

RAPPORT INTERMÉDIAIRE du projet Vigie-Lacs



PRÉSENTATION DES RÉSULTATS INTERMÉDIAIRES DU PROJET VIGIE-LACS. CESTAS, LE 17 DÉCEMBRE 2024.
*projet de recherche multi-partenarial piloté par l'INRAE EABX, en collaboration avec l'UMR Biogeco,
l'UMR EPOC et l'ARB NA.*



Contributeurs : Vincent Bertrin, Sébastien Boutry, Estelle-Marie Debailleul, Alain Dutartre, Carine Fortin, Gwilherm Jan, Mario Lepage, Olivier Lepais, Jérémy Mayen, Maud Pierre, Alexandre Pryet, Cristina Ribaudo, Marie Sellier, Rainer Ferdinand Wunderlich et Aurélien Jamoneau.

ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

Écologie des communautés végétales aquatiques des lacs et étangs du littoral aquitain Vigie-Lacs

Les lacs et étangs naturels du littoral aquitain fournissent de nombreux services écosystémiques.

Les caractéristiques géomorphologiques des plans d'eau du littoral aquitain et la diversité biologique remarquable qu'ils abritent, en font des éléments importants du patrimoine naturel régional. Néanmoins, les changements globaux tels que l'accélération de l'eutrophisation, l'introduction d'espèces exotiques envahissantes ou encore l'intensification des usages anthropiques des zones littorales, menacent les biotopes lacustres ainsi que les espèces qu'ils abritent. La complexité des mécanismes et des problématiques liées au fonctionnement écologique des plans d'eau, auquel les végétaux aquatiques contribuent fortement, conditionne la gestion des lacs et étangs du littoral aquitain.

L'unité de recherche EABX d'INRAE Nouvelle-Aquitaine Bordeaux, l'UMR BIOGECO, l'UMR EPOC et l'Agence Régionale de la Biodiversité en Nouvelle-Aquitaine réalisent un projet de recherche finalisée, Vigie-Lacs (figure 1).

L'objectif du projet est d'**acquérir des connaissances** scientifiques indispensables à la préservation des communautés de **plantes aquatiques des lacs et étangs du littoral aquitain** fortement menacées par les activités humaines et le changement climatique.

Ce projet pluridisciplinaire fait appel à plusieurs domaines scientifiques complémentaires, telles que l'écologie des communautés, l'autécologie, la biogéochimie, les biostatistiques, la génétique ou encore l'hydrogéologie. Le projet est composé de cinq volets (figure 2) qui permettront de :

1

Suivre sur le long terme les dynamiques des variables environnementales pertinentes et des peuplements de végétaux aquatiques, y compris les espèces exotiques envahissantes

2

Conserver les espèces patrimoniales et les biotopes aquatiques

3

Anticiper les effets des changements globaux sur la biodiversité végétale, les biotopes aquatiques et le fonctionnement biogéochimique des lacs

4

Valider et bancariser les données acquises

5

Communiquer et transférer les connaissances au plus grand nombre



Bords du lac de Lacanau ©Marie Sellier

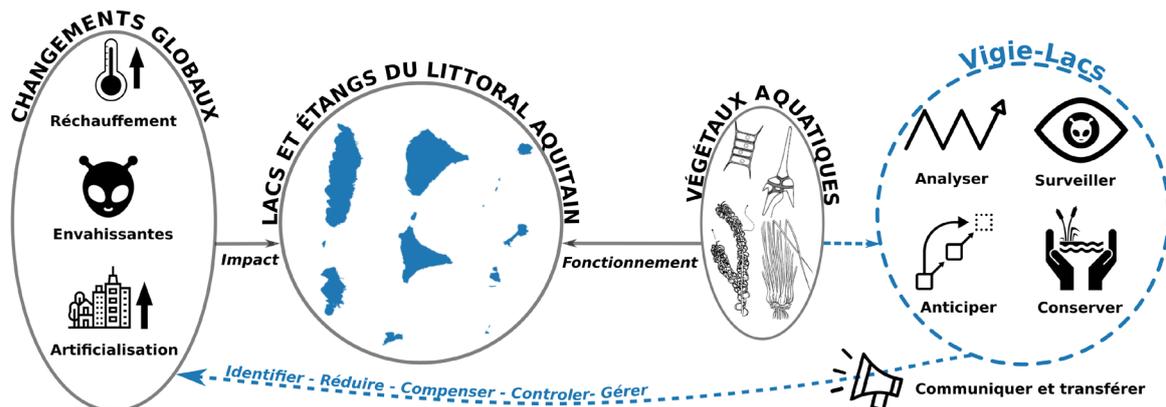


Figure 1 : schéma conceptuel du projet Vigie-Lacs

Volet 0. Coordination		
  Volet 1. Suivre sur le long terme	A1	<i>Dynamiques de la température et de l'oxygène dissous dans l'eau</i>
	A2	<i>Dynamiques spatio-temporelles des communautés de macrophytes</i>
	A3	<i>Biomasses des espèces exotiques envahissantes et compétition interspécifique</i>
 Volet 2. Conserver les patrimoniales	A4	<i>Diversité et isolement génétique des espèces végétales patrimoniales</i>
	A5	<i>Évaluer l'efficacité des opérations de restauration</i>
 Volet 3. Anticiper les changements	A6	<i>Effets de l'hydrodynamique sur l'oxygénation des eaux</i>
	A7	<i>Distribution potentielle des macrophytes dans les lacs</i>
	A8	<i>Gain et perte de biotopes aquatiques liés à la baisse du niveau des eaux</i>
Volet 4. Valider et bancariser		
Volet 5. Communiquer et transférer		

Figure 2 : volets et actions prévus dans le projet Vigie-Lacs

Valorisations :

➤ **Vincent Bertrin, Aurélien Jamoneau, 2023.**

Écologie des communautés végétales des lacs et étangs du littoral aquitain. 4^e assemblée des acteurs de l'eau partenaires de l'ARB Nouvelle Aquitaine. Angoulême, 21 novembre 2023.

➤ **Vincent Bertrin, 2023.**

Plantes aquatiques des lacs et étangs du littoral aquitain. Projet Savoir en partage, Collège Nelson Mandela. Biscarrosse, 14 décembre 2023.

➤ **Vincent Bertrin, 2024.**

Écologie des communautés végétales des lacs et étangs du littoral aquitain. Lacs naturels Atlantique : Observer pour s'adapter. Lacanau, 7 mars 2023.

➤ **Vincent Bertrin, 2024.**

Écologie des communautés végétales des lacs et étangs du littoral aquitain. Séminaire du département AQUA INRAE. Lyon, 20 novembre 2024.



Bords du lac de Lacanau ©Marie Sellier



DYNAMIQUES DE LA TEMPÉRATURE ET DE L'OXYGÈNE DISSOUS DANS L'EAU

Gwilherm Jan^{1*}, Cristina Ribaudó³, Sébastien Boutry^{1,2}, Aurélien Jamoneau^{1,2}, Mario Lepage¹, Maud Pierre¹, Vincent Bertrin^{1,2}

Dans le cadre du projet Vigie-Lacs, nous avons mis en place une stratégie à long terme en équipant les quatre grands lacs aquitains de **deux types de sondes qui enregistrent en continu l'oxygène dissous et la température**. Le but étant d'identifier les dynamiques temporelles et les tendances de ces deux paramètres dans un contexte de changement climatique. Les sondes dont nous parlons ici sont les U26 de la marque Hobo que nous appelons « optodes » car elles réalisent des mesures d'oxygène en utilisant la méthode optique. Elles mesurent aussi la température. Le deuxième type de sonde utilisée sont les tinytags qui mesurent uniquement la température.

Ces deux types de sondes nécessitent une maintenance relativement fréquente afin de s'assurer de leur bon fonctionnement. La localisation des sondes est présentée sur la figure 3.

Les tinytags (figure 4) sont fixés sur des lests en béton puis déposés proches des rives dans moins d'un mètre de profondeur. Pour plus de discrétion, aucun repère n'est visible depuis la surface, les sondes étant géolocalisées à l'aide d'un GPS centimétrique. Toutefois certains tinytags sont exondés une partie de l'année par le marnage qui est proche d'un mètre sur ces quatre lacs. L'entretien est relativement faible, il faut vérifier les liens qui attachent la sonde au lest et changer les piles.

Les optodes sont en revanche moins accessibles puisqu'elles sont accrochées sur des cordes

verticales à des profondeurs comprises entre 1 et 20 mètres (figure 5). Certaines ont une position repérable grâce à une bouée en surface, d'autres en revanche sont comme les tinytags invisibles et nécessitent l'utilisation du GPS centimétrique. Les missions de terrain pour leur bon fonctionnement sont plus fréquentes que celles des tinytags puisqu'il faut les brosser pour enlever le biofilm qui pourrait fausser les mesures d'oxygène et remplacer le capuchon de mesure optique ayant une durée de vie limitée à 7 mois d'utilisation. Ces interventions sont réalisées en plongée puisque la profondeur d'immersion est supérieure à un mètre.

Pour les optodes comme pour les tinytags, les principales difficultés rencontrées sont la disparition de la sonde, souvent sans qu'on en connaisse la raison. Nous retrouvons toutefois des indices qui laissent imaginer un scénario (bouée percée, leurres de pêche accrochés sur le dispositif de fixation de la sonde, trace de sangliers, liens d'accrochage sectionnés). De plus des défaillances de batteries sont aussi rencontrées. L'ensemble de ces difficultés nous oblige à intervenir régulièrement afin de sécuriser les données enregistrées en les déchargeant le plus souvent possible. Nous en profitons alors pour vérifier le bon état des dispositifs. Pour les optodes nous intervenons tous les 2 à 4 mois et tous les 4 à 8 mois pour les tinytags.



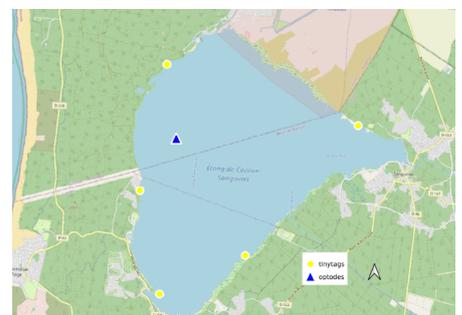
Lac de Carcans-Hourtin



Lac de Parentis-Biscarrosse



Lac de Lacanau



Lac de Cazaux-Sanguinet

Figure 3 : localisation des sondes

(1) INRAE, UR EABX, 50 avenue de Verdun, 33612 Cestas Cedex
* +33 557 890 800 gwilherm.jan@inrae.fr

(2) Pôle R&D ECLA Ecosystèmes lacustres

(3) UMR 5805 EPOC, 33600 Pessac

↳



Figure 4 : sonde de mesure de la température : tinytags

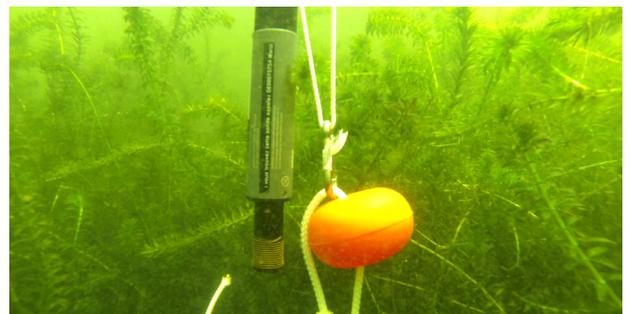


Figure 5 : sonde de mesure de la température et de l'oxygène dissous : optodes

HERBIERS, TEMPÉRATURE, VENT : QUELS IMPACTS SUR L'OXYGÉNATION DES EAUX DES LACS AQUITAINS ?

Maud Pierre¹, Cristina Ribaudou², Gwilherm Jan¹, Vincent Bertrin^{1,3}

Dans un écosystème aquatique, l'oxygène joue un rôle essentiel pour la biocénose. Les événements hypoxiques (*i.e.* insuffisance d'oxygène) voire même anoxiques (*i.e.* absence totale d'oxygène) peuvent avoir des répercussions considérables, aussi bien d'un point de vue écologique (perte d'habitat, asphyxie des organismes, altération des relations trophiques et de l'équilibre chimique du milieu, etc.) que d'un point de vue socioéconomique.

Les principaux facteurs pouvant agir sur la concentration en oxygène dissous sont :

- les vagues (qui influencent la concentration en O₂ dissous, par un effet mécanique du brassage),
- la température (qui modifie sa solubilité dans l'eau),
- la présence de macrophytes (consommation d'oxygène causée par la respiration des végétaux ou par la dégradation organique).

Depuis plusieurs décennies, des espèces de macrophytes exotiques dites « envahissantes », dont *Egeria densa* Planch. (Hydrocharitacées) et *Lagarosiphon major* Ridley (Hydrocharitacées), colonisent les lacs aquitains. Leurs conséquentes proliférations interpellent sur l'incidence qu'elles peuvent avoir sur la qualité de l'eau, notamment l'oxygénation.

Afin d'apporter des réponses aux gestionnaires, deux lacs aquitains (Lacanaou et Parentis-Biscarrosse) ont été équipés de quatre optodes (capteurs optiques automatiques à haute fréquence mesurant la température et l'oxygène), disposées en différentes conditions, à l'extérieur ou à l'intérieur d'un herbier, exposé ou abrité du vent.

Les premiers graphiques mettent en évidence une dynamique

d'oxygénation différente au sein des herbiers de ces deux lacs. L'analyse plus poussée (synchronicité, causalité) de ces séries chronologiques ainsi collectées va permettre de mieux comprendre les effets de la température et du vent sur la dynamique de l'oxygénation dans les milieux colonisés ou non par ces macrophytes et, *in fine*, d'améliorer la gestion de ces lacs.

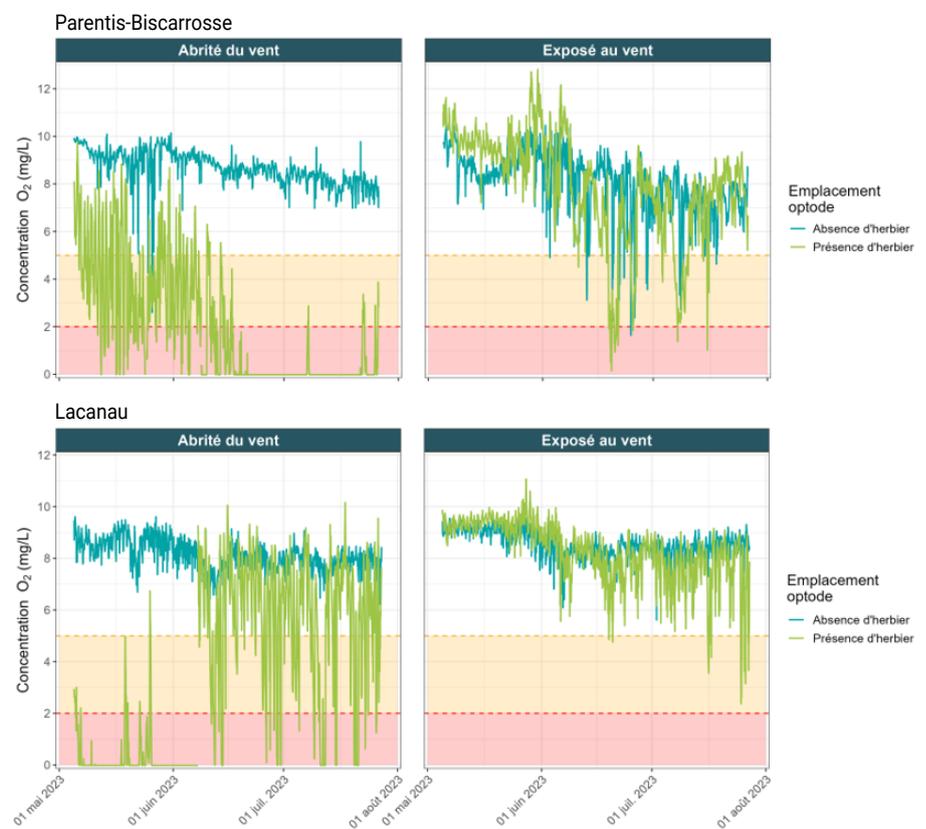


Figure 6 : dynamique de la concentration d'oxygène dans les lacs de Parentis-Biscarrosse (en haut) et de Lacanaou (en bas), selon l'exposition au vent et la présence ou non d'herbier.



Relevé des sondes au Lac de Cazaux-Sanguinet ©Marie Sellier



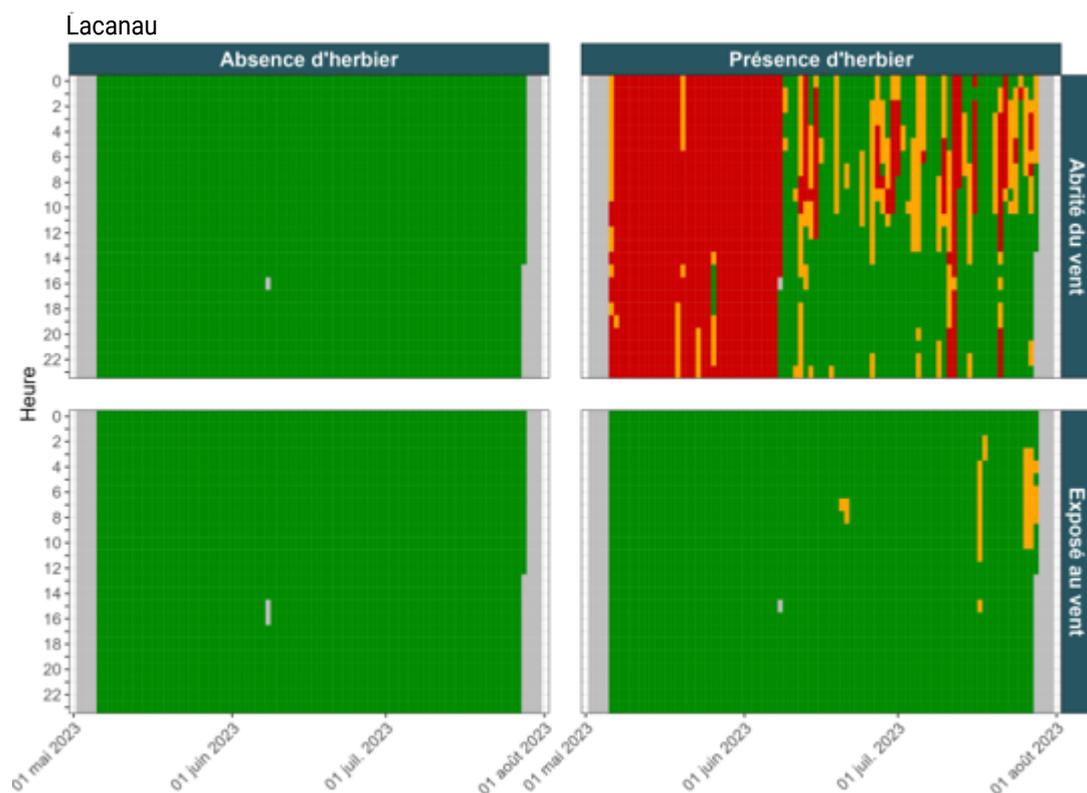
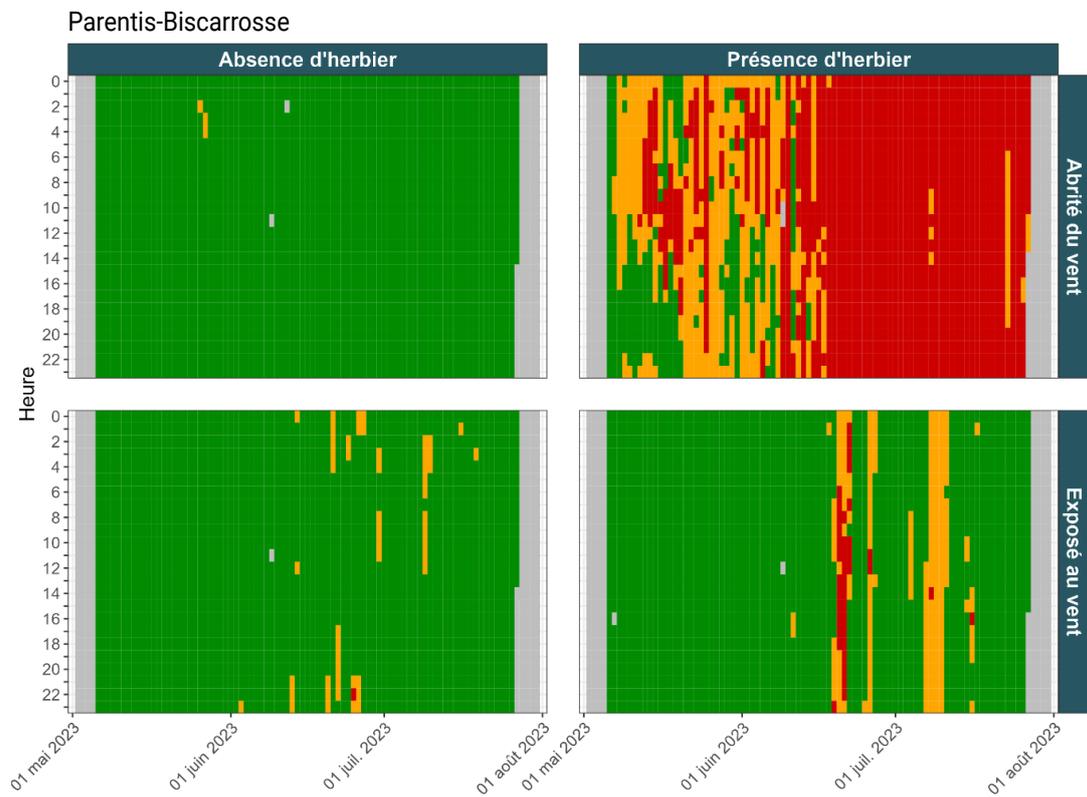


Figure 7 : dynamique journalière des concentrations en oxygène dans les lacs de Parentis-Biscarrosse (en haut) et de Lacanaü (en bas), selon l'exposition au vent et la présence ou non d'herbier.

Concentration en oxygène

- Inf. 2 mg/L
- Inf. 5 mg/L
- Sup. 5 mg/L
- NA

« L'analyse des données doit être approfondie en vérifiant la qualité et la validité des mesures, pour identifier un problème de capteur ou si les capteurs ont bien fonctionné, notamment en 2^e période. Cette analyse contribuera à la validation ou non des premiers résultats. »

(1) INRAE, UR EABX, 50 avenue de Verdun, 33612 Cestas Cedex
* +33 557 890 800 maud.pierre@inrae.fr

(2) UMR 5805 EPOC, 33600 Pessac

(3) Pôle R&D ECLA Ecosystèmes lacustres

MODÉLISATION HYDROLOGIQUE DU LAC DE CARCANS-HOURTIN

Alexandre Pryet¹, Carla Lagardère², Romane Rey², Sébastien Boutry³, Vincent Bertrin³

La simulation des fluctuations du niveau du lac de Carcans-Hourtin permet d'**anticiper les effets du changement climatique sur le niveau du lac et ses écosystèmes dépendants** (faune et flore aquatiques). Un modèle hydrologique global a été réalisé à partir du bilan hydrique du plan d'eau, qui intègre l'ensemble des flux « d'entrée » (précipitations, rivières, aquifère) et de « sortie » (évaporation, seuil aval). L'approche hydrologique globale nécessite l'établissement de courbes caractéristiques niveau-surface et niveau-volume pour le lac. Ces dernières ont été calculées à partir d'un modèle bathymétrique obtenu après compilation des données bathymétriques écho-sondeur (données ECLA, 2009) et altimétrique LiDAR en basses eaux (SIAEBVELG, 2011) (figure 8).

Le modèle hydrologique fait apparaître une série de paramètres ajustables : coefficient d'échange avec l'aquifère, caractéristique du seuil à l'exutoire, facteurs correctifs de débit rivière et d'évaporation ainsi que des ajustements de niveau de référence aquifère et seuil. Ces derniers ont été calibrés avec une méthode algorithmique par ajustement du niveau du lac simulé avec le niveau historique mesuré (SIAEBVELG). Sur cette période de calage d'historique, nous avons utilisé les variables météorologiques issues de la station Météo-France de Mérignac, le niveau de l'aquifère du plio-quadernaire suivi par le réseau ADES, et les données de débits collectées par EPOC et le SIAEBVELG.

Le modèle hydrologique du lac considère 4 variables de forçage : précipitations, et évapotranspiration potentielle (ETP), débit rivière, et niveau aquifère. Les deux premières sont disponibles sur la période

prospective sur le portail DRIAS, mais le débit rivière et le niveau aquifère doivent faire l'objet d'un exercice de modélisation complémentaire sur la période prospective.

Un modèle pluie-débit a ainsi été établi avec un modèle conceptuel à réservoir pour simuler le débit des rivières qui alimentent le lac de Carcans-Hourtin. De même, un modèle de traitement du signal a été développé pour simuler les fluctuations piézométriques de l'aquifère plio-quadernaire. Ces deux modèles « accessoires » permettent de simuler les variables de forçages

nécessaires la simulation du niveau du lac sur toute la période de disponibilité des variables climatiques (précipitations et ETP).

Les niveaux du lac de Carcans-Hourtin ont enfin été simulés à partir des projections régionalisées climatiques disponibles sur le portail DRIAS sur la période 2005-2100 selon le scénario RCP8.5. Les résultats permettent de dégager les premières tendances, mais méritent d'être consolidés avec un programme d'acquisition complémentaire sur l'évaporation et de nouvelles simulations climatiques régionalisées.

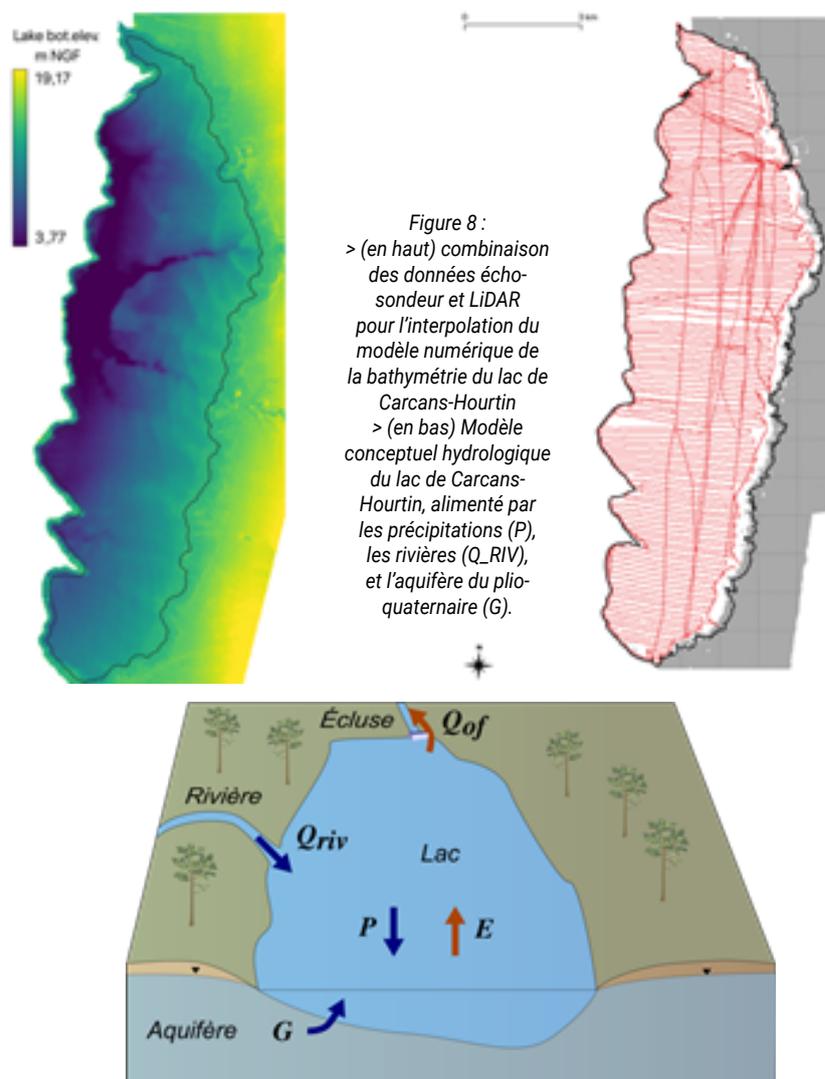


Figure 8 :
> (en haut) combinaison des données écho-sondeur et LiDAR pour l'interpolation du modèle numérique de la bathymétrie du lac de Carcans-Hourtin
> (en bas) Modèle conceptuel hydrologique du lac de Carcans-Hourtin, alimenté par les précipitations (P), les rivières (Q_RIV), et l'aquifère du plio-quadernaire (G).

(1) Univ. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, EPOC, UMR 5805, Pessac, France

(2) Bordeaux INP – ENSEGID, Pessac

(3) INRAE, UR EABX, Cestas

ÉVALUATION DU POTENTIEL DE CAPTATION/ÉMISSION DE CARBONE DES ZONES LITTORALES LACUSTRES EN FONCTION DE L'HYDROPÉRIODE

Cristina Ribaudo^{1*}, Jérémy Mayen¹, Marco Bartoli², Sara Benelli², Bianca Lecchini², Alexandre Pryet¹, Gwilherm Jan³ et Vincent Bertrin^{3,4}

Les zones littorales lacustres, et notamment les sols exposés à l'air, sont supposés être des **sources de carbone** car la **disponibilité d'oxygène dans le sol, ainsi que de divers composés organiques dissous, stimulent la respiration bactérienne et les émissions de dioxyde de carbone vers l'atmosphère**. Au contraire, les zones pélagiques lacustres peuvent favoriser la méthanogenèse liée aux conditions sédimentaires anoxiques. Ces processus généraux peuvent être bouleversés en présence de producteurs primaires, qui peuvent agir sur la séquestration de carbone en biomasse ou sur la facilitation de l'oxydation du méthane.

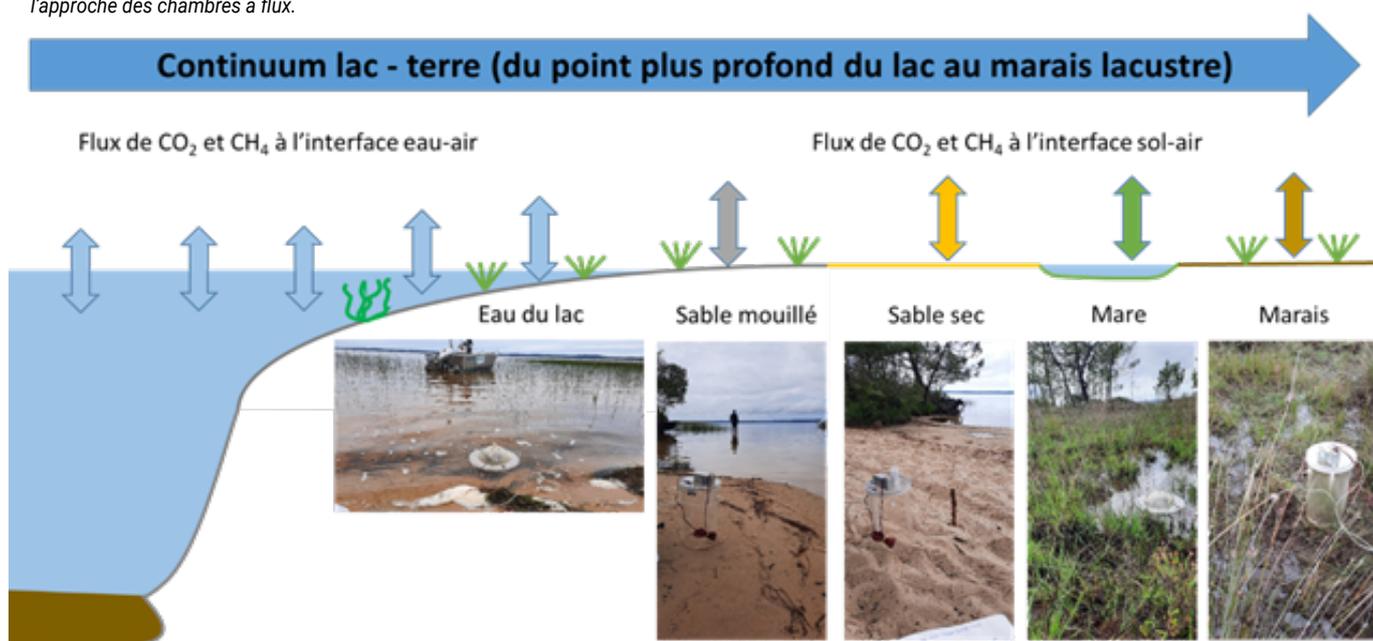
Dans le cadre du changement climatique et de l'augmentation des prélèvements d'eau anthropiques, les périodes de sécheresse prolongées, accompagnées d'une évapotranspiration intense dans le bassin versant, augmenteront considérablement la surface des sédiments exposés à l'air des lacs peu profonds.

Dans le cadre de l'Action 8 du projet Vigie-Lacs, une étude est menée au sein des lacs peu profonds du sud-ouest de la France, où les flux de CO₂ et CH₄ ont été mesurés sur une base saisonnière par chambre à flux, sur des sédiments exposés à l'air et en zone pélagique, suivant différentes conditions (présence ou absence de végétation, type de substrat, niveau de saturation en eau, etc.) (figure 9).

Lac de Lacanau ©Marie Sellier



Figure 9: caractérisation des flux de carbone aux interfaces eau-air (milieu aquatique) et sol-air (milieu terrestre) dans les lacs aquitains, à travers l'approche des chambres à flux.



(1) UMR 5805 EPOC, 33600 Pessac
* +33 556846940 cristina.ribaud@ensegid.fr

(2) Dipartimento di Scienze Chimiche, della Vita e della Sostenibilità Ambientale, Università di Parma - 43100 Parma, Italie

(3) INRAE, UR EABX, 50 avenue de Verdun, 33612 Cestas Cedex

(4) Pôle R&D ECLA Ecosystèmes lacustres



La généralisation des valeurs de flux mesurées ponctuellement à l'ensemble de la surface du lac (*upscaling*) sera réalisée sur l'ensemble des lacs. L'objectif est **d'estimer le potentiel de captation ou d'émission de carbone à l'échelle du lac en fonction de l'hydropériode saisonnière**. Face au changement climatique attendu en zone tempérée, il est fondamental de mieux comprendre les impacts liés aux baisses du niveau d'eau sur le cycle du carbone au sein des milieux aquatiques.

Au sein du même lac, des mesures de flux sont effectuées de manière saisonnière sur des surfaces inondées (à partir d'une embarcation) en milieu aquatique et sur des surfaces exposées à l'air en milieu terrestre.

Il y a d'abord une volonté de quantifier le fonctionnement du lac en lien avec différentes températures de l'air et de l'eau, sachant que généralement une augmentation des phénomènes de respiration correspond à une saison plus chaude.

Deuxièmement, la relation entre flux et profondeur est testée, ainsi que la relation entre les flux et caractéristiques sédimentaires. Pour chaque site, des mesures de flux sont réalisées en réplicats à travers la mise en place de chambres flottantes (surfaces inondées) ou

terrestres (surfaces exposées à l'air). Des prélèvements de gaz sont effectués dans les chambres pendant l'incubation et analysés sur place (avec technologie LI-COR, si disponible) ou au laboratoire par chromatographie à phase gazeuse pour obtenir des flux de CO₂ et de CH₄.

Un flux positif indique une émission de carbone par le milieu, alors qu'un flux négatif indique de la captation par le milieu. Au même temps que les incubations, des échantillons d'eau ou de sédiment sont prélevés pour la caractérisation du milieu (pH, température, O₂, conductivité, nutriments dissous pour l'eau ; teneur en eau, densité, matière organique pour les sédiments).

En 2024, trois campagnes d'échantillonnage ont été réalisées sur les lacs de Carcans-Hourtin et de Lacanau (février, juillet et septembre), pour un total de 168 incubations sur les surfaces inondées et de 192 incubations

sur les surfaces exposées à l'air (figure 10). Grâce au prêt par les chercheurs invités, un analyseur portable de type Li-COR a pu être utilisé temporairement pour réaliser les mesures directement *in situ*.

« 2024 est une année particulière en terme de niveau d'eau, les résultats pourraient être plus significatifs sur une année plus ordinaire. Mais en réalité ce qui va changer, c'est la température de l'air, et ici l'enjeu était de comparer les différences pour une même température. »

- Hiver (Fév. '24) – Aquatique
- Début été (Juil. '24) – Aquatique
- Fin été (Sept. '24) – Aquatique
- ▲ Hiver (Fév. '24) – Terrestre
- ▲ Début été (Juil. '24) – Terrestre
- ▲ Fin été (Sept. '24) – Terrestre

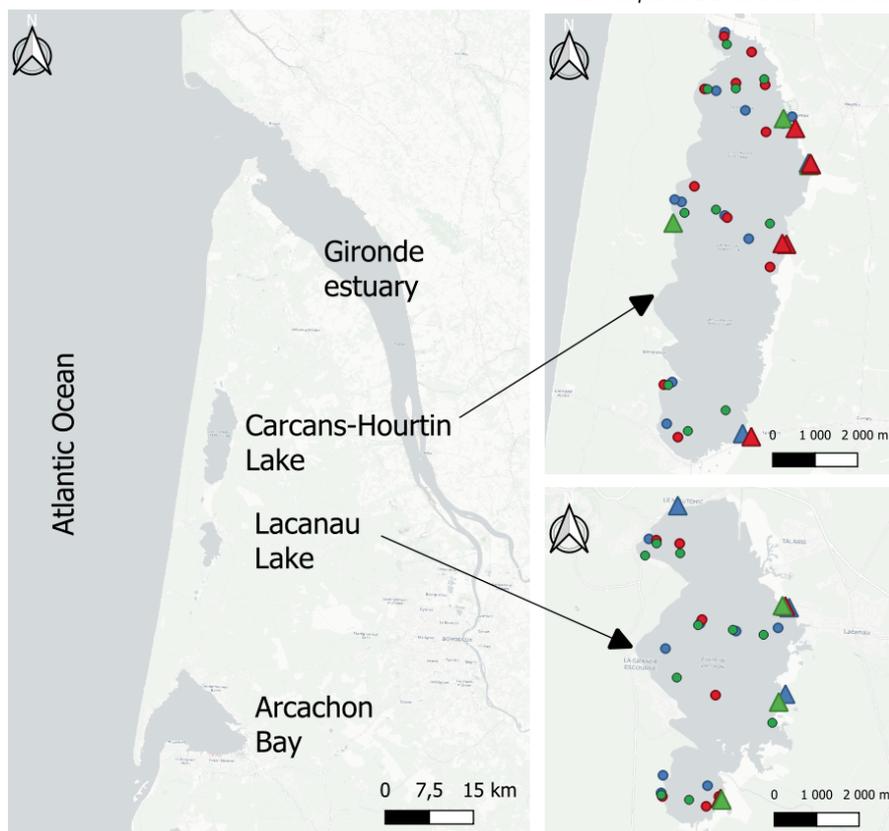


Figure 10 : localisation des stations sur les deux lacs étudiés en 2024, Carcans-Hourtin et Lacanau. Les incubations sur les stations aquatiques étaient réalisées avec des chambres à flux flottantes, alors que les incubations terrestres étaient réalisées par chambres à flux terrestres.

Les résultats préliminaires indiquent que la baisse de la hauteur d'eau au sein des zones littorales lacustres pourrait ne pas influencer significativement les flux de carbone avec l'atmosphère (figures 11 et 12).

En particulier, la zone de transition entre le lac et le terrestre, formée par le sable mouillé et le sable sec, n'émettrait pas plus de carbone que la surface en eau. Ceci est valable pour les émissions de CO_2 et pour celles de CH_4 . Ce constat, contraire à notre hypothèse de départ, est à confirmer une fois que tous les résultats seront disponibles (les données des incubations de la fin de l'été sont en cours de traitement). Parallèlement, on peut observer que la zone de marais devient en été une source de carbone (émission de C), alors qu'en hiver elle constituait un puits (captation de C).

« Les résultats sur les 2 lacs Carcans-Hourtin et Lacanau sont similaires, d'où leur regroupement dans la présentation »

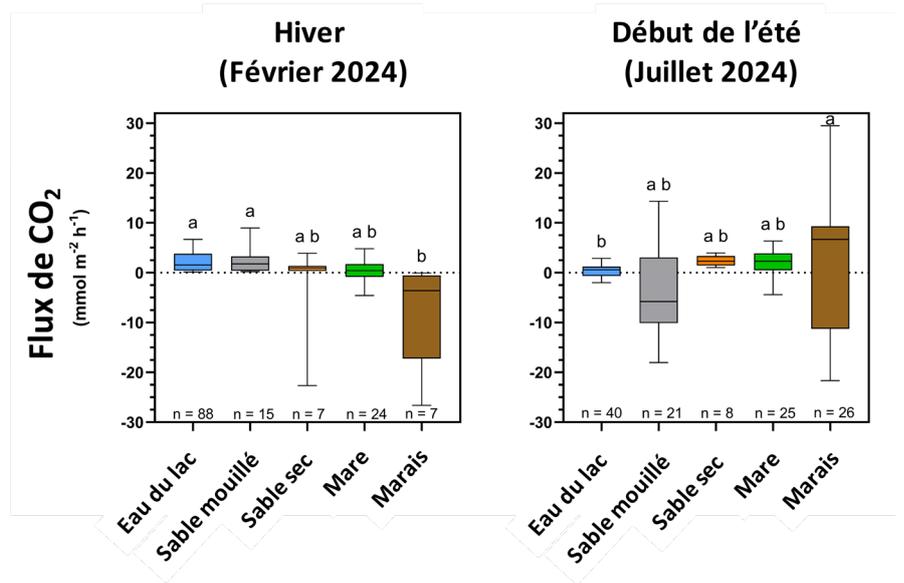


Figure 11: flux de dioxyde de carbone (CO_2) mesurés le long du continuum lac-terre en hiver et en début de l'été 2024 sur deux lacs aquitains (données regroupées Carcans-Hourtin + Lacanau). Le traitement des données obtenues à la fin de l'été est en cours. Les lettres indiquent le résultat statistique obtenu à partir du test H de Kruskal-Wallis et de Dunn.

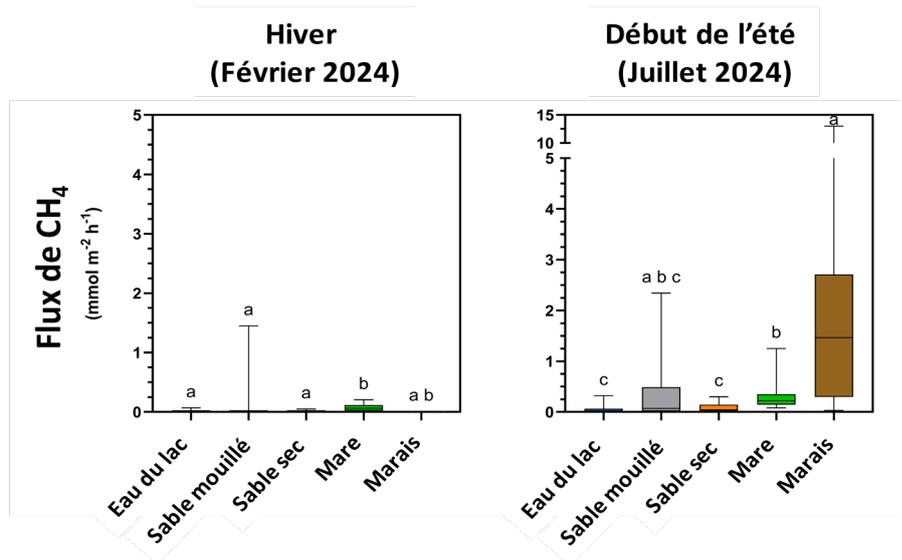


Figure 12: flux de méthane (CH_4) mesurés le long du continuum lac-terre en hiver et en début de l'été 2024 sur deux lacs aquitains (données regroupées Carcans-Hourtin + Lacanau). Le traitement des données obtenues à la fin de l'été est en cours. Les lettres indiquent le résultat statistique obtenu à partir du test H de Kruskal-Wallis et de Dunn.

Lac de Lacanau ©Marie Sellier



La présence de végétaux semble influencer de manière significative les valeurs de flux mesurées, avec des émissions de CO₂ réduites en milieu terrestre grâce à la présence de végétation (figure 13). A l'inverse, les émissions de CH₄ seraient légèrement plus importantes en présence de végétaux aquatiques (les mesures ont été effectuées sur les herbiers d'hydrophytes invasives) et confortent des résultats que l'on avait déjà obtenus par le passé.

En 2025, nous comptons poursuivre l'étude en réalisant des mesures similaires sur les lacs de Cazaux-Sanguinet et de Parentis-Biscarrosse. Nous obtiendrions donc un bilan annuel des émissions des différentes zones littorales et pélagiques pour les quatre grands lacs. Ces émissions seront comparées à la capacité de stockage du carbone dans le sédiment. Cette comparaison sera possible grâce aux carottages effectués par des collègues de l'UMR Chrono, qui vont dater les carottes pour calculer un taux de stockage sédimentaire du carbone (analyses en cours). Pour le lac de Carcans-Hourtin uniquement, il sera possible de faire une simulation à long-terme des émissions, en fonction de différents scénarios de baisse du niveau d'eau par la modélisation hydrologique de la nappe affleurante.

Ressources humaines mobilisées

- *Chercheurs invités (Univ. De Parme, Italie)* - Prof. M. Bartoli, PhD S. Benelli, M2 B. Lecchini, février, juillet et septembre 2024
- *Chercheur invité (UMR Chrono)* - L. Millet, novembre 2024
- *Postdoc 2 ans* - J Mayen, début 15/04/2024
- *Stagiaire M2* - L. Lefrere, 15/01 - 15/06/2025
- *Stagiaire M2* - E. Chevillard, 03/02 - 03/07/2025
- *Projet fin d'étude, élève ingénieur* - A. Bretthauer, oct 24-mars 25

Communication

- Présentations orales
 - Commission Locale de l'Eau, Lacs Médocains 13/09/2024. Ribaudou et al.
- Posters
 - Journées Internationales Limnologie et Océanographie (octobre 2024). Mayen et al.
 - Journées Annuelles du Programme PEPR FairCarboN (novembre 2024). Mayen et al.

Co-financements en appui à l'Action :

- Bordeaux INP
 - Financement 100% de la venue du Prof. invité M. Bartoli en Février et Septembre 2024
- RRI Tackling Global Change - Univ. de Bordeaux
 - Financement 100% des analyses de C et N dans les sédiments
 - Financement 100% d'un stagiaire M2
- PEPR FairCarboN
 - Financement de la venue du chercheur L. Millet (UMR Chrono), pour le carottage et la datation des sédiments lacustres (novembre 2024)
- ENSEIGID et UMR EPOC
 - Co-financement de 73% de l'achat d'un nouveau chromatographe à phase gazeuse

« Il y a peu d'informations pour le moment sur les lacs landais en terme d'émissions de carbone, ces secteurs doivent être prospectés. »



Observations des végétaux à Lacanau ©Marie Sellier



DYNAMIQUES SPATIO-TEMPORELLES DES COMMUNAUTÉS DE MACROPHYTES AQUATIQUES DES LACS ET ÉTANGS DU LITTORAL AQUITAIN

Vincent Bertrin^{1,2*}, Sébastien Boutry^{1,2}, Alain Dutartre³, Gwilherm Jan¹, Alice Maujarret¹, Sylvia Moreira¹, Aurélien Jamoneau^{1,2}

Cette action du projet Vigie-Lacs a pour principal objectif l'**analyse de la dynamique spatio-temporelle des végétaux aquatiques sur le long terme**. Cette analyse est possible grâce aux données acquises par le Cemagref-Irstea depuis le début des années 1980 pour certains plans d'eau. De 2022 à 2024, **14 plans d'eau ont fait l'objet d'observations des macrophytes sur l'ensemble de leur périphérie**, à l'aide du même protocole mis en œuvre depuis 40 ans. Cette action a fait l'objet d'un stage de Master 2 en 2024, dédié aux données acquises en 2022 et 2023 sur les lacs de Carcans-Hourtin et de Lacanau.

Les résultats indiquent que depuis 2011, les peuplements de macrophytes des lacs médocains sont stables, avec une majorité de plantes de bordures (hélrophytes) et de macroalgues Characées. Les occurrences de la Lobélie de Dortmund sont en légère régression dans le lac de Lacanau, tandis qu'elles progressent dans celui de Carcans-Hourtin (figure 14). Les abondances de l'ensemble des isoétides sont stables à Lacanau et en progression à Carcans-Hourtin. Les abondances des espèces exotiques envahissantes (Jussie, Lagarosiphon et Egeria) sont en régression dans les deux lacs médocains. Les occurrences de Jussie sont en progression dans les deux lacs. À Lacanau, les occurrences de Egeria sont en régression tandis que celles de Lagarosiphon sont en progression. Il est possible que les observations des hydrophytes telles que Egeria

et Lagarosiphon soient légèrement sous-estimées en 2022 et 2023. En effet, les niveaux d'eau relativement élevés lors des observations en début d'été ont rendu plus difficile l'observation des plantes aquatiques dans les zones habituellement accessibles à pied.

Des premiers résultats sont également disponibles pour les étangs landais étudiés en 2023 et 2024. Les dynamiques sont propres à chaque plan d'eau. Elles viendront compléter les analyses effectuées dans le cadre du projet DYLAQ⁴. Cependant, il est important d'insister sur les premières observations de Myriophylle du Brésil et de Egeria dans l'étang Blanc. À noter également la disparition prochaine très probable de Lobélie de Dortmund dans ce même étang. Egeria a également été vue pour la première fois dans l'étang de Léon. Enfin, les Jussies sont en progression dans les étangs de Léon, Hardy et Blanc.

Cette action du projet Vigie-Lacs propose également d'identifier l'influence des altérations physiques d'origine anthropique des zones littorales lacustres sur l'occurrence,

l'abondance et la composition spécifique des végétaux aquatiques. Pour cela, en supplément des relevés floristiques, un inventaire des perturbations d'origine anthropique de l'hydromorphologie a été réalisé sur chaque plan d'eau. Les premiers résultats acquis sur les lacs médocains indiquent que les isoétides sont présentes majoritairement dans les zones ne présentant pas d'altération de l'hydromorphologie (figure 15). Elles peuvent tout de même être parfois fréquentes dans certaines zones faiblement aménagées. Les espèces exotiques envahissantes sont plus fréquentes dans les zones impactées par les activités humaines, mais leur abondance n'y est pas particulièrement plus élevée.

Il reste deux plans d'eau à étudier en 2025 et 2026, il s'agit des lacs de Cazaux-Sanguinet et de Parentis-Biscarrosse. L'analyse de la dynamique de la superficie et de la densité des roselières sera également réalisée durant cette période et fait déjà l'objet d'un projet tutoré avec les étudiants de l'ENSEGID.



Exemples d'altérations de l'hydromorphologie des rives des lacs ©INRAE



(1) INRAE, UR EABX, 50 avenue de Verdun, 33612 Cestas Cedex
* +33 557 890 800 vincent.bertrin@inrae.fr

(2) Pôle R&D ECLA Ecosystèmes lacustres

(3) expert indépendant

⁴ Jamoneau, A., Archambaud, G., Argillier, C., Bertrin, V., Boutry, S., Dublon, J., Laplace-Treytore, C., Mazella, N., & Vedrenne, J. (2022). Dynamiques écologiques temporelles des lacs du littoral aquitain – DYLAQ - Tome 2: Les paramètres environnementaux et biologiques (1^{re} édition). INRAE, UR EABX.

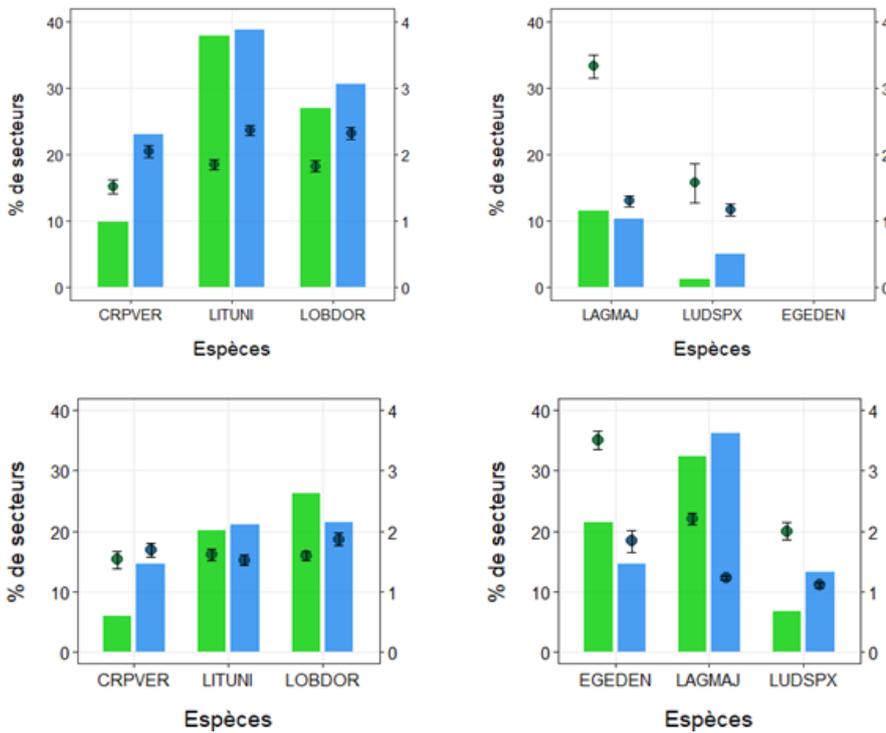


Figure 14 : dynamique de la fréquence (axe à gauche - barres) et de l'abondance (axe à droite - points) des isoétides et des espèces exotiques envahissantes dans le lac de Carcans-Hourtin (en haut) en 2011 (vert) et 2022 (bleu) et le lac de Lacanau (en bas) en 2011 (vert) et 2023 (bleu). CRPVÉR : Caropsis verticillato-inundata, LITUNI : Littorella uniflora, LOBDOR : Lobelia dortmanna, EGEDEN : Egeria densa, LAGMAJ : Lagarosiphon major, LUDSPX : Ludwigia spp.

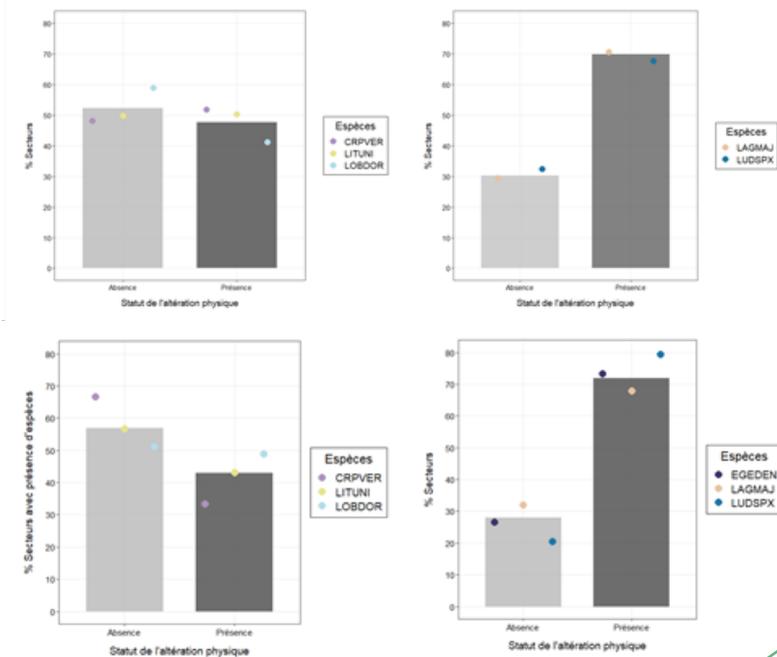


Figure 15 : fréquences des isoétides (à gauche) et des espèces exotiques envahissantes (à droite) selon la présence ou l'absence d'altération physique d'origine anthropique dans le lac de Carcans-Hourtin (en haut) en 2022 et le lac de Lacanau (en bas) en 2023. CRPVÉR : Caropsis verticillato-inundata, LITUNI : Littorella uniflora, LOBDOR : Lobelia dortmanna, EGEDEN : Egeria densa, LAGMAJ : Lagarosiphon major, LUDSPX : Ludwigia spp.

Valorisations :

➤ Alice Maujarret, 2024. Étude de la dynamique spatio-temporelle des macrophytes aquatiques dans les lacs médocains et de l'impact des altérations physiques d'origine anthropique. Université Aix Marseille, Master Science de la mer, parcours Océanographie Biologie et Ecologie Marine. INRAE EABX

➤ Vincent Bertrin, Alice Maujarret, Sébastien Boutry, Gwilherm Jan, Alain Dutartre, Aurélien Jamoneau, 2024. Impacts des altération physiques d'origine anthropique sur les dynamiques écologiques des macrophytes aquatiques des lacs et étangs du littoral aquitain. Journées internationales de limnologie et d'océanologie, JILO 2024. Bordeaux, 16 octobre 2024.

➤ Estelle Jardot, Vincent Bertrin, 2024. Biodiversité autour des lacs : premiers bilans et perspectives. Commission Locale de l'Eau, Comité de Pilotage des Lacs Médocains. Lacanau, 13 septembre 2024

➤ Vincent Bertrin, Alice Maujarret, Sébastien Boutry, Gwilherm Jan, Aurélien Jamoneau, 2024. Étude de la dynamique spatio-temporelle des macrophytes aquatiques dans les lacs médocains et de l'impact des altérations physiques d'origine anthropique. Comité de pilotage du PNA "Végétations et habitats de bords d'étangs arrière-littoraux". Audenge, 19 décembre 2024

« En terme de corrélation, il faut rester prudent. Ce qu'on peut dire par exemple pour l'activité chasse, c'est que les zones privilégiées par ces usages sont des zones où ces espèces vont aussi préférentiellement s'installer »

MODÉLISATION DE LA DISTRIBUTION SPATIALE DES MACROPHYTES AQUATIQUES DES LACS DU LITTORAL AQUITAIN DANS LE CONTEXTE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Rainer Ferdinand Wunderlich¹, Sébastien Boutry^{1,2}, Aurélien Jamoneau^{1,2}, Vincent Bertrin^{1,2*}

Notre objectif ici est de contribuer à la gestion locale des macrophytes aquatiques dans les conditions actuelles du climat, et d'anticiper les potentiels changements de leur distribution spatiale dans une projection d'augmentation des températures. En utilisant des modèles de distribution des espèces (JSDM), nous associons des données de présence-absence des macrophytes à des variables environnementales et des traits écologiques, afin de prédire la répartition spatiale et la diversité de 44 plantes aquatiques des lacs de Carcans-Hourtin, Lacanau et de Cazaux-Sanguinet.

Les variables environnementales considérées incluent les **propriétés physiques des lacs** (dont la température de surface actuelle et un scénario de réchauffement de 2°C), les **perturbations anthropiques de l'hydromorphologie**, la **courbure du littoral**, la **topographie lacustre**, l'**occurrence** (présence temporaire ou permanente) **de l'eau et de l'humidité à proximité des berges**, et l'**accessibilité humaine**. Par la suite, nous utilisons une priorisation spatiale basée sur les seuils de percentiles pour identifier les zones pertinentes pour une gestion de conservation des espèces.

Nos résultats montrent que la capacité qu'ont les biotopes littoraux au développement des macrophytes est largement influencée par l'occupation du sol et l'accessibilité humaine (figure 16).

De plus, cette capacité d'accueil de la flore aquatique et la diversité des espèces indigènes diminuent dans les lacs dans le scénario du réchauffement. Ces biotopes littoraux sont plus défavorables pour les communautés d'isoétides que pour les espèces exotiques envahissantes - suggérant une potentielle succession à venir de changements dans la composition des communautés, des états trophiques lacustres plus élevés et une altération des services écosystémiques.

Par conséquent, nous suggérons d'adopter immédiatement des principes de gestion adaptative dans les zones sensibles de gestion de conservation identifiés, incluant le contrôle et le suivi ciblé des espèces invasives ainsi que des mesures de conservation et de restauration pour les espèces natives, en particulier les isoétides (exemple de localisation des zones sensibles de gestion dans la figure 17).

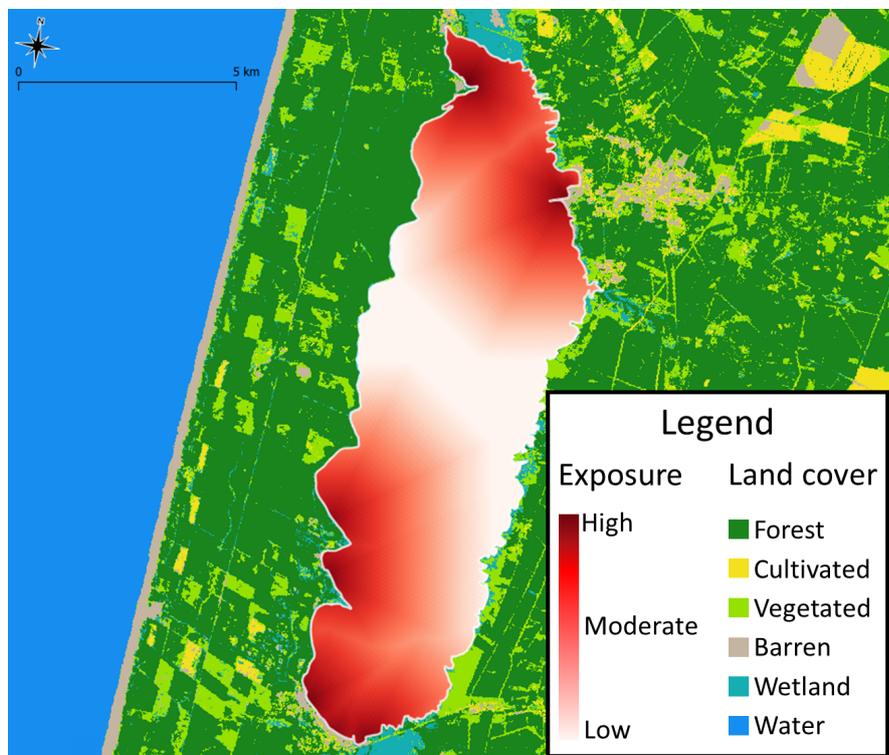


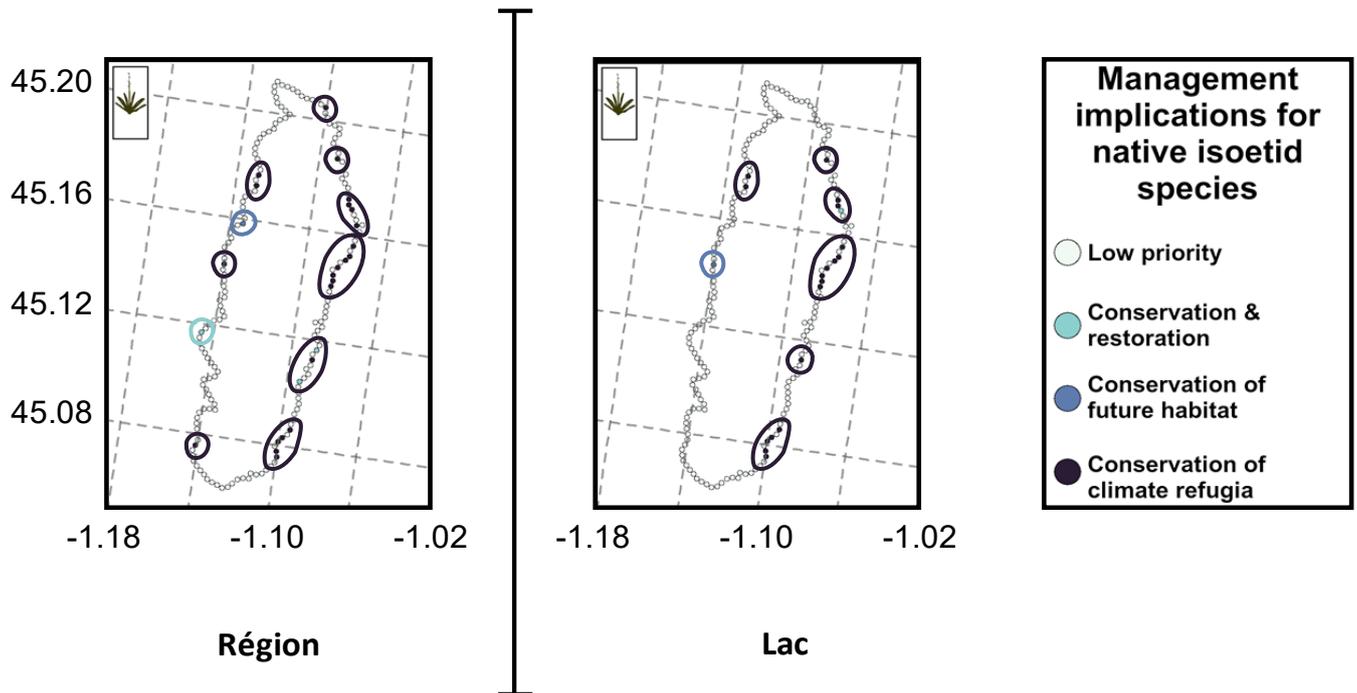
Figure 16 : carte de l'exposition du lac à l'accessibilité humaine, fondée sur le coût énergétique dépensé depuis un point d'accès le plus proche (par exemple, un parking).

(1) INRAE, UR EABX, 50 avenue de Verdun, 33612 Cestas Cedex

* +33 557 890 800 vincent.bertrin@inrae.fr

(2) Pôle R&D ECLA Ecosystèmes lacustres

Figure 17 : zones sensibles de gestion cartographiées pour les isoétides en utilisant les seuils du 90e percentile calculés sur la région (gauche) ou pour chaque lac individuel (droite).



« Le modèle pourra s'améliorer aussi avec les données issues du modèle d'Alexandre Pryet présenté précédemment ».



Valorisations :

➤ Wunderlich, R. F., Jamoneau, A., Boutry, S., Hosni, M., & Bertrin, V. (2025).

Model-based management of macrophytes in shallow lakes under warming. Journal of Environmental Management, 378, 124543. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124543>

➤ Maha Hosni, 2024.

Modeling the distributions of macrophytes in Aquitanian lakes as a function of physical and hydrodynamic variables, and landscape metrics. Master Modelling of Ecological Systems (MSE), Université Paul Sabatier, Toulouse III.

➤ Rainer Ferdinand Wunderlich, Vincent Bertrin, Sebastien Boutry, Maha Hosni, Aurélien Jamoneau, 2024.

Model-based management of macrophytes in shallow lakes of southwestern France under warming. Journées internationales de limnologie et d'océanologie, JILO 2024. Bordeaux, 16 octobre 2024.



Végétation autour du lac de Lacanau ©Marie Sellier

ÉTUDE D'UNE ÉVENTUELLE COMPÉTITION ENTRE DEUX ISOÉTIDES : *LOBELIA DORTMANNA* ET *SAGITTARIA GRAMINEA*

Aurélien Jamoneau^{1,2*}, Cristina Ribaud³, Gwilherm Jan¹, Sylvia Moreira¹ et Vincent Bertrin^{1,2}

Les lacs naturels de la côte aquitaine abritent des populations spécifiques et protégées d'isoétides, des macrophytes menacés par divers facteurs environnementaux. Hormis les nombreux facteurs abiotiques tels que l'eutrophisation, les perturbations hydromorphologiques ou le dérèglement climatique, la **compétition biotique** avec des espèces exotiques suscite des inquiétudes quant à leur impact potentiel sur la croissance et l'habitat des espèces indigènes patrimoniales.

Présente pour la première fois en 1985 dans les relevés du Cemagref dans le lac de Cazaux-Sanguinet, les occurrences de *Sagittaria graminea* n'ont cessé d'augmenter depuis (Bertrin 2018). Elle a également été signalée depuis dans le lac de Parentis-Biscarosse et celui de Petit-Biscarosse, marquant une progression constante dans ces écosystèmes. Originaire d'Amérique du Nord, cette espèce colonise les substrats minéraux peu profonds et est considérée comme un indicateur biologique de bonne qualité des eaux dans les lacs nord-américains (Catling et al. 1986, Nichols 1999). Appartenant

à la famille des *Alismataceae*, la sagittaire à feuilles de graminée possède donc une forme de vie de type isoétide et un habitat proche des isoétides protégées des lacs aquitains, comme *Lobelia dortmanna*. Cependant, il n'existe à notre connaissance que peu d'informations sur les effets du développement de *S. graminea* dans les écosystèmes lacustres, n'étant connue sur le continent Européen que sur le territoire métropolitain (Hussner, 2012). Par conséquent, son impact sur les écosystèmes naturels est encore totalement inconnu et son caractère envahissant et invasif encore à démontrer. À ce titre, le Plan National d'Action (PNA) sur les isoétides (Loriot, 2020) souligne la nécessité d'approfondir les recherches sur sa dynamique de colonisation, sa distribution et ses interactions avec les espèces indigènes.

Cette étude vise à analyser une potentielle compétition entre *L. dortmanna* et *S. graminea* dans le lac de Cazaux-Sanguinet, où les deux espèces coexistent (figure 18).

Pour ce faire, un suivi pluriannuel a été mis en place sur 18 quadrats de 1x1 m avec trois conditions expérimentales : présence exclusive de l'espèce indigène, de l'espèce exotique, et coexistence des deux espèces.

En 2023, plus de 1600 individus ont été localisés spatialement dans chaque quadrat, leur activité photosynthétique quantifiée et les traits biologiques mesurés (longueur et largeur des feuilles) (figure 18). Les sédiments ont également été analysés pour évaluer leur teneur en matière organique et leur granulométrie.

« À la fin des années 70, dans le lac de Cazaux-Sanguinet, *Sagittaria graminea* a été repérée car des feuilles et des fleurs émergeaient. Mais il s'agissait d'observations ponctuelles, pas en herbiers aussi denses que ceux observés ces dernières années. »



Figure 18 : illustration des deux espèces d'isoétides (haut-gauche) et des mesures effectuées sur le terrain sur les longueurs-largeurs de feuilles (haut-droit) et sur l'activité photosynthétique (bas).



Suivi des plantes au lac de Cazaux-Sanguinet ©INRAE

- (1) INRAE, UR EABX, 50 avenue de Verdun, 33612 Cestas Cedex
* +33 557 890 820 aurelien.jamoneau@inrae.fr
- (2) Pôle R&D ECLA Ecosystèmes lacustres
- (3) UMR 5805 EPOC, 33600 Pessac

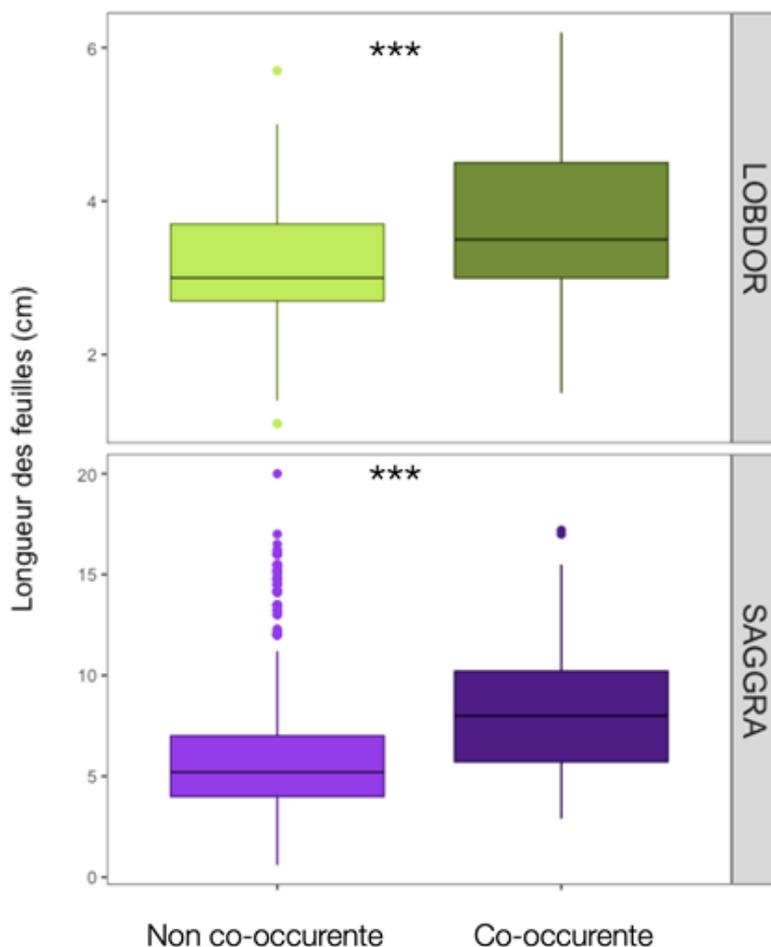
Les premières analyses montrent que *L. dortmanna* et *S. graminea* partagent un biotope similaire d'un point de vue sédimentaire, mais que leur cooccurrence semble induire des réponses physiologiques chez les deux espèces.

Ainsi, en cooccurrence les deux espèces possèdent des feuilles plus longues que lorsqu'elles sont seules (figure 19). En cooccurrence, le taux de rendement photosynthétique apparaît quant à lui légèrement plus fort pour *L. dortmanna* et plus faible pour *S. graminea*. De plus, la distribution spatiale de chacune des espèces diffère, celle de *L. dortmanna* affichant un patron d'agrégation alors que *S. graminea* une distribution plus régulière.

Cependant, ces résultats ne permettent pas encore à ce stade de conclure sur d'éventuels effets négatifs directs de l'espèce exotique sur l'espèce indigène.

Des échantillonnages futurs et des analyses supplémentaires permettront de confirmer ces premières analyses et de mieux évaluer l'impact écologique de *S. graminea*. Une relecture de l'ensemble de ces quadrats est en effet prévu pour 2026 afin d'évaluer la dynamique des deux espèces sur quelques années. Cette démarche contribuera à éclairer le caractère potentiellement envahissant de *S. graminea* et son impact sur les communautés indigènes des lacs aquitains, tout en répondant aux enjeux soulevés par le PNA sur les isoétides.

Figure 19 : variation de la longueur des feuilles pour *Lobelia dortmanna* (LOBDOR – en haut) et *Sagittaria graminea* (SAGGRA – en bas) en fonction de si chacune des espèces étaient présente en co-occurrence avec l'autre espèce d'intérêt (co-occurrence) ou sans l'autre espèce d'intérêt (non co-occurrence). *** indique une différence statistique significative entre les deux conditions (co-occurrence ou non co-occurrence).



Références

➤ Bertrin V. (2018) Écologie et déterminisme physique des peuplements de macrophytes dans les lacs naturels peu profonds - Application aux grands lacs du littoral aquitain de Carcans-Hourtin, Lacanau, Cazaux-Sanguinet et Parentis-Biscarrosse (Gironde, Landes). Université de Bordeaux.

➤ Catling, P. M., Freedman, B., Stewart, C., Kerekes, J. J., & Lefkovich, L. P. (1986). Aquatic plants of acid lakes in Kejimikujik National Park, Nova Scotia; floristic composition and relation to water chemistry. *Canadian Journal of Botany*, 64(4), 724–729.

➤ Hussner A. (2012) Alien aquatic plant species in European countries. *Weed Research* 2012; 52: 297–306.

➤ Lorient S. (2020) Plan National d'Actions en faveur des végétations de bords d'étangs arrière- littoraux (Landes et Gironde) (2021-2031). Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Nouvelle-Aquitaine, Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique.

➤ Nichols, S., Weber, S., & Shaw, B. (2000). A proposed aquatic plant community biotic index for Wisconsin lakes. *Environmental Management*, 26(5), 491–502.

Valorisations :

➤ Aurélien Jamoneau, Cristina Ribaud, Gwilherm Jan, Sylvia Moreira, Vincent Bertrin, 2024. Fact or fiction? The battle between native and exotic isoetid species. Journées internationales de limnologie et d'océanologie, JILO 2024. Bordeaux, 16 octobre 2024.

BIOMASSES DES ESPÈCES EXOTIQUES ENVAHISSANTES

Vincent Bertrin^{1,2*}, Sébastien Boutry^{1,2}, Gwilherm Jan¹, Aurélien Jamoneau^{1,2}, Cristina Ribaudó³

Les **observations par échosondages** des végétations aquatiques ont débuté en 2011 et ont été poursuivies en 2014 et 2015 dans les 4 grands lacs aquitains. Ces cartographies ont pour objectif d'évaluer la colonisation des hydrophytes exotiques (*Egeria densa* et *Lagarosiphon major*) dans les zones profondes des plans d'eau, complétant ainsi les observations menées sur les rives des lacs par l'approche « secteurs » (figure 20). Cependant, cette méthode peut être améliorée grâce à des technologies plus avancées. À l'origine du projet Vigie-lacs, il était envisagé d'utiliser un sondeur monofaisceau bifréquence, installé sur un drone aquatique autonome. En plus d'obtenir des images précises des fonds lacustres, de la canopée des herbiers et de l'épaisseur de la vase, ce système aurait offert l'avantage de surmonter les dérives liées aux conditions de navigation difficiles (vent, vagues, courants) rencontrées avec les embarcations classiques. Le drone, piloté par un GPS, aurait également permis de réaliser des transects de manière précise et répétable, en géoréférençant les données en temps réel.

En 2023, l'équipe ECOVEA d'INRAE a défini un cahier des charges avec le soutien de l'OASU afin d'aider les potentiels fournisseurs à proposer une solution satisfaisante. Or, aucun d'entre eux n'a répondu favorablement en raison des contraintes liées aux faibles profondeurs des lacs aquitains

et de l'accès aux données brutes pour leur traitement automatique. Un fournisseur nous a proposé de tester un prototype (lac du Salagou (34) en novembre 2023), mais ce dernier n'a pas donné satisfaction. En l'absence de matériel adéquat, un recrutement en CDD pour tester l'application de l'intelligence artificielle dans l'analyse des images a été envisagé, mais il semblerait que les profils compétents pour réaliser ce travail soient très difficiles à trouver. En 2025, le projet Macoustique du pôle ECLA (en collaboration avec l'UMR CARTELE) visera à comparer les méthodes traditionnelles d'échantillonnage de la biomasse avec celles obtenues par hydroacoustique, et à tester le sondeur HARLE, destiné à l'origine pour des observations de la faune piscicole, pour l'analyse des plantes aquatiques.

Bien que l'échosondage demeure une méthode précise pour estimer la biomasse aquatique, elle est chronophage et nécessite plusieurs jours d'opération. Par conséquent, il est envisagé d'ajouter une méthode complémentaire de

détection, telle que la télédétection, pour détecter les changements dans la distribution spatiale des plantes. Ce domaine en plein essor pourrait permettre de simplifier les protocoles et de collaborer avec des chercheurs experts en télédétection, notamment du CNR-IREA de Milan (IT). Des tests préliminaires ont été réalisés pour évaluer la faisabilité de cette méthode à l'échelle des lacs aquitains. En septembre 2024, 3 collègues italiens sont ainsi venus réaliser des tests préliminaires *in situ* des principales signatures spectrales du matériel biologique (eau, plantes, sédiments) dans trois lacs (figure 21) en vue d'exploiter des images du satellite « Sentinel-2 ».

- (1) INRAE, UR EABX, 50 avenue de Verdun, 33612 Cestas Cedex
* +33 557 890 820 vincent.bertrin@inrae.fr
- (2) Pôle R&D ECLA Ecosystèmes lacustres
- (3) UMR 5805 EPOC, 33600 Pessac

Figure 20 : échosondeur de l'INRAE

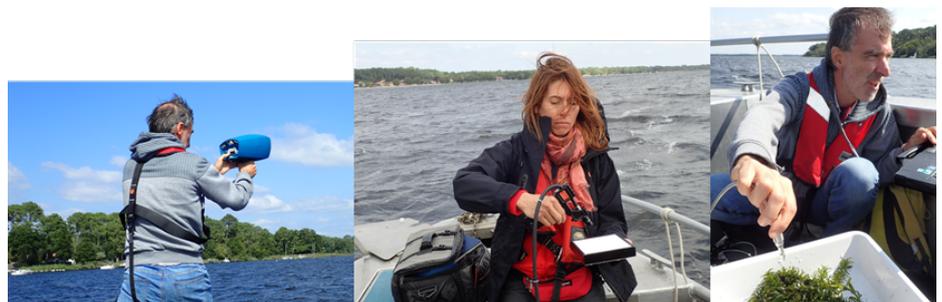
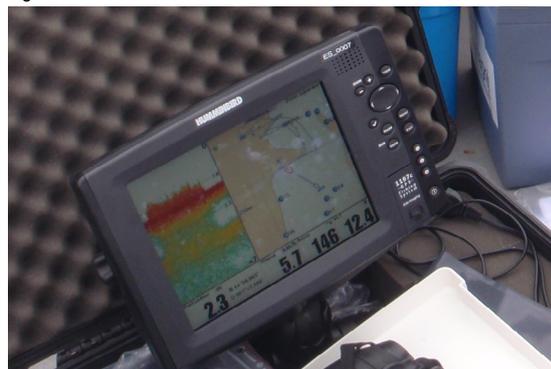


Figure 21 : mesures de signatures spectrales réalisées dans les lacs de Lacanau, Parentis-Biscarrosse et Cazaux-Sanguinet par les collègues du CNR IREA (Milan, IT) en septembre 2024

DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE DES COMMUNAUTÉS À ISOÉTIDES DES LACS ET DES ÉTANGS DU LITTORAL AQUITAIN

Estelle-Marie Debailleul^{1,2}, Olivier Lepais², Aurélien Jamoneau^{1,3*}

Les lacs du littoral aquitain arborent une diversité exceptionnelle en hébergeant notamment des communautés de plantes spécifiques des milieux aquatiques oligotrophes de faible profondeur : les communautés à isoétides. Ces végétations sont en revanche en fort déclin depuis plusieurs dizaines d'années, en raison de l'impact des changements globaux sur les écosystèmes. Si les connaissances sur la structure et la composition floristique des communautés à isoétides a beaucoup progressé depuis les années 60, les processus éco-évolutifs qui façonnent la dynamique de ces communautés sont encore mal connus. Pourtant, les connaissances sur la dynamique des populations d'isoétides et plus précisément sur leur fonctionnement en métapopulations et métacommunautés, sont absolument nécessaires pour la mise en œuvre d'actions de conservation optimales.

L'objectif de cette étude est de comprendre la répartition de la diversité génétique des populations de deux espèces patrimoniales, *Littorella uniflora* et *Lobelia dortmanna*, ainsi que de sept autres espèces de macrophytes composant les communautés à isoétides. Les connaissances acquises devraient nous permettre de fournir des informations cruciales sur l'écologie des espèces et d'alimenter les plans de gestion et de conservation des communautés de macrophytes des grands lacs aquitains.

Nous avons échantillonné 33 sites au sein de cinq lacs du littoral aquitain (Carcans-Hourtin, Lacanau, Cazaux-Sanguinet, Parentis-Biscarrosse et l'Étang Blanc), extrait l'ADN et génotypé par séquençage les 3000 échantillons récoltés grâce à des marqueurs microsatellites nouvellement développés pour les neuf espèces.

La diversité génétique varie entre espèce et est particulièrement faible pour *L. dortmanna* (figure 22). L'étude de la distribution de la diversité génétique au sein et entre les lacs sera menée avec trois objectifs principaux :

1

Identifier les processus façonnant la structure génétique des populations

2

Déterminer les facteurs environnementaux influençant ces dynamiques de populations

3

Comprendre dans quelle mesure les processus façonnant la diversité génétique (dispersion, dérive, sélection) régissent en parallèle la structure et la composition taxonomique des communautés de macrophytes.

« Peu de diversité génétique a été observée sur *Lobelia* : nous aimerions génotyper des espèces d'Europe du nord pour savoir si ce peu de diversité tient à la population de Nouvelle-Aquitaine ou si c'est général à l'espèce. »

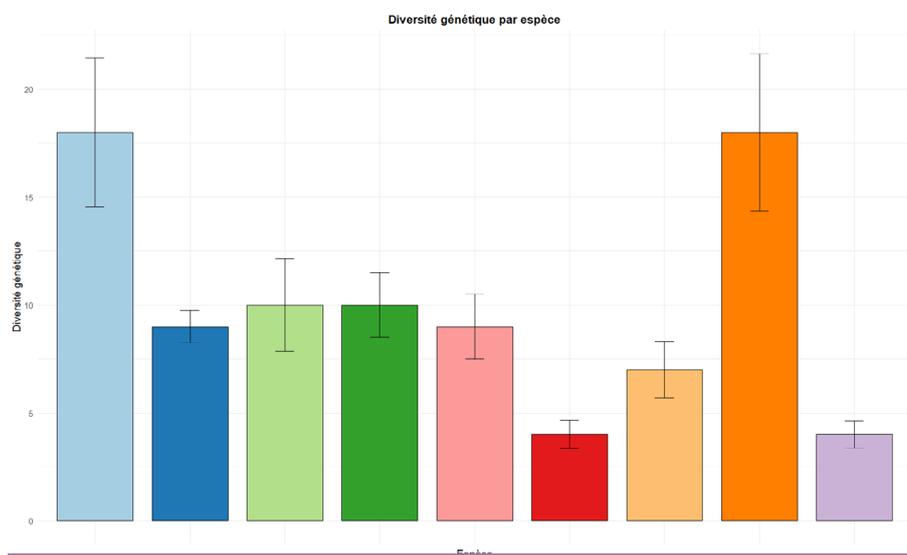


Figure 22 : diversité génétique par espèce estimée par le nombre moyen d'allèles par marqueur microsatellite séquencé (les barres représentent les écarts-types).

Espèces

- Baldellia ranunculoides (6n)
- Chara fragifera (2n)
- Eleocharis multicaulis (2n)
- Juncus bulbosus (2n)
- Littorella uniflora (4n)
- Lobelia dortmanna (2n)
- Myriophyllum alterniflorum (2n)
- Phragmites australis (2n)
- Schoenoplectus pungens (2n)

¹ INRAE, UR EABX, 50 avenue de Verdun, 33612 Cestas Cedex
² INRAE, Univ. Bordeaux, UMR 1202 BIOGECO, 33610 Cestas, France
³ Pole R&D ECLA Ecosystèmes lacustres
 * +33 557 890 820 aurelien.jamoneau@inrae.fr

ÉVALUER L'EFFICACITÉ DES OPÉRATIONS DE RESTAURATION DES RIVES DU LAC DE CARCANS-HOURTIN

Vincent Bertrin^{1,2*}, Sébastien Boutry^{1,2}, Gwilherm Jan¹, Sylvia Moreira¹, Aurélien Jamoneau^{1,2}

Les plantes aquatiques des lacs du littoral aquitain sont soumises à de nombreuses altérations physiques d'origine anthropique, telles que l'artificialisation des berges, le piétinement ou encore l'échouage et le mouillage des embarcations sur les rives. Ces altérations sont en partie à l'origine d'une régression progressive de certaines espèces, notamment les isoétides. En 2020, le SIAEBVELG a mis en œuvre des actions de restauration de plusieurs sites du lac de Carcans-Hourtin consistant, par exemple, en des mises en défens contre le passage de véhicules pour réduire, voire stopper ces altérations. Cette même année, un état initial dans ces zones a été réalisé par l'équipe ECOVEA d'INRAE, afin de suivre sur le moyen/long terme les dynamiques de la flore aquatique et des paramètres environnementaux locaux pertinents, et d'évaluer les effets des actions de restauration.

En 2020, des observations de la végétation aquatique ont été réalisées à grain fin dans 6 stations

à l'aide de carroyages. Des listes taxonomiques des végétaux présents ont été effectuées ainsi qu'une estimation de leur abondance. La densité de pieds de Lobélie de Dortmann a été mesurée.

À cela s'ajoute des mesures sédimentaires *in situ* (pénétrabilité) et en laboratoire (teneur en matière organique et granulométrie). Les principaux résultats obtenus ont permis de décrire les peuplements de macrophytes qui colonisent les stations d'étude avant les travaux de restauration. Ils montrent également que la densité de pieds de Lobélie de Dortmann est significativement plus faible dans les zones impactées par le passage de véhicules dans l'eau (figure 23).

En 2025 seront renouvelées les observations réalisées en 2020. Cette période de 5 ans est nécessaire après les actions de restauration pour laisser aux isoétides, caractérisées par un taux de croissance très faible,

la possibilité d'une éventuelle réinstallation dans les stations restaurées. Comme en 2020, des observations complémentaires seront réalisées et transmises au pôle ECLA pour participer au réseau national de suivi des actions de restauration.

Valorisations :

➤ Vincent Bertrin, Sébastien Boutry, Aurélien Jamoneau, Gwilherm Jan, Sylvia Moreira, et al.. Impact des altérations anthropiques de l'hydromorphologie des zones littorales lacustres sur les communautés d'isoétides. 5e Journées internationales de Limnologie et d'Océanographie (JILO), AFL, Oct 2022, Corte (Corse), France. hal-04013980

➤ Vincent Bertrin, Sébastien Boutry, Mélissa Eon, Gwilherm Jan, Débora Millan-Navarro, et al.. Suivis des restaurations hydromorphologiques en plans d'eau - Suivi des biotopes et des communautés végétales aquatiques. CLE COPIL N2000 Lacs médocains, Jun 2022, Lacanau, France. hal-03722744

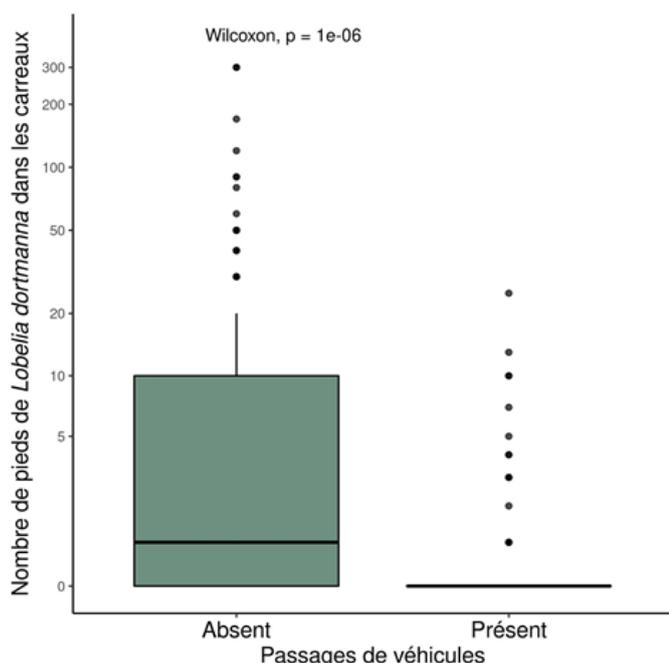


Figure 23 : nombre de pieds de Lobelia dortmann dans les carreaux en présence (n=86) ou non (n=114) de passages de véhicules dans les stations situées en rives Est. Test de Wilcoxon significatif (p<0,01)

(1) INRAE, UR EABX, 50 avenue de Verdun, 33612 Cestas Cedex
* +33 557 890 820 vincent.bertrin@inrae.fr
(2) Pôle R&D ECLA Ecosystèmes lacustres

VALIDER ET BANCARISER LES DONNÉES ACQUISES

Sébastien Boutry^{1,2}, Estelle-Marie Blanquart^{1,3}, Émilie Chancerel³, Alain Dutartre⁴, Mélissa Eon¹, Carine Fortin⁵, Gwilherm Jan¹, Olivier Lepais³, Débora Milan-Navarro¹, Maud Pierre¹, Alexandre Pryet⁶, Cristina Ribaudo⁶, Rainer Ferdinand Wunderlich¹, Aurélien Jamoneau^{1,2}, Vincent Bertrin^{1,2}

Le projet de recherche Vigie-Lacs a pour objectif principal d'acquérir des connaissances scientifiques indispensables à la préservation des communautés de plantes aquatiques fortement menacées par les activités humaines et le changement climatique.

Dans le Volet 4 de ce projet, l'objectif principal est de stocker et de rendre disponible et réutilisable les données collectées en s'appuyant sur le Plan de gestion des données (PGD). Ce document de référence précise toutes les étapes du cycle de la donnée. Pour cela, les principes Findable Accessible Interoperable Reusable (FAIR) seront au centre de notre action afin de répondre au défi de la transparence de la science ouverte.

Le format utilisé pour le stockage des données est le PostgreSQL, choisi pour sa robustesse, sa flexibilité et ses capacités avancées de traitement des données notamment spatiales. La structure de la base de données est conçue

en 17 schémas (dont tables) pour permettre de se retrouver facilement selon le type de données collectées, qu'il s'agisse de mesures biotiques, de données abiotiques, spatialisées ou contextuelles, de données à partir de capteur.

Dans un premier temps, suite à l'acquisition de données, l'alimentation de la base de données Dylaq (projet DYLAQ⁷) en PostgreSQL requiert une segmentation en différentes étapes : création de schémas, validation des données et transfert dans la base de données (BDD).

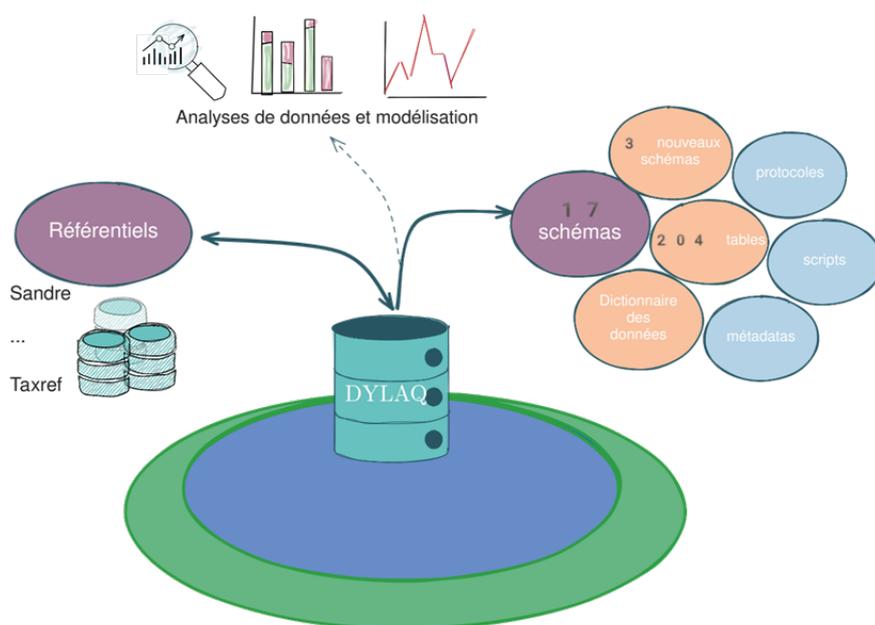
Dans la première étape dite de « création », le renseignement des métadatas des données est mis en place en remplissant la description des tables et des champs dans la BDD. L'étape de « validation » est définie à l'aide de scripts R afin de qualifier et de transférer les données.

Dans un second temps, la mise à disposition d'un dictionnaire de données à l'aide d'un package R

{dbreportR} et des vues simplifient la prise en main de la BDD par les chercheurs.

Dans un dernier temps, l'utilisation de standards de métadonnées comme l'Ecological Metadata Language (EML) et Darwin Core rendra la recherche et l'accès aux données faciles à trouver et réutilisable, ainsi que le dépôt dans un entrepôt de données (accessible).

En intégrant les meilleures pratiques respectant les principes FAIR, Vigie-Lacs aspire à soutenir la communauté scientifique en fournissant des outils et des infrastructures qui favorisent la collaboration et l'innovation. Ce projet ne se limite pas à la collecte de données, mais s'efforce également de créer un écosystème où les données peuvent être facilement partagées et utilisées pour des analyses approfondies, contribuant ainsi à une meilleure compréhension des enjeux environnementaux contemporains.



(1) INRAE, UR EABX, 50 avenue de Verdun, 33612 Cestas Cedex * +33 557 890 820 sebastien.boutry@inrae.fr

(2) Pôle R&D ECLA Ecosystèmes lacustres

(3) INRAE, Univ. Bordeaux, UMR 1202 BIOGECO, 33610 Cestas, France

(4) Expert indépendant

(5) Agence Régionale de la Biodiversité Nouvelle-Aquitaine

(6) Univ. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, EPOC, UMR 5805, Pessac, France

⁷ Référence : Jamoneau, A., Bertrin, V., Boutry, S., Eon, M., Funosas-Planas, D., Laplace-Treytore, C., Mazzella, N., Quinton, E., Reynaud, N., Tenreiro, J., & Vedrenne, J. (2022). Dynamiques écologiques temporelles des lacs du littoral aquitain – DYLAQ - Tome 1: La base de données (1ère édition). INRAE, UR EABX.

COMMUNIQUER ET DIFFUSER LES CONNAISSANCES

Carine Fortin*, Marie Sellier

L'ARB NA apporte ses compétences en accompagnement des porteurs de projets en faveur de la biodiversité, diffusion de la connaissance et ses réseaux d'acteurs : eau, biodiversité, espèces exotiques envahissantes.

En première étape l'ARB NA a établi une charte graphique donnant une identité visuelle à Vigie-Lacs. Les objectifs sont d'identifier le projet, le crédibiliser, et faciliter la communication autour : il est ainsi reconnu au travers des conférences et articles où sont présentés ses résultats et son déroulé. L'ARB NA a ensuite réalisé une page web qui décrit le projet, son équipe, et qui met à disposition des supports, diaporamas, textes, vidéos etc. en lien avec la thématique. Un QR code a été créé pour faciliter lors des campagnes de terrain la communication et les échanges avec le public.

Ces supports ont été relayés dans la lettre d'info de l'ARB NA (2 400 destinataires), sur ses réseaux sociaux (3 500 abonnés Facebook, plus de 9 000 abonnés LinkedIn), son site internet (articles d'actualités, 18 000 visites/mois en moyenne).

L'ARB NA intègre également des éléments de présentation du projet dans ses publications (bilans annuels de l'étiage en Nouvelle-Aquitaine / Focus sur le projet Vigie-Lacs).

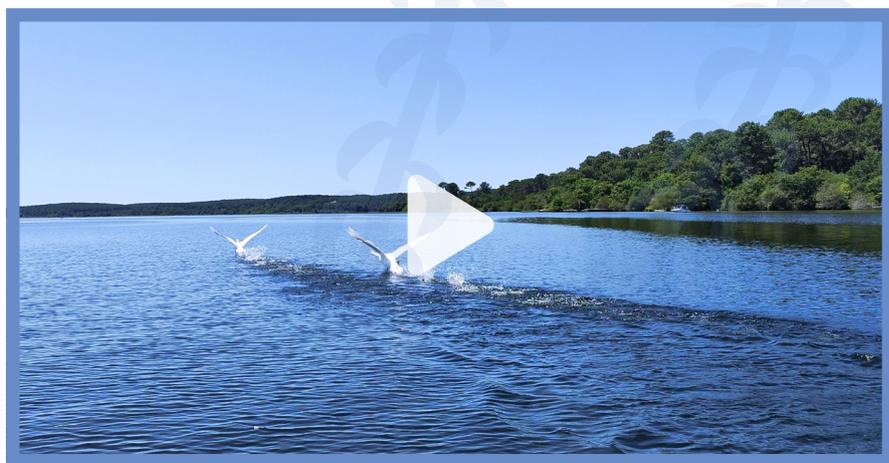
Une première vidéo a été conçue et mise en ligne. Elle explique la genèse, les objectifs et l'intérêt de Vigie-Lacs, montre ce qui est fait pour évaluer et protéger la biodiversité présente sur les lacs et étangs aquitains, et vise à sensibiliser les usagers directs à l'importance des lacs et étangs et à leur protection.

Enfin, l'ARB NA veille à informer ses partenaires de l'existence du projet Vigie-Lacs. Une intervention a été réalisée lors de la journée des Acteurs de l'eau partenaires de l'Observatoire de l'ARB NA en novembre 2023, et une page consacrée dans le document de restitution de la journée.

Pour la suite, l'intégration de résultats dans les outils numériques de l'ARB NA, dédiés aux collectivités, porteurs de projets, citoyens, sera réfléchi. L'ARB NA poursuivra également sa vigilance sur l'articulation des données recueillies avec d'autres bases de données biodiversité et eau en région.



Assemblée des acteurs de l'eau partenaires de l'Observatoire de l'ARB NA - novembre 2023 ©Marie Sellier



*Agence Régionale de la Biodiversité
Nouvelle-Aquitaine
+33 5 49 49 61 00
carine.fortin@arb-na.fr

« Lors des campagnes de terrain, le QR code vers la page dédiée Vigie-Lacs est très apprécié et pratique à communiquer auprès du public intéressé par pour plus d'informations. Il faudrait en avoir un pour toutes les études de terrain ! »



VIGIE-LACS

INRAE
BIODIVERSITÉ
ÉCOSYSTÈMES AQUATIQUES
& CHANGEMENTS GLOBAUX [EABX]

EPOC


**PRÉFET
DE LA RÉGION
NOUVELLE-AQUITAINE**
*Liberté
Égalité
Fraternité*


**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**
*Liberté
Égalité
Fraternité*

eau
GRAND SUD-OUEST
AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE


RÉGION
**Nouvelle-
Aquitaine**

Le projet est prévu sur une durée de cinq ans, en cofinancement avec l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, la Région Nouvelle-Aquitaine, la DREAL Nouvelle-Aquitaine, l'INRAE, le métaprogramme BIOSEFAIR et l'UMR EPOC.

Document réalisé par l'Agence Régionale de la Biodiversité (mars 2025)

ARB
AGENCE RÉGIONALE
DE LA BIODIVERSITÉ
Nouvelle-Aquitaine

