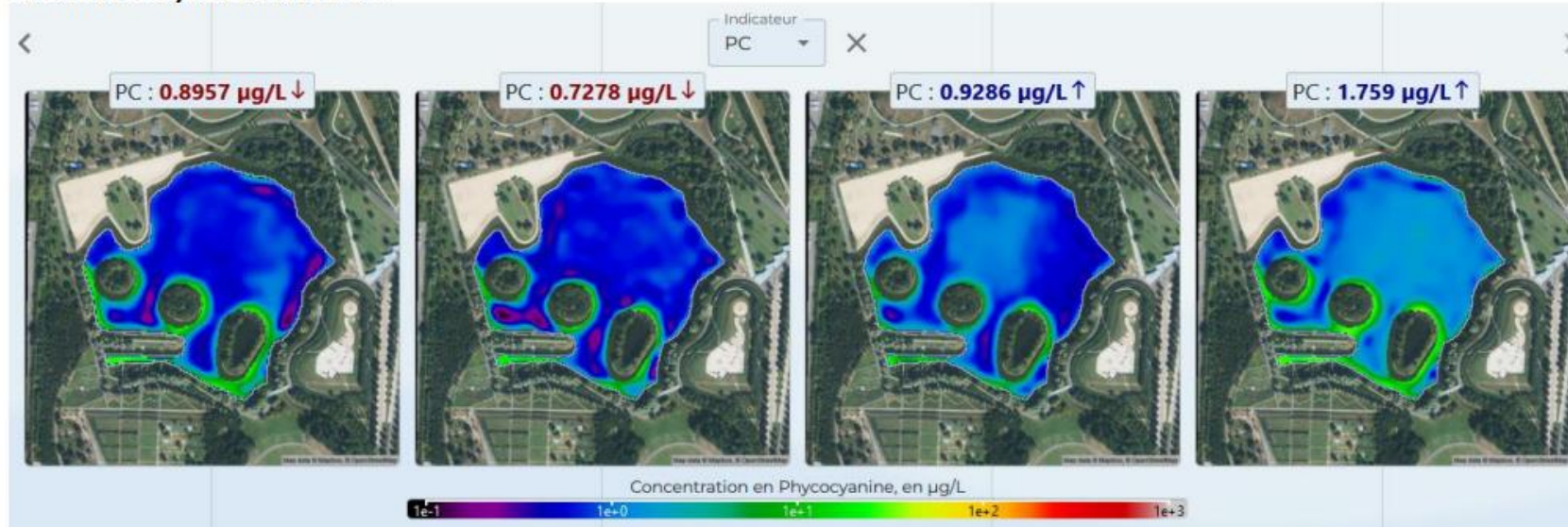
Mesures in situ



Paramètre chlorophylle-a :

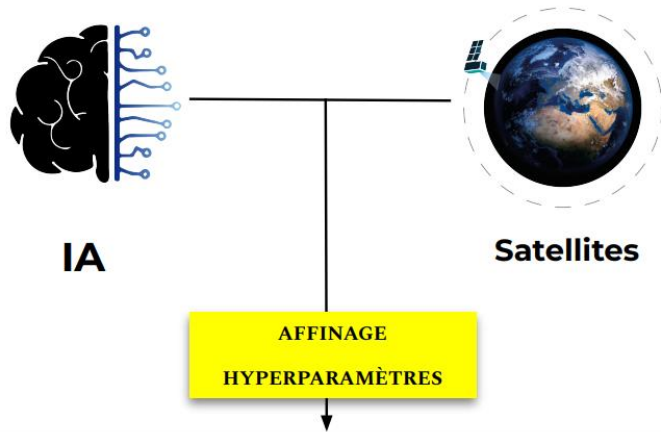


Paramètre cyanobactéries :



Étapes simplifiées :

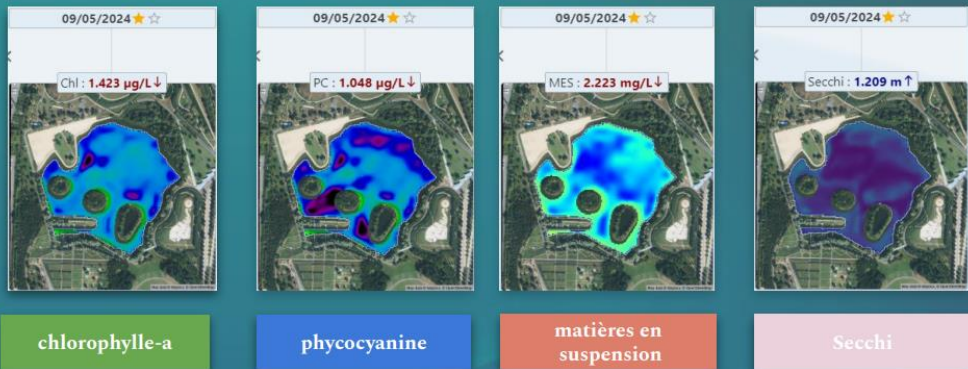
- Le satellite capture des images du plan d'eau
- L'IA corrige les effets atmosphériques (nuages, reflets...)
- Les données sont transformées en indicateurs de qualité de l'eau
- Une carte et des alertes sont générées



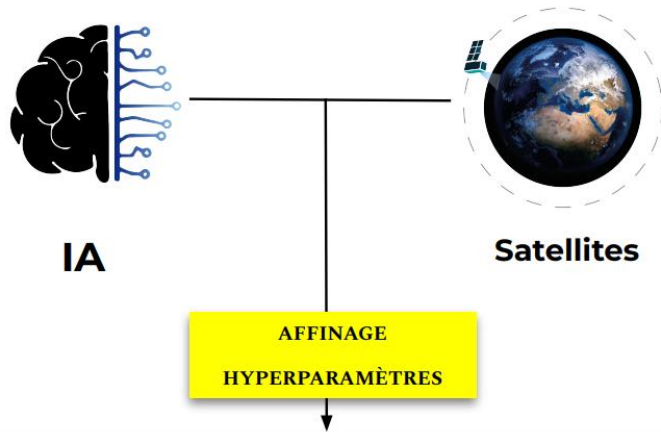
1

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



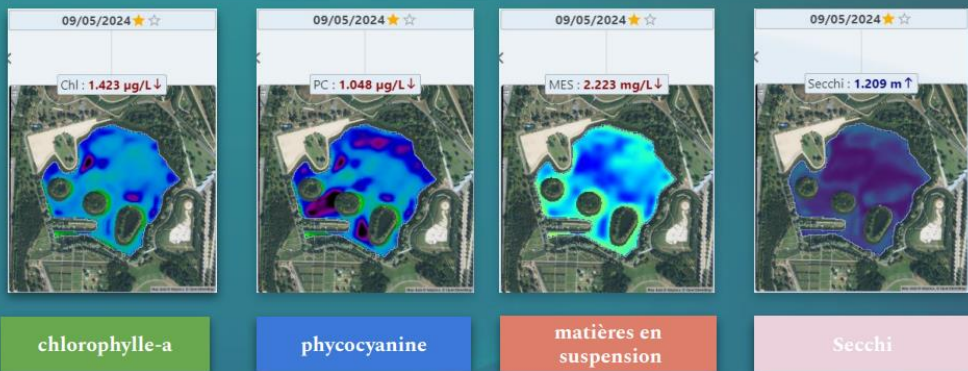
- **✓ Mesures cartographiques haute résolution** – Acquisition d'images satellitaires détaillées pour une analyse fine des plans d'eau.
- **✓ Résolution horizontale : 1,5 m × 1,5 m (2,25 m²)** – Une grille d'observation précise permettant de capturer les variations spatiales.
- **✓ Résolution verticale**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



1

Les paramètres mesurés point à point dans les eaux de surface

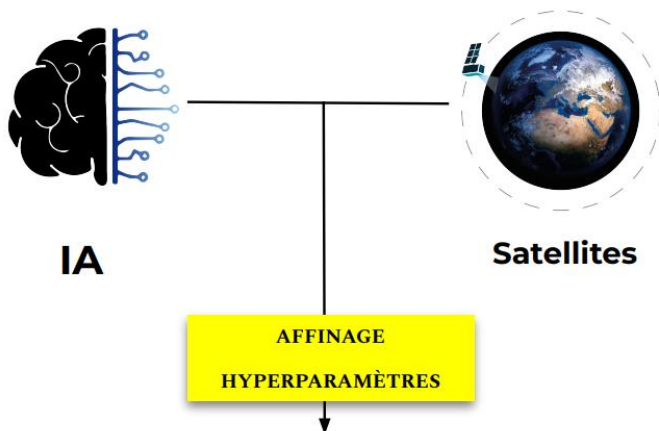
- **Chlorophylle-a** : phytoplancton,
- **Phycocyanine** : cyanobactéries
- **Matières en suspension** : dynamique sédimentaire
- **Profondeur de Secchi** : couche euphotique



- **✓ 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.
- **✓ 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.
- **✓ Archivage des mesures satellitaires depuis 2017** – Une base de données complète pour suivre et analyser l'évolution des paramètres environnementaux des lacs.

Calibrage de l'outil satellite avec les mesures in situ :

- DAQUAMA
- Etude écologique 2023



1

Les paramètres mesurés point à point dans les eaux de surface

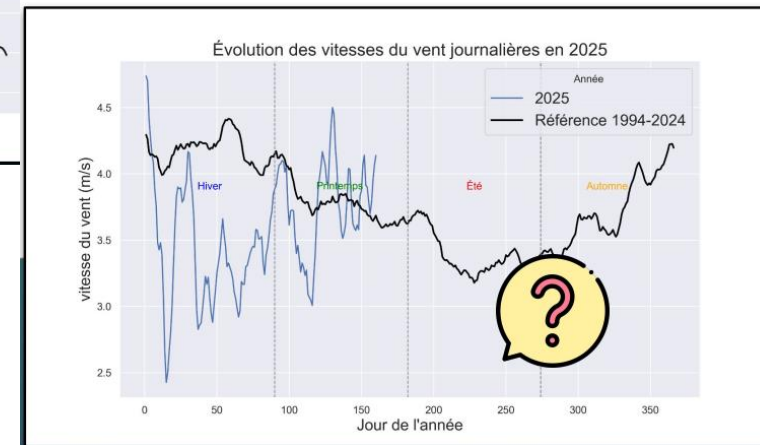
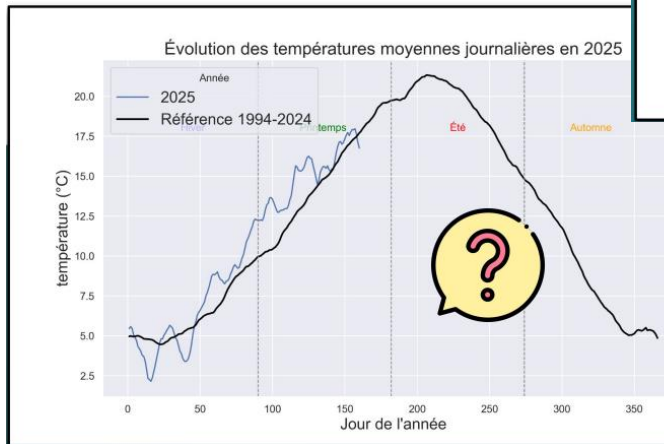
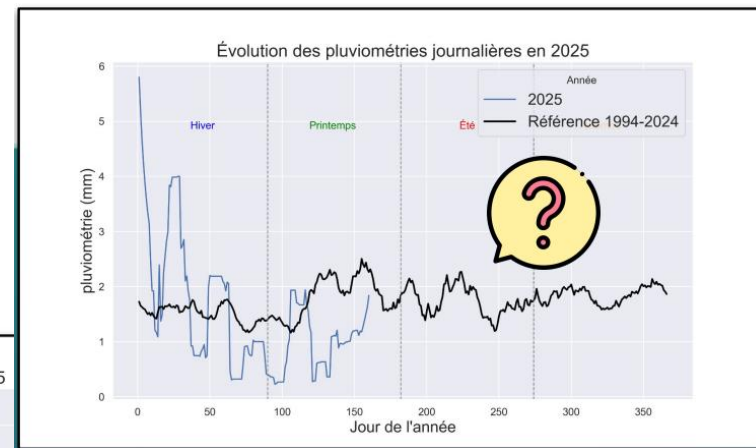
- **Chlorophylle-a** : phytoplancton,
- **Phycocyanine** : cyanobactéries
- **Matières en suspension** : dynamique sédimentaire
- **Profondeur de Secchi** : couche euphotique



09/05/2024 ⭐☆☆	09/05/2024 ⭐☆☆	09/05/2024 ⭐☆☆	09/05/2024 ⭐☆☆
Chl: 1.423 µg/L ↓	PC: 1.048 µg/L ↓	MES: 2.223 mg/L ↓	Secchi: 1.209 m ↑
chlorophylle-a	phycocyanine	matières en suspension	Secchi

Couplage et analyse des données open source :

- Précipitations
- Température
- Ensoleillement
- Vent



SURVEILLER

ANALYSER

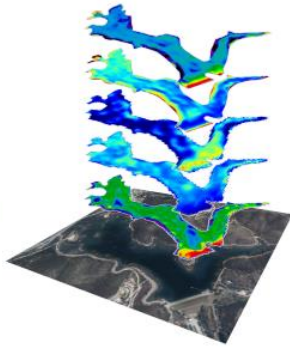
COMPRENDRE

ANTICIPER/AGIR

SURVEILLER

Acquérir des mesures point à point (jusqu'à 1,5mx1,5m) dans les eaux de surface

Satellites
Passage tous les 2 à 5 jours !
Depuis 2017.



Alerte en cas de dépassement de valeurs seuils

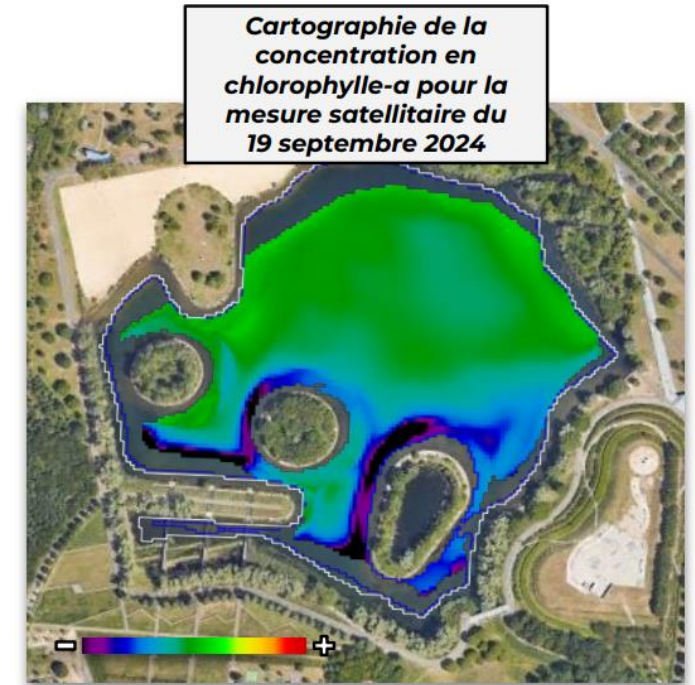


4 paramètres mesurés :

- **Chlorophylle-A** : développement biologique du phytoplancton
- **Phycocyanine** : productivité des cyanobactéries
- **Matières en suspension** : contenu en particules
- **Profondeur de Secchi** : transparence

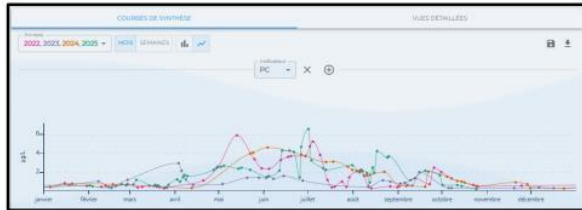
Emprise : tout le plan d'eau – 8ha – 12 000 pixels par cartographie

Depuis 2020 : 270 mesures soit 1 mesure tous les 8 jours environ.



ANALYSER

Saisonnalité des phénomènes



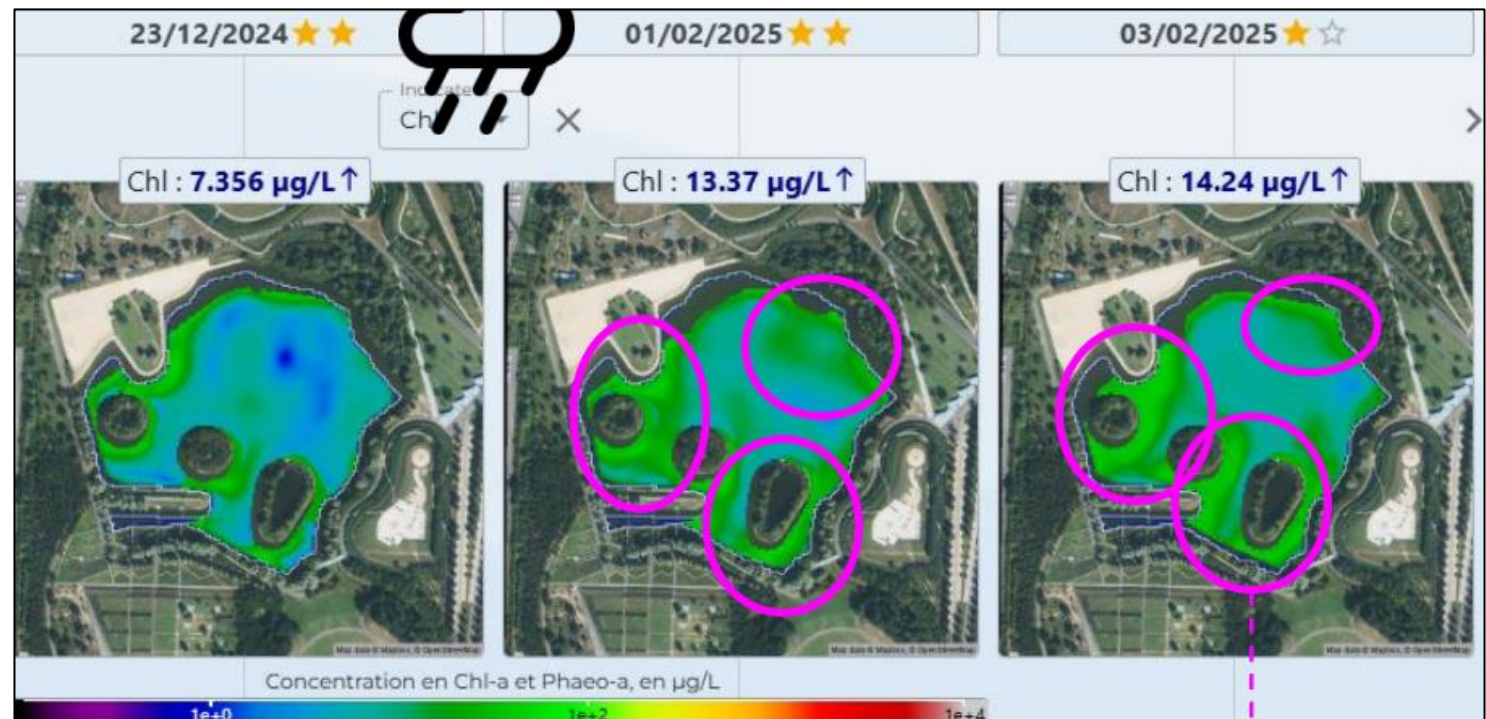
Spatialisation des phénomènes

Analyse des différents paramètres selon :

- Les années
- Les saisons
- Relation entre température, ensoleillement, pluviométrie, vent...

La disponibilité en nutriments est le facteur clé du plan d'eau :

+ de nutriments, + de plantes/algues, prolifération, décomposition, diminution Oxygène, déséquilibre du milieu

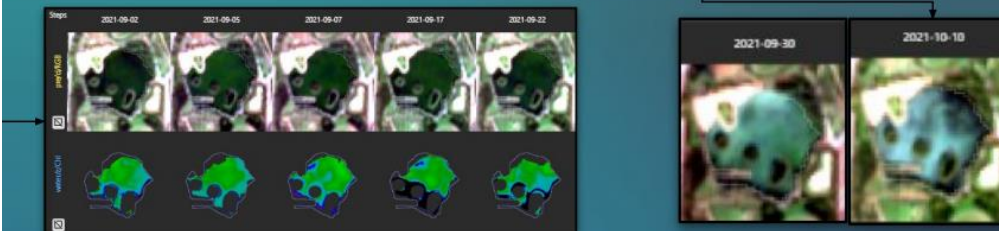
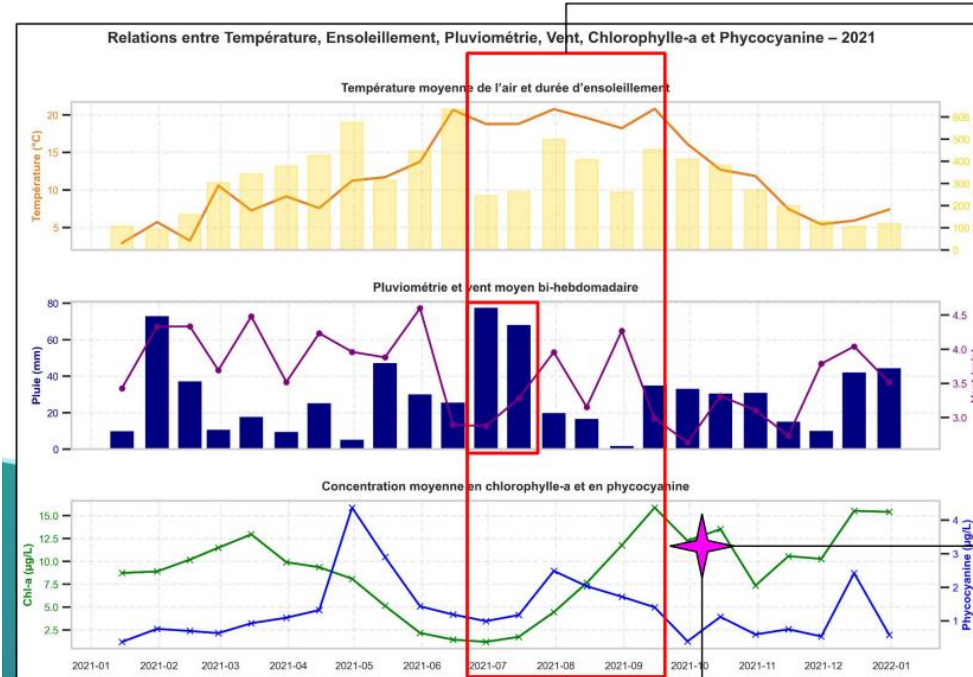


COMPRENDRE

Comparer les dynamiques biologiques et météorologiques entre les années (2021 → 2025).

Identifier les conditions ayant conduit à la mortalité piscicole (2021-2022)

Pourquoi des mortalités en 2021, 2022 mais pas les années suivantes ?



Pluies intenses sur un mois fin printemps/début d'été → Apports significatifs de nutriments

Températures de l'air élevées

→ Réponse biologique : prolifération du phytoplancton non cyanobactérien

Beaucoup de matière organique à dégrader

→ Intensification de la reminéralisation microbienne

→ Consommation rapide de l'oxygène dissous

ANOXIE en fin de période estivale :

- Juste après le pic de chl-a
- Lors de la baisse des T°C + vent faible

Le lac est particulièrement sensible à la fin du printemps

COMPRENDRE

Comparer les **dynamiques biologiques** et **météorologiques** entre les années (2021 → 2025).

Identifier les **conditions** ayant conduit à la **mortalité piscicole** (2021-2022)

Pourquoi des mortalités en 2021, 2022 mais pas les années suivantes ?



**Anoxie en 2021 :
du 30-09 au 10-10**

Pluies intenses sur un mois fin d'été → Apports importants de l'air élevées que : prolifération du cyanobactérien



matière organique à dégrader → reminéralisation → hypoxie de l'oxygène dissous

Période estivale : pic de chl-a, hausse des T°C + vent faible

ANTICIPER/AGIR

Définir **des alertes opérationnelles** pour renforcer la **surveillance au quotidien** avec de l'anticipation

☁️ PRÉ-ALERTE SUR LA PLUIE

Si **épisode pluvieux marqué** (> 80-100 mm sur 1 mois) en fin de printemps / début d'été.

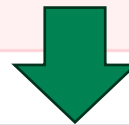
→ Risque enrichissement du lac en nutriments : suivre attentivement la chlorophylle-a.

☀️ ALERTE OPÉRATIONNELLE

Si **chlorophylle-a > 9 µg/L** en moyenne sur le mois d'août.

→ **Déclenchement de l'alerte "Risque d'anoxie"**.

Basé sur le retour d'expérience 2021-2022 : l'anoxie survient souvent après le pic de biomasse.



Mise en place d'actions

- Renforcement du suivi visuel terrain / Mailing Pixstart
- **Aérateurs** : activation en continu pour maintenir des zones oxygénées et éviter les mortalités piscicoles.
- Activation du **protocole de risque sanitaire**.
- Sensibilisation des équipes terrain et communication Direction.

Mise en place d'alertes intelligentes afin d'essayer d'anticiper des situations critiques sur le plan d'eau

Seuils personnalisés au plan d'eau



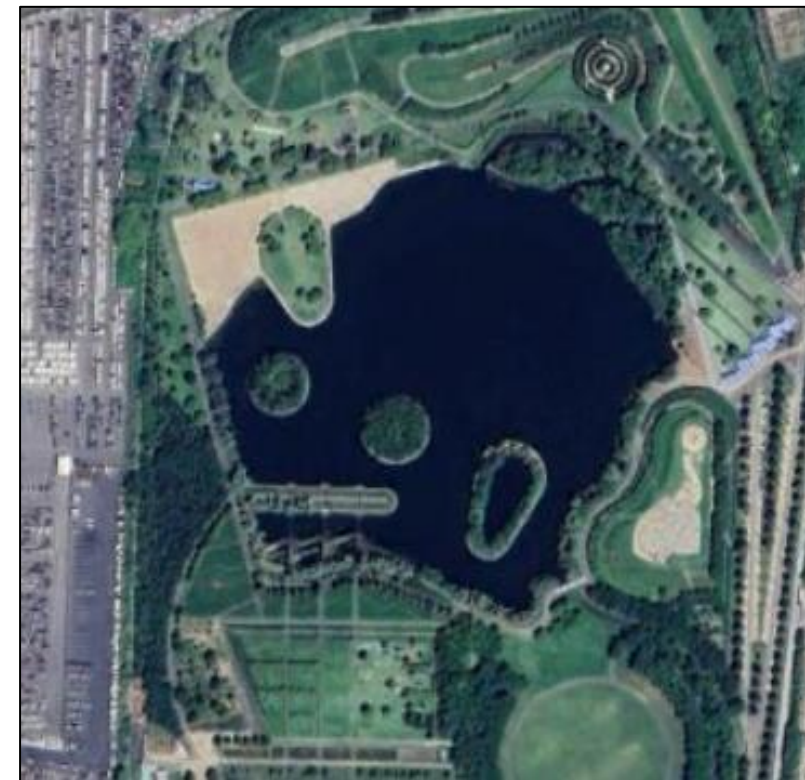
L'état de santé du lac n'est pas aussi dégradé qu'en apparence :

- Pas de pollution ou de problèmes récurrents.
- Les cyanobactéries ne sont pas responsables.
- Équilibre écologique stable en l'absence de pressions extrêmes.
- Bonne résilience du plan d'eau (pas de curage envisagé).
- Période charnière : fin de printemps, impact à la fin de l'été.

Outil prédictif :

- Prédiction via l'IA de l'évolution des paramètres mesurés.
- Alertes intelligentes permettant d'anticiper les risques.
- Accompagnement sur d'autres mesures de gestion :
 - ✓ Expérimentation de biotraitements.

Une solution alliant imagerie satellite et intelligence artificielle pour mieux comprendre les milieux naturels et guider les interventions de gestion sur le terrain.





Depuis 2025 : suivi du lac de Créteil par l'Ile-de-Loisirs de Créteil.
Problématique de rejets d'eaux usées et cyanobactéries ++

04.06.206

