HAL open science

Suivi des restaurations hydromorphologiques en plans d'eau : état initial des communautés végétales aquatiques

Vincent Bertrin, Sébastien Boutry, Mélissa Eon, Gwilherm Jan, Débora Millan-Navarro, Sylvia Moreira, Aurélien Jamoneau

To cite this version:

Vincent Bertrin, Sébastien Boutry, Mélissa Eon, Gwilherm Jan, Débora Millan-Navarro, et al.. Suivi des restaurations hydromorphologiques en plans d'eau : état initial des communautés végétales aquatiques. [Rapport de recherche] INRAE EABX. 2021. hal-03479660

HAL Id: hal-03479660

https://hal.inrae.fr/hal-03479660v1

Submitted on 14 Dec 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Centre
Nouvelle-Aquitaine

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

INRAE

SUIVI DES RESTAURATIONS HYDROMORPHOLOGIQUES EN PLANS D'EAU : ÉTAT INITIAL DES COMMUNAUTÉS VÉGÉTALES AQUATIQUES

Septembre 2021

V. BERTRIN, S. BOUTRY, M. EON, G. JAN, D. MILLAN-NAVARRO, S. MOREIRA, A. JAMONEAU

INRAE – UR EABX, ECOVEA
Pôle R&D Ecosystèmes Lacustres (ECLA)

Lacs Médocains
SIAEBVELG - SAGE - NATURA 2000

RÉGION Nouvelle-Aquitaine

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

Gironde
LE DEPARTEMENT

Résumé

Les communautés végétales des lacs et étangs du littoral aquitain se caractérisent par la présence d'une végétation rase et immergée en bordure de rives, formant les pelouses dites à "isoétides", composées notamment par des espèces protégées comme la Littorelle à une fleur, la Lobélie de Dortmann, le Faux-cresson de Thore et l'Isoète de Bory. Ces plantes sont soumises à de nombreuses altérations physiques d'origine anthropique telles que l'artificialisation des berges, le piétinement par les usagers des lacs ou encore l'échouage et le mouillage des embarcations sur la rive. Ces actions sont en partie à l'origine d'une régression progressive de ces espèces patrimoniales, dont la présence dans cette zone de plaine méridionale de France est remarquable compte tenu de leur répartition géographique concentrée très majoritairement dans les plans d'eau oligotrophes du Nord de l'Europe. Ainsi, le Syndicat Intercommunal d'Aménagement des Eaux du Bassin Versant des Étangs du Littoral Girondin (SIAEBVELG) souhaite mettre en œuvre des actions de restauration de certains sites des lacs impactés par des altérations hydromorphologiques, actions soutenues par les gestionnaires et usagers locaux. Leur objectif principal est de réduire, voire stopper, ces impacts. C'est dans ce contexte que l'équipe ECOVEA de l'unité de recherche EABX à INRAE propose de réaliser en 2020 un état initial de six stations d'étude 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 de l'hydromorphologie des rives du lac de Carcans-Hourtin. Les principaux résultats obtenus permettent de décrire les peuplements de macrophytes qui colonisent les stations d'étude, et de proposer des hypothèses concernant l'atteinte des objectifs de gestion initialement envisagés dans les stations à restaurer, notamment en termes de conservation des isoétides, des roselières et de l'ensemble des communautés végétales aquatiques présentes.

Table des matières

1 Enjeux et objectifs **1**

2 Sites d'étude et méthodologies **3**
2.1 Le lac de Carcans-Hourtin 3
2.2 Sites et stations d'étude 4
2.3 Méthodologies 6

3 Résultats **11**
3.1 Eau et sédiments 11
3.2 Flore aquatique 15

4 Bilan de l'étude **25**

Bibliographie **27**

Annexes **29**

1 Enjeux et objectifs

Les communautés de plantes aquatiques des lacs et étangs du littoral aquitain présentent des spécificités directement liées à la nature géologique des bassins versants et à la qualité de leurs eaux, qui en font des éléments importants du patrimoine naturel régional (Dutartre 2007). Une de leurs spécificités est la présence de végétation rase et immergée en bordure de certains de ces plans d'eau, formant les pelouses dites à "isoétides", composées notamment par des espèces protégées comme la Littorelle à une fleur (*Littorella uniflora* (L.) Asch.), la Lobélie de Dortmann (*Lobelia dortmanna* L.), le Faux-cresson de Thore (*Caropsis verticillato-inundata* (Thore) Rauschert) ou l'Isoète de Bory (*Isoetes boryana* Durieu) (Murphy 2002, Portielje et al. 2014). La présence de ces espèces leur confère de fortes similitudes avec certains grands lacs peu profonds oligo-mésotrophes du Nord de l'Europe nommés *softwater lakes* ou *Lobelia lakes*. Il y a donc une forte responsabilité de conservation vis-à-vis de ces communautés végétales dont l'aire de répartition en métropole se situe majoritairement dans les lacs aquitains.

Les pelouses à isoétides des plans d'eau aquitains sont soumises à des menaces multiples, qu'elles soient d'origine physique (*e.g.* artificialisation des biotopes littoraux), chimique (*e.g.* accélération de l'eutrophisation) ou biologique (*e.g* compétition avec les espèces exotiques envahissantes) (Smolders et al. 2002, Jamoneau et al. 2021). Les effets des altérations anthropiques physiques du littoral lacustre sont souvent sous-estimés vis-à-vis d'autres sources de dégradation des lacs telles que l'eutrophisation et l'acidification (Whittier et al. 2002). L'urbanisation dans la zone riveraine, le renforcement des rives par des enrochements, la création de murs de soutien ou d'aménagements tels que des pontons (Bragg et al. 2003, Ostendorp et al. 2004, Hicks et Frost 2011), les dégâts mécaniques liés au piétinement (*e.g.* baignade, promenade et pratique de la pêche) et à l'échouage et au mouillage des bateaux sur la rive (Liddle et Scorgie 1980, Ostendorp et al. 2009), engendrent une simplification des biotopes physiques littoraux. Ces perturbations ont des impacts forts sur les communautés de macrophytes aquatiques, notamment les isoétides (Jusik et Maciol 2014, Kolada et al. 2017, Bertrin et al. 2018). Face à la régression plus ou moins rapide depuis plusieurs décennies de certaines espèces appartenant aux isoétides, un Plan d'Action National (PNA) en faveur des végétations de bords d'étangs arrière-littoraux des Landes et de Gironde a été établi en 2020 et validé en 2021 (Loriot 2021).

Le Syndicat Intercommunal d'Aménagement des Eaux du Bassin Versant des Étangs du Littoral Girondin (SIAEBVELG) agit pour la préservation des rives des lacs médocains. Il souhaite mettre en œuvre des actions de restauration de certains sites des lacs impactés par des altérations hydromorphologiques (mouillages sauvages, piétinement, circulation pédestre, équestre et motorisée dans les herbiers, etc.). Cette démarche est effectuée avec le soutien des gestionnaires et usagers réguliers des lacs (ONF, Département de la Gironde, associations de chasseurs et de pêcheurs, etc.). Outre la communication et la sensibilisation des usagers sur la biodiversité présente dans ces biotopes aquatiques littoraux, le SIAEBVELG souhaite mettre en place des zones d'accès privilégiés aux rives et limiter certaines altérations avérées de ces milieux. L'objectif principal de ces actions est de réduire, voire stopper, ces impacts de manière à ce que les conditions environnementales locales puissent permettre aux communautés végétales et animales de s'installer et se développer durablement dans ces sites. C'est également l'occasion de sensibiliser les usagers des lacs aux enjeux liés à la préservation des biotopes littoraux lacustres. En effet, les impacts que souhaite réduire le SIAEBVELG dans certains secteurs des plans d'eau sont liés à la pratique d'activités traditionnelles et populaires

comme le nautisme, la baignade et la chasse. Les rives occidentales sont aménagées pour les plaisanciers et de nombreuses zones de baignade et de pêche sont accessibles au plus grand nombre. Le piétinement direct des plantes lié à la fréquentation estivale des certains sites, l'écrasement des végétaux aquatiques lors des échouages volontaires des embarcations sur la rive ainsi que le chaînage des mouillages (ancres et corps-morts) des embarcations qui racle le fond et casse ou arrache les plantes, sont les principaux impacts ciblés dans le cadre de cette étude pour les rives occidentales. Les rives orientales sont moins fréquentées, néanmoins les activités cynégétiques aux abords des rives donnent lieu à des passages de véhicules motorisés dans la zone aquatique littorale pour accéder aux tonnes de chasse. Ces passages ne sont pas concentrés dans une même zone mais dispersés le long des rives des lacs, générant des impacts diffus importants sur la structure physique des biotopes littoraux et la destruction des végétaux aquatiques qui s'y développent, dont les isoétides.

C'est dans ce contexte que le SIAEBVELG a sollicité ses partenaires scientifiques pour qu'ils puissent l'aider à évaluer l'impact des actions de restauration entreprises sur ces milieux. Il souhaite mettre en place un suivi permettant une évaluation de l'efficacité de cette restauration sur le temps long. Cette démarche s'inscrit dans le réseau national de suivi des actions de restauration hydromorphologique des plans d'eau rédigé par le pôle R&D ECLA Écosystème Lacustre. Dans un premier temps, l'équipe ECOVEA de l'unité de recherche EABX à INRAE propose de réaliser en 2020 un état initial des sites étudiés permettant de suivre sur le moyen/long terme les dynamiques de la flore aquatique et des paramètres environnementaux locaux pertinents, afin d'évaluer les effets des actions de restauration de l'hydromorphologie des rives du lac de Carcans-Hourtin. Ce rapport présente les résultats obtenus dans la réalisation de cet état initial.

2 Sites d'étude et méthodologies

2.1 Le lac de Carcans-Hourtin

Situé à l'extrême Nord de la chaîne des lacs et étangs naturels du littoral aquitain, le lac de Carcans-Hourtin fait partie de l'unité géographique des "lacs médocains" qui rassemble également le lac de Lacanau et les étangs de Cousseau, Batejin, Batourtot et Lède Basse (Dutartre 1986). Le lac de Carcans-Hourtin est peu profond (*i.e* profondeur moyenne de l'ordre de 3m et profondeur maximale inférieure à 10m) avec une superficie remarquable pour un plan d'eau naturel, atteignant 60km^2. Long de 16,5km et large de 4km, ce lac est situé à moins de 6km de l'océan Atlantique, dont le cordon littoral dunaire fait office de séparation. Le substrat du lac est donc constitué de "sable des dunes" qui n'est autre que le substrat du plateau landais, également connu sous le nom de "sable des Landes", ramené par la mer et repris par les vents (Cemagref 1985). Le fonctionnement écologique du lac de Carcans-Hourtin, au même titre que les autres lacs aquitains, est marqué par une dichotomie "est-ouest" de la topographie des fonds lacustres. Ce partage de la cuvette du plan d'eau est orienté le long d'un axe nord-sud, entre le plateau landais et la dune côtière, séparant les rives orientales aux pentes faibles des rives occidentales aux pentes fortes. Le niveau trophique du lac varie de méso-eutrophe à oligo-mésotrophe et les états écologique et chimique ont été évalués à un niveau "Bon" dans le cadre des suivis de la Directive Cadre sur l'Eau (Cellamare 2009, Laplace-Treyture et Prévost 2014, Moreira et al. 2015, Laplace-Treyture et Moreira 2016). Les principaux usages de ce plan d'eau sont la baignade, le nautisme, le motonautisme, la pêche et la chasse au gibier d'eau.

Les principaux éléments de caractérisation de la flore aquatique du lac de Carcans-Hourtin sont bien décrits dans les travaux de Vanden Berghen (1964, 1968, 1969), de Cellamare (2009), de Clément (2009), de Bertrin (2013, 2018), du SIAEBVELG (2021) et du Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique (CBNSA, Caillaud et Le Fouler 2018). Selon ces données, les communautés de macrophytes de ce plan d'eau comportent diverses espèces communes des milieux lacustres telles que *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla (Scirpe lacustre), *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. (Roseau phragmite) et *Nuphar lutea* (L.) Sm. (Nénuphar jaune). D'autres sont inféodées aux grèves sableuses ensoleillées aux eaux neutres à légèrement acides, faiblement minéralisées, telles que *Myriophyllum alterniflorum* DC. (Myriophylle à fleurs alternes), *Baldellia ranunculoides* (L.) Parl. (Alisma fausse renoncule), *Schoenoplectus pungens* (Vahl) Palla (Scirpe piquant) et les macroalgues characées *Nitella hyalina* (De Candolle) C.Agardh et *Chara fragifera* Durieu de Maisonneuve. Certaines espèces sont exotiques et à caractère envahissant, notamment *Lagarosiphon major* (Ridl.) Moss (Élodée crépue) et *Ludwigia peploides* (Kunth) P.H.Raven (Jussie). Les pelouses amphibies à isoétides (figure 1) y sont également présentes, *Lobelia dortmanna* et *Littorella uniflora* sont distribuées de façon relativement homogène le long des rives du lac de Carcans-Hourtin, *Caropsis verticillato-inundata* est plus fréquent sur les rives orientales du lac (Bertrin et al. 2012). À noter que *Isoetes boryana* n'a jamais été observé dans les relevés disponibles pour les lacs médocains. Cependant, cette espèce a été observée au nord-ouest du lac de Carcans-Hourtin au niveau de la pointe du Gaouléou (F. Sin, ONF, communication personnelle, juin 2011). Une comparaison des relevés phytosociologiques de 1963-66 avec d'autres relevés réalisés en 2006 indique qu'aucune tendance négative n'a été observée durant 40 ans sur les espèces et habitats rares et protégés, compte tenu de leur état et de leur vigueur, malgré les changements environnementaux dans les lacs et leur périphérie (Clément et Aidoud 2009) . Néanmoins, les relevés successifs réalisés par le CBNSA

FIGURE 1 – Les isoétides, rives orientales du lac de Carcans-Hourtin, septembre 2020 (photo : V. Bertrin)

entre 2012 et 2018 sur le lac de Carcans-Hourtin indiquent une régression du nombre de pieds de *Lobelia dortmanna* comptés dans plusieurs stations des rives du plan d'eau.

2.2 Sites et stations d'étude

Deux sites d'études ont été identifiés, un premier site en rives Ouest et un second en rives Est (figure 2). Chaque site est divisé en 3 stations dont chacune est caractérisée par des usages et un mode gestion différents :

TNA : 1 station-témoin non-altérée par les usages et considérée comme station de référence ;

TA : 1 station-témoin altérée par les usages ;

SAR : 1 station-site à restaurer qui fera prochainement l'objet d'une action de gestion (restauration/conservation).

Le choix de la localisation de ces stations a été réalisé en amont des campagnes de terrain en accord avec l'ensemble des partenaires scientifiques et techniques, des gestionnaires et des acteurs locaux. Les stations à restaurer (SAR) ont été choisies dans les secteurs du lac impactés par les activités anthropiques et où des actions de gestion sont réalisables avec le soutien des usagers locaux. Les stations-témoins altérées (TA) ont été positionnées à proximité des stations à restaurer (SAR),

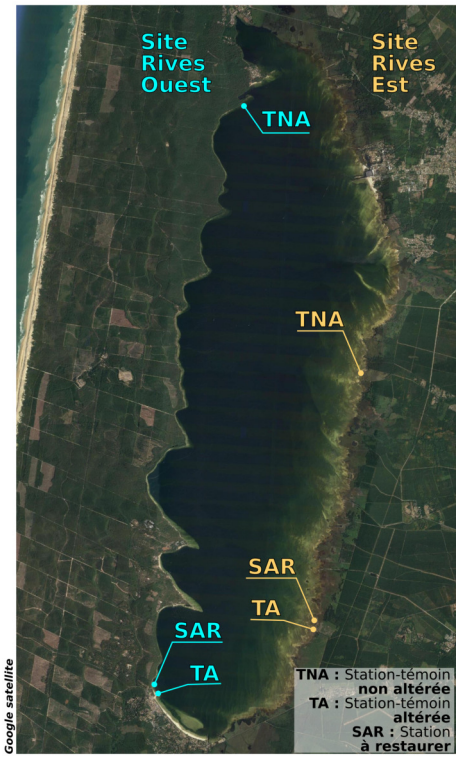


FIGURE 2 – Localisation des stations en rives Ouest et Est du lac de Carcans-Hourtin

là où les activités anthropiques sont présentes sans qu'une gestion ne soit prévue pour les limiter. Les stations-témoins non altérées (TNA) ont été localisées dans les secteurs du lac où aucune altération d'origine anthropique n'a été détectée. En dissociant les rives Ouest des rives Est, les principales caractéristiques environnementales (profondeur, type de substrat, pente des fonds, exposition aux vents, etc.) des stations non altérées (TNA) sont comparables à celles des stations altérées (TA et SAR). De plus, à partir des connaissances disponibles sur les communautés végétales aquatiques du lac de Carcans-Hourtin, les stations non altérées (TNA) peuvent être considérées comme un "optimum", une référence, en termes de richesse spécifique et d'abondance pour les stations à restaurer (SAR), en distinguant leur localisation à l'Ouest ou à l'Est du plan d'eau.
Les coordonnées géographiques et des photographies des stations sont disponibles en annexes A et B. Pour le site en rives Ouest, la station-témoin non altérée (TNA) est localisée dans de la Réserve Naturelle Nationale des Dunes et Marais d'Hourtin, légèrement au Sud de la pointe du Gaouléou. La station-témoin altérée (TA) et la station à restaurer (SAR) sont situées dans le secteur du Trou du Facteur, légèrement au nord de la plage de Maubuisson. Ces stations sont principalement impactées par une zone de mouillage communale réservée aux bateaux de plaisance, ainsi que par la mise à l'eau de petites embarcations annexes aux bateaux amarrés aux corps-morts plus au large. Cette zone est également très fréquentée pour la baignade en période estivale. Pour le site en rives Est, la station-témoin non altérée (TNA) est située à proximité du secteur des Barouins. La station-témoin altérée (TA) et la station à restaurer (SAR) sont situées plus au sud, dans le secteur de la Cabane à Touton. Ces stations sont impactées par le passage non canalisé de véhicules depuis la berge en direction des tonnes de chasse situées dans la zone aquatique.
Les stations altérées et à restaurer (TA et SAR) des rives Ouest et Est sont le lieu d'altérations physiques d'origine anthropique susceptibles de modifier l'hydromorphologie locale et de nuire à la

pérennité des communautés végétales aquatiques présentes (figure 3). En effet, l'action mécanique induite par le piétinement, l'échouage des bateaux, le chaînage des corps-morts et le passage des roues des véhicules dans l'eau, entraîne une destruction directe de la flore présente suite à l'écrasement, la casse ou le déracinement des individus de façon partielle ou totale (Liddle et Scorgie 1980, Ballantyne et Pickering 2013, Jusik et Maciol 2014, Bertrin et al. 2018). Ces altérations provoquent également des modifications au sein des biotopes aquatiques, notamment dans la structure physico-chimique des sédiments (*e.g.* granulométrie, teneurs en matière organique), et peuvent avoir par conséquent des effets indirects sur la richesse et la composition spécifique de la végétation aquatique (Ostendorp et al. 2009).

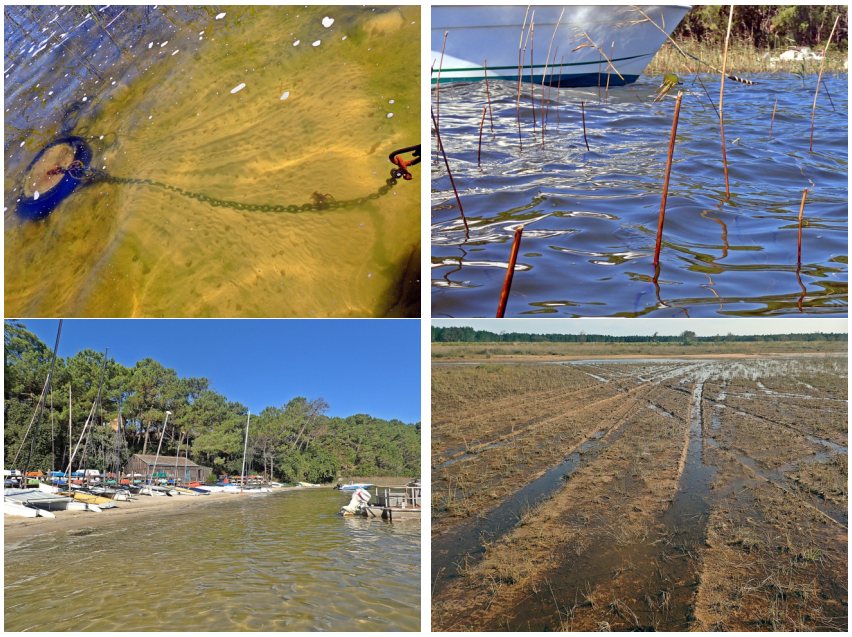


Figure 3 – Chaîne de mouillage raclant les fonds (en haut à gauche), roseaux cassés par la rotation des bateaux autour de leur mouillage (en haut à droite) et zone de baignade et d'échouage d'embarcation (en bas à gauche) sur la rive occidentale du lac de Carcans-Hourtin. Traces de passage de véhicules sur la rive orientale du lac de Carcans-Hourtin (en bas à droite), septembre 2020 (photos : V. Bertrin)

2.3 Méthodologies

Le guide et protocoles pour le suivi d'actions de restauration hydromorphologique du littoral des plans d'eau proposés au niveau national par le pôle national R&D Plans d'Eau ECLA (Taubaty et al. 2019) préconise la mise en œuvre de deux protocoles pour l'étude de la végétation aquatique : 1/ la norme Afnor XP T90-328 d'échantillonnage standardisé des communautés de macrophytes développée dans le contexte de la Directive Cadre sur l'Eau, et 2/ le protocole de suivi des roselières fondé sur les travaux du groupe Rézo du Rozo. Le projet de préservation des rives des lacs aquitains porté par le SIAEBVELG s'associe à cette démarche nationale, ces deux protocoles de suivi ont donc été mis en application dans les différentes stations. Compte tenu de la présence d'isoétides dans certaines d'entre elles, il a été décidé de compléter les protocoles proposés dans le guide national par des observations, relevés et comptages réalisés à grain fin sur ces plantes patrimoniales. Les altérations mécaniques citées dans le paragraphe 2.2 étant susceptibles de modifier la structure physique

des sédiments, des analyses de granulométrie, de teneur en matière organique et de pénétrabilité ont été également réalisées en complément des indications fournies dans le guide standardisé de suivi.

Ainsi, les six stations identifiées sur les rives du lac de Carcans-Hourtin ont fait l'objet d'observations, mesures et prélèvements suivants :

- suivi standardisé proposé par le pôle national R&D Plans d'Eau ECLA :
  - mesures ponctuelles de la physico-chimie de l'eau ;
  - suivi des macrophytes : norme XP T90-328 ;
  - suivi des roselières : Rézo du Rozo.
- suivi spécifique au contexte des lacs et étangs du littoral aquitain :
  - suivi de la qualité physique des sédiments ;
  - suivi de la végétation aquatique à grain fin (100m^2) par carroyage.

2.3.1 Suivi standardisé : guide et protocoles pour le suivi d'actions de restauration hydromorphologique du littoral en plans d'eau

Le détail des méthodologies mises en œuvre est disponible dans le document de Taubaty et al. (2019).

Mesures ponctuelles de physico-chimie de l'eau

Les paramètres physico-chimiques (température, conductivité, pH et oxygène dissous) sont mesurés *in situ* à l'aide de sondes WTW Profil Line. Ces mesures sont réalisées ponctuellement au sein des stations lors des observations et prélèvements biologiques effectués durant cette étude. Les mesures sont faites à 40cm de profondeur (site rives Ouest) ou à 20m de la bordure des eaux quand la profondeur de 40cm n'est pas atteignable à cause de la pente douce des fonds (site rives Est).

Suivi des macrophytes (norme XP T90-328)

Ce suivi fait appel à la norme XP T90-328 (Afnor 2010) pour l'échantillonnage standardisé des communautés de macrophytes en plans d'eau. Cette méthode est appliquée en routine à l'échelle du territoire métropolitain pour l'évaluation de l'état écologique des plans d'eau dans le contexte de la Directive Cadre sur l'Eau. Cette méthode, applicable aux plans d'eau dont l'amplitude maximale du marnage annuel ne dépasse pas 2m, fait appel à des observations et prélèvements de végétaux aquatiques visibles à l'œil nu. Un secteur de rives (100m de long) et 3 profils perpendiculaires aux rives (30 points-contacts répartis le long des profils sur une distance maximale de 100m à la bordure des eaux) sont effectués au niveau de chaque station. Ces relevés sont généralement réalisés à pieds depuis la berge (secteur de rives) et depuis une embarcation à l'aide d'un bathyscope ou d'un râteau à manche télescopique (profils perpendiculaires). Cette méthode permet d'obtenir des listes taxonomiques (détermination à l'espèce) et l'abondance relative de chaque taxon observé (indice d'abondance relative de 1 à 5) sur le relevé de rives et chaque point-contact des 3 profils.

Suivi des roselières (Rézo du Rozo)

Ce suivi s'appuie sur le protocole de caractérisation et de suivi de l'évolution des roselières développé par le groupe de travail Rézo du Rozo (partenariat Réserves naturelles de France et Tour du Valat) (cf. *http ://www.espaces-naturels.info/rezo-rozo*). Le protocole proposé dans le guide national s'intéresse aux roselières à *Phragmites australis*. Dans le cas où une roselière est identifiée au sein des stations étudiées, un transect de 150m de longueur est réalisé au sein de la formation végétale. Trente quadrats de 25cm de côté sont espacés tous les 5m environ (2m dans les cas de petites roselières). Dans le cas de roselières composites ou de grande superficie, deux transects de 75m sont réalisés, un premier dans la partie terrestre de la roselière (côté rive), un second dans la partie aquatique (côté lac). Chaque quadrat fait l'objet des mesures suivantes :

- comptage du nombre de tiges vertes ;
- comptage du nombre de tiges sèches ;
- comptage du nombre de tiges fleuries ;
- mesure de la hauteur de la tige la plus haute ;
- mesure de la hauteur et du diamètre de la tige verte la plus en bas à droite du quadrat ;
- mesure de la hauteur d'eau à partir du fond.

Les coordonnées géographiques de chaque quadrat et la superficie totale de la roselière sont enregistrées à l'aide du GPS GNSS centimétrique TRIMBLE R4S CM TDC600.

2.3.2 Suivi spécifique au contexte des lacs et étangs du littoral aquitain

Suivi de la qualité physique des sédiments

Des échantillons de sédiments (figure 4) sont prélevés en triplicats dans chaque station à l'aide d'un carottier (3cm de diamètre et 25cm de longueur, soit 700mL). Un premier triplicat est réalisé dans l'eau (profondeur maximale de 10cm), puis un second hors de l'eau (à proximité de la bordure des eaux). Au retour au laboratoire, les carottes sont transférées dans un congélateur dans l'attente de leur traitement. Puis, les triplicats sont décongelés, le contenu de chaque échantillon a été mélangé et homogénéisé.

Pour déterminer **la fraction organique dans les sédiments** (exprimée en pourcentage), un sous-échantillon de 5mL est prélevé et transféré dans une étuve (24h à 50°C), puis traité par perte au feu à l'aide d'un four à moufle (3h à 550°C). La différence de masses des échantillons avant et après calcination permet de calculer la fraction organique dans les sédiments.

Pour caractériser la **granulométrie des sédiments**, chaque échantillon issu du terrain est tamisé durant 10 minutes à l'aide d'une tamiseuse de laboratoire (Retsch AS 200) à travers un dégrilleur afin d'éliminer les débris organiques grossiers. Puis, les sédiments passent à travers cinq tamis distribués verticalement dont les mailles sont les suivantes : 1mm, 500µm, 200µm, 63µm et 50µm. Après tamisage, chaque tamis contenant du sédiment est séché durant 24h à 70°C, puis pesé. La masse de la matière organique déterminée précédemment est soustraite à la masse totale des sédiments dans chaque tamis afin d'obtenir uniquement le poids de la fraction minérale des sédiments. Enfin, la part des sédiments contenus dans chaque tamis est calculée à partir du poids total de l'échantillon initial sec et exprimée en pourcentage.

La **pénétrabilité du sol** est mesurée *in situ* à l'aide d'un pénétromètre manuel. Cet appareil est

FIGURE 4 – Carottier pour l'échantillonnage des sédiments (en haut) (photos : V. Bertrin). Pénétromètre manuel (en bas) (photos : S. Moreira), septembre 2020

un instrument de mesure indicatif de la résistance à la pénétration des couches superficielles de sol (donnée en kilopascal (kPa)) ; il est adapté aux sols de faible résistance mécanique. Son principe consiste à mesurer la plus grande résistance à la pénétration d'une tige de sondage couplée à un embout, dans une couche supérieure d'un sol sur une trajectoire d'environ 10cm. Les mesures sont réalisées au sein de la station le long d'un transect de 100m de longueur positionné parallèlement à la bordure des eaux. Chaque mesure au pénétromètre est effectuée tous les 3 à 5m dans l'eau (profondeur maximale de 10cm) et hors de l'eau (à proximité de la bordure des eaux), soit un total de 30 mesures dans chaque station.

Suivi de la végétation aquatique à grain fin par carroyage

Cette méthode permet d'étudier l'ensemble des communautés macrophytiques à l'aide d'un quadrillage géoréférencé et prédéfini en amont des observations de terrain. Un carroyage, constitué d'un ensemble de 100 carreaux consécutifs de 10m de côté, est positionné au sein de chaque station (figure 5). Chaque carreau d'une superficie de 100m^2 fait l'objet d'une liste exhaustive des taxons présents, l'abondance relative de chaque taxon observé est également évaluée (indice d'abondance relative de 1 à 5). Six carroyages sont donc réalisés durant cette étude, soit un total de 600 relevés de végétation sur les carreaux établis sur une superficie totale de 6 hectares. La profondeur de l'eau est mesurée au centre de chaque carreau. La densité de *Lobelia dortmanna* est déterminée par comptage du nombre de pieds des individus présents dans chaque carreau. Le positionnement théorique de l'ensemble du carroyage est déterminé au laboratoire au préalable des campagnes de terrain, puis chaque carreau est replacé *in situ* à la l'aide d'un GPS GNSS centimétrique TRIMBLE

FIGURE 5 – Schéma représentatif d'un carroyage constitué de 100 carreaux contigus de 10m de côté, et détail des observations et mesures réalisées sur la flore aquatique dans chaque carreau

R4S CM TDC600 (précision est de l'ordre de 1,2 cm) en matérialisant les extrémités à l'aide de bouées. La superficie totale du carroyage (1ha) est prospectée à pieds dans les zones hors d'eau ou peu profondes, puis explorée à l'aide de palmes, masque et tuba dans les carreaux dont la profondeur est supérieure à 1,5m. Dans ce cas, l'embarcation assurant la sécurité des plongeurs en apnée réalise les mesures de profondeur dans chaque carreau à l'aide d'un sondeur à main Plastimo Echotest.

Les suivis sont réalisés à partir du mois de septembre, de manière à intervenir au moment où les altérations anthropiques ciblées dans cette étude sont *a priori* les plus fréquentes (fin de la saison estivale touristique, ouverture de la chasse à la tonne).

L'ensemble des analyses statistiques et spatiales sont réalisées à l'aide du logiciel $\mathbb{R}$ (version 4.1.1, 2021), les cartes sont mises en forme à l'aide du logiciels QGIS (version 3.10, 2020). Des analyses de variance (Anova et test de Dunnett) permettent de comparer les données physico-chimiques des stations altérées (TA et SAR) avec celles des stations non altérées (TNA considérées ici comme "groupes de contrôle"), en séparant les sites Ouest des sites Est. L'analyse des données quantitatives issues des carroyages (abondances relatives, nombre de pieds de Lobélie, richesses spécifiques) font l'objet de tests de comparaison de moyennes (test de Wilcoxon) afin d'évaluer si les différences observées dans la distribution des données sont significatives ou non. Les indices de diversité (Shannon) et de similarité (Jaccard) permettent également de comparer le nombre, la distribution et l'abondance des taxons présents entre les différentes stations. Enfin, les assemblages d'espèces dans les carroyages sont déterminés à l'aide d'une analyse des taxons-indicateurs (Indval, DUFRENE et LEGENDRE 1997) et d'une analyse factorielle des correspondances (AFC).

3 Résultats

Les campagnes de terrain se sont déroulées de mi-septembre à mi-octobre 2020. Les observations, mesures et prélèvements biologiques et physico-chimiques ont nécessité l'intervention de 3 agents EABX durant 15 jours. Les personnes ayant contribué au terrain sont David Funosas-Planas, Aurélien Jamoneau, Gwilherm Jan, Débora Millan-Navarro, Sylvia Moreira et Vincent Bertrin. Une analyse préliminaire décrivant une partie du jeu de données a été réalisée par Perrine Desveronnieres et Johanne Gresse dans le cadre d'un projet de fin d'études[1] à l'ENSEGID sous la co-direction de Cristina Ribaudo (Bordeaux INP) et Vincent Bertrin durant 3 mois.

3.1 Eau et sédiments

3.1.1 Physico-chimie de l'eau

Entre 3 et 5 mesures de chaque paramètre physico-chimique ont été réalisées ponctuellement au cours de l'étude dans les différentes stations. Pour l'ensemble des paramètres physico-chimiques mesurés, aucune différence significative (p>0,05) entre les stations n'a été observée (figure 6). Les variations observées sont principalement liées aux conditions météorologiques locales ainsi qu'aux horaires auxquels ont été effectuées les mesures (température de l'air, ensoleillement, agitation de l'eau, etc.). Toutes ces valeurs sont cohérentes avec celles mesurées au centre du lac lors de précédentes études (Laplace-Treyture et Prévost 2014, Moreira et al. 2015, Laplace-Treyture et Moreira 2016).

3.1.2 Structure physique des sédiments

Préalablement à l'analyse des données, un test statistique non-paramétrique de Wilcoxon a été réalisé dans le cadre du projet de fin d'études ENSEGID pour identifier une éventuelle différence entre les mesures et prélèvements réalisés dans l'eau et hors de l'eau. Aucune différence significative n'ayant été observée entre les mesures réalisées (p>0,05), ces données ont été réunies pour réaliser les analyses qui vont suivre.

Teneurs en matière organique

Les teneurs en matière organique dans les sédiments sont très faibles pour l'ensemble des stations étudiées, les moyennes sont toutes inférieures à 0,5%, les valeurs maximales dépassent rarement 1% (figure 7). Ces valeurs sont cohérentes avec d'autres mesures effectuées lors d'études antérieures (Bertrin et al. 2017). Pour comparer les stations altérées (TA et SAR) avec la station de référence (TNA), une analyse de la variance est réalisée (Anova et test de Dunnett). Les teneurs en matière organique sont significativement différentes entre les stations situées en rives Ouest, la station de référence (TNA) présente des teneurs légèrement supérieures aux stations altérées. Néanmoins, ces différences sont trop faibles (de l'ordre de quelques dixièmes de %) pour les interpréter comme un effet des altérations anthropiques sur ce paramètre. Aucune différence significative n'est observée entre les stations des rives Est (p>0,05).

1. Desveronnieres, P. Gresse, J. (2021). Etat des lieux des habitats littoraux des lacs aquitains avant restauration hydromorphologique. Rapport de projet de fin d'études (ENS 3ème année). 2020-2021. 54p.

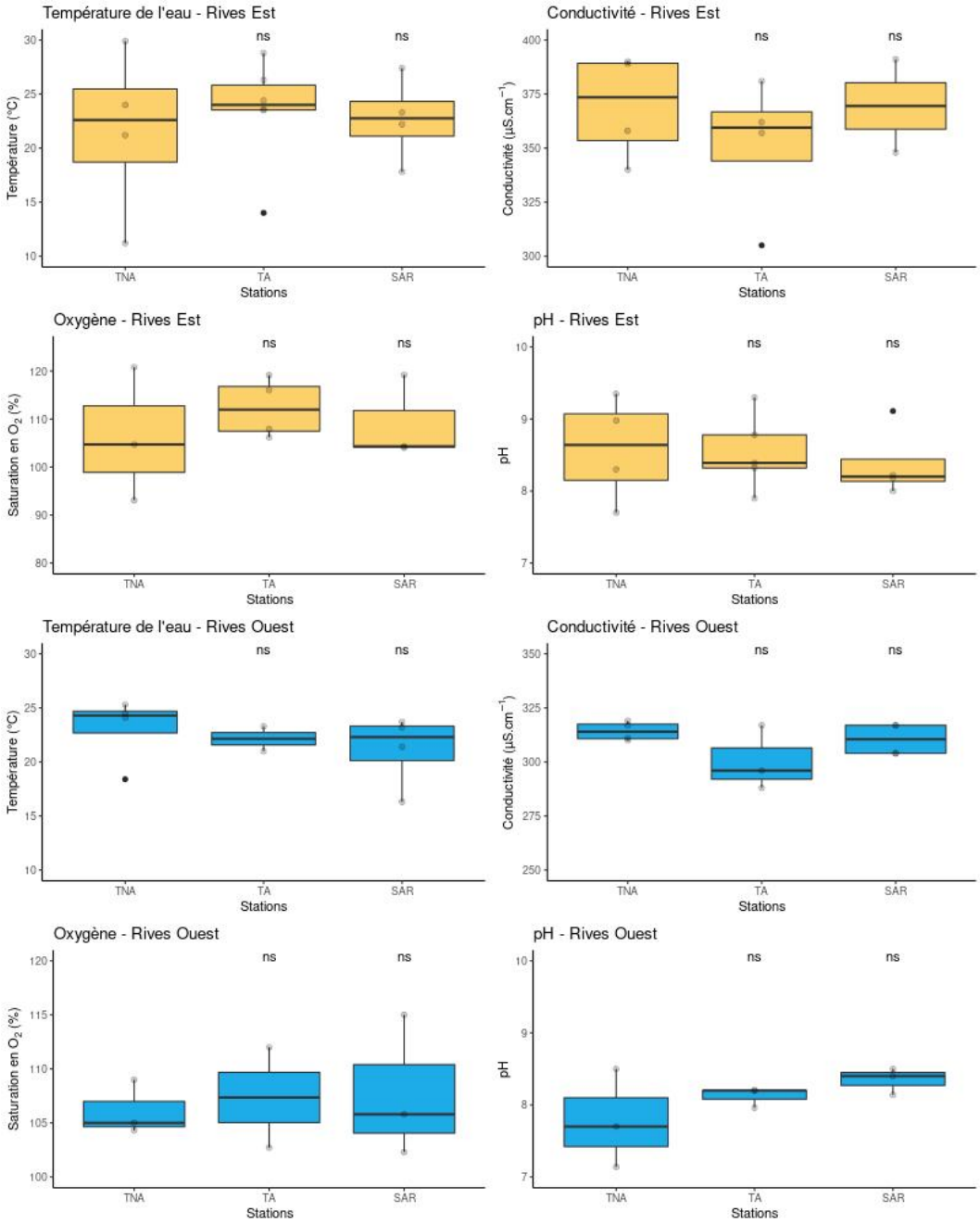


FIGURE 6 – Physico-chimie de l'eau mesurée *in situ* à proximité des stations d'étude (40cm de profondeur en rives Ouest et 20m de la bordure des eaux en rives Est) (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer). Test Anova : ns = non significatif, p>0,05

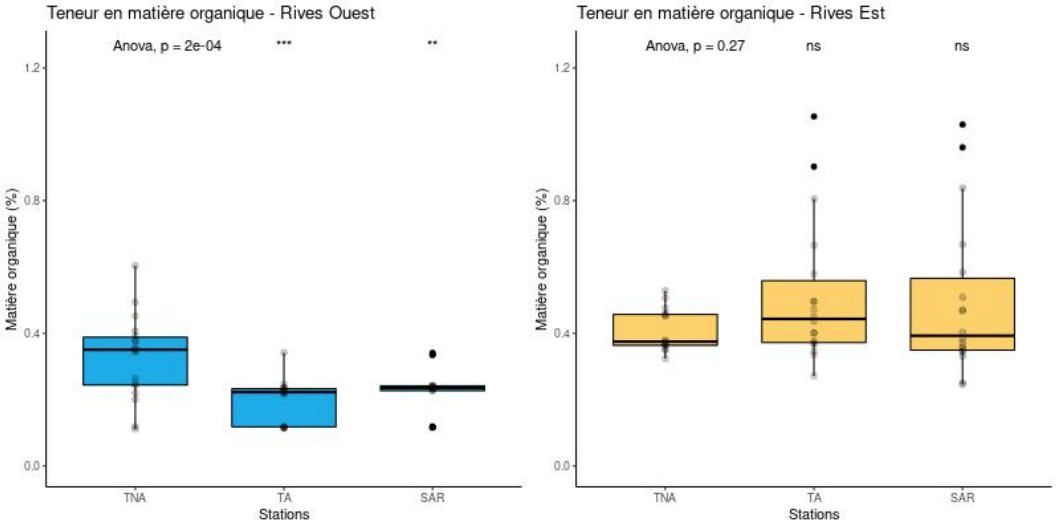


FIGURE 7 – Teneurs en matière organique (%) mesurées dans les sédiments superficiels (dans l'eau (profondeur maximale de 10cm) et hors de l'eau) des stations d'étude (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer). Chaque station a fait l'objet de 6 prélèvements. Test Anova : ns = non significatif, $p>0{,}05$; ** = $p<0{,}01$; *** = $p<0{,}001$

Granulométrie

La granulométrie des sédiments superficiels des stations en rives Ouest et en rives Est (figure 8) est comparable aux résultats obtenus pour les sédiments du lacs de Lacanau situé en aval du lac de Carcans-Hourtin (BERTRIN 2018). La fraction comprise entre 500 et 200µm domine les échantillons à plus de 80% (maximum 97%). Cette fraction correspond au sable des Landes dont le diamètre varie entre 200 à 300µm (CAPDEVIELLE 1978, CEMAGREF 1985). Ce sable des dunes littorales constitue le substrat majoritaire des lacs et étangs du littoral aquitain. La part des sables grossiers (fractions >500µm) et des sables fins (fractions <200µm) est très variable d'une station à une autre. Les sédiments des stations non altérées (TNA) semblent être légèrement plus hétérogènes, notamment en rives Ouest. La part du sable des Landes y est plus faible tandis que les autres fractions (notamment les sables grossiers >500µm) sont légèrement plus élevées, ce qui permet d'obtenir une granulométrie plus variée au niveau de ces stations.

Pénétrabilité des sédiments

Très peu d'informations sur la résistance des sols des milieux saturés en eau sont disponibles dans la littérature pour caractériser les sédiments du lac de Carcans-Hourtin. Le test Anova révèle des différences significatives entre les stations altérées (TA et SAR) et la station non altérée (TNA) pour les rives Ouest et Est (figure 9). Dans les deux cas, la station présentant la résistance du sol la plus faible est la station altérée (TA). La pénétrabilité est la plus faible dans la station à restaurer (SAR) en rives Ouest et dans la station de référence (TNA) en rives Est. La biomasse souterraine des végétaux aquatiques, notamment celle des hélophytes, stabilise les sédiments et réduit l'érosion (POURRIOT et MEYBECK 1995, MADSEN et al. 2001). Ceci peut expliquer en partie les résultats obtenus entre les différentes stations, les stations les plus fortement colonisées par les hélophytes étant la station à restaurer (SAR) en rives Ouest et la station non altérée (TNA) en rives Est.

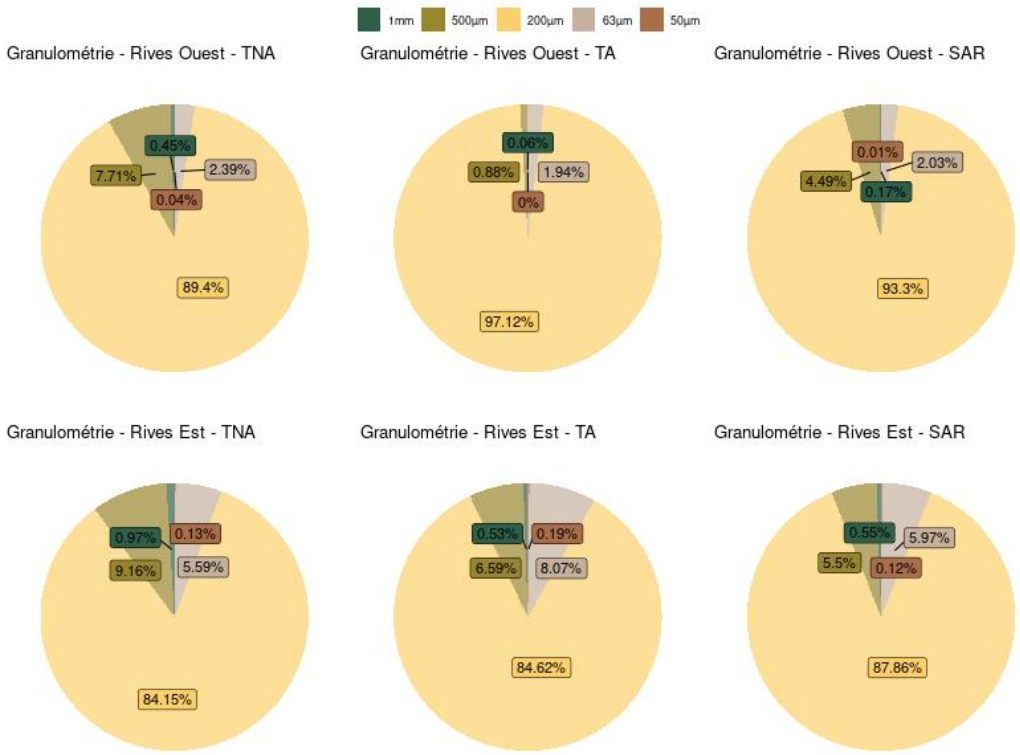


FIGURE 8 – Fractions moyennes (%) de la granulométrie des sédiments superficiels (dans l'eau (profondeur maximale de 10 cm) et hors de l'eau) des stations d'étude (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer). Chaque station a fait l'objet de 6 prélèvements. Tamis 1mm = fraction >1mm ; Tamis 500µm = fraction 1-0,5mm ; Tamis 200µm = fraction 500-200µm ; Tamis 63µm = fraction 200-63µm et Tamis 50µm = fraction 63-50µm

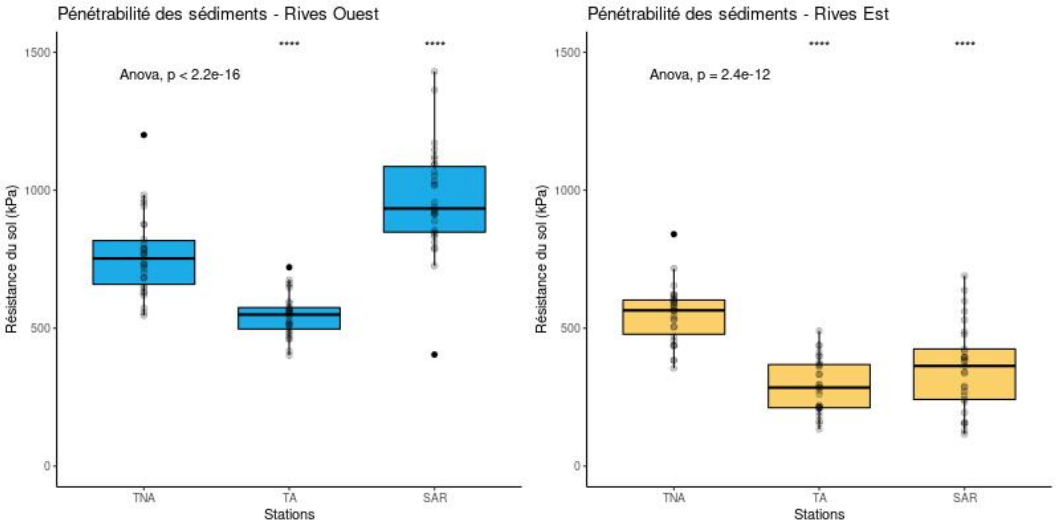


FIGURE 9 – Résistance (kPa) des sédiments superficiels à la pénétrabilité (dans l'eau (profondeur maximale de 10cm) et hors de l'eau) des stations d'étude (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer). Chaque station a fait l'objet de 30 mesures au pénétromètre manuel. Test Anova : **** = p<0,0001

	TNA	TA	SAR
Superficie de la roselières (m^2)	2562	177	3843
Nombre de quadrats effectués	30	8	30
Profondeur moyenne (m)	0,30 ±0,11 (0,02-0,40)	0,13±0,03 (0,10-0,15)	0,48 ±0,38 (0,03-1,00)
Hauteur maximale moyenne tiges (m)	1,12 ±0,43 (0,35-1,55)	0,86 ±0,25 (0,60-1,30)	1,42 ±0,42 (0,80-2,10)
Hauteur moyenne tiges vertes (m)	1,00 ±0,42 (0,15-1,55)	0,66 ±0,16 (0,40-0,85)	1,04 ±0,35 (0,30-1,90)
Nombre moyen tiges vertes par m^2	8,5 ±14,4 (0-64)	44,0 ±39,0 (0-96)	36,8 ±19,5 (16-80)
Nombre moyen tiges sèches par m^2	18,1 ±36,3 (0-112)	38,0 ±40,1 (0-112)	80,0 ±45,5 (16-240)
Nombre tiges fleuries par m^2	0	0	9,1 ±8,6 (0-16)
Diamètre moyen tiges (mm)	4,0 ±1,1 (1-5)	3,8 ±1,3 (3-6)	3,8 ±1,4 (2-6)

TABLE 1 – Principales caractéristiques des roselières à *Phragmites australis* présentes dans les stations en rives Ouest du lac de Carcans-Hourtin (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer). La taille de la roselière de la station altérée (TA) est trop faible pour permettre de réaliser les 30 quadrats préconisés dans le protocole

3.2 Flore aquatique

3.2.1 Rézo du rozo

Les roselières à *Phragmites australis* ont été étudiées uniquement dans les stations situées en rives Ouest du lac. En effet, les roseaux observés en rives Est ne sont présents que sous la forme de pieds épars, ils ne sont pas suffisamment denses pour constituer une formation végétale pouvant être considérée comme une "roselière". Les principaux résultats des mesures effectuées sur les phragmites sont présentés dans le tableau 1. Les polygones représentant le contour des roselières sont disponibles en annexe C. La station à restaurer (SAR) accueille une roselière qui colonise une part importante de la zone d'étude (près de 4000m^2). Le nombre moyen de tiges y est relativement élevé, il est supérieur à celui mesuré sur l'ensemble des roselières du lac en 2017 (26 individus par m^2 en moyenne dans MAURY-BRACHET et al. 2020). Le maintien de cette roselière représente donc un enjeu important à prendre en considération dans les opérations de gestion à venir sur cette station.

3.2.2 Suivi des macrophytes : norme XP T90-328

Les listes taxonomiques obtenues sur le relevé de zone littorale et les profils perpendiculaires des 6 stations, ainsi que les abondances relatives de chaque taxon, sont disponibles en annexes D, E, F et G. Le tableau 2 synthétise les principaux résultats obtenus pour chaque relevé.
En rives Ouest, les richesses spécifiques mesurées à proximité de la berge (relevé de zone littorale) et plus vers le large (profils perpendiculaires) sont significativement supérieures pour la station non

	TNA	TA	SAR
Rives Ouest			
Richesse spécifique zone littorale	24	2	7
Richesse spécifique 3 profils	6	2	3
Richesse spécifique moyenne sur les points-contacts	1,4	1	1,1
Nombre de points-contacts colonisés (/90)	50	4	35
Rives Est			
Richesse spécifique zone littorale	24	29	17
Richesse spécifique 3 profils	9	8	12
Richesse spécifique moyenne sur les points-contacts	2,4	2,4	2,1
Nombre de points-contacts colonisés (/90)	85	86	82

TABLE 2 – Richesses spécifiques et nombre de points-contacts colonisés par les macrophytes dans les stations des rives Ouest et Est du lac de Carcans-Hourtin suite à l'application de la norme XP T90-328 (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer)

altérée (TNA). Cette station se distingue des stations altérées par la présence d'une large scirpaie à *Schoenoplectus pungens* qui colonise jusqu'à 1m de profondeur, ainsi que par la présence de 3 espèces appartenant aux isoétides (*Lobelia dortmanna*, *Littorella uniflora* et *Caropsis verticillato-inundata*). Ces espèces sont peu abondantes en bordure de la station, la Lobélie est peu fréquente sur les profils (1 point-contact colonisé) mais relativement abondante sur le point-contact (abondance relative égale à 3, correspondant à un "petit herbier"). Cette station se distingue également par la présence d'autres espèces de plantes aquatiques inféodées aux grèves sableuses peu profondes et oligotrophes des lacs, telles que les macro-algues *Chara fragira* et *Nitella confervacea* (Brébisson) A.Braun ex Leonhardi, ainsi que les phanérogames *Potamogeton polygonifolius* Pourr. et *Juncus bulbosus* L.. La station altérée (TA) abrite uniquement 2 taxons d'hélophytes (*Phragmites australis* et *Schoenoplectus pungens*) près de la rive et un hydrophyte plus au large (*Potamogeton perfoliatus* L.). Enfin, 4 taxons d'hélophytes ont été observés dans la station à restaurer (SAR), notamment la roselières à *Phragmites australis* qui occupe une grande partie du relevé de zone littorale et des profils (cf. 3.2.1), ainsi qu'un hydrophyte (*Potamogeton perfoliatus*) à près de 3m de profondeur sur les profils. Ainsi, le suivi des macrophytes à l'aide de la norme XP T90-328 permet d'identifier de fortes disparités dans la composition spécifique et l'abondance des macrophytes entre la station de référence (TNA) et les stations altérées (TA et SAR).
En rives Est, les richesses spécifiques obtenues sur les 3 stations dans les relevés de zone littorale et les trois profils sont relativement élevées. Dans chaque station, la plupart des points-contact sont végétalisés (82 à 86 points-contacts sur un total de 90). Les trois espèces d'isoétides ont été observées sur les trois stations avec des abondances relatives légèrement supérieures dans la station non altérée (TNA). Les trois stations abritent une grande partie des espèces d'hélophytes, d'amphiphytes et d'hydrophytes caractéristiques des eaux oligotrophes très peu minéralisées des plaines sablonneuses (habitat Natura 2000 n°3110). Dans le cas des rives Est, aucune différence dans les richesses et compositions spécifiques des trois stations n'est observable à l'aide de cette méthode.

3.2.3 Observations à grain fin de la végétation aquatique : carroyages

Description de la flore aquatique

Les listes taxonomiques et les abondances relatives des taxons sont disponibles en annexes H et I. Les cartes illustrant le nombre de pieds de *Lobelia dortmanna* dans les carreaux sont disponibles en annexe J.

Le tableau 3 présente les principaux résultats obtenus dans les différentes stations. En rives Ouest, la richesse spécifique observée dans les carroyages est maximale dans la station non altérée (TNA) et elle est minimale dans la station témoin altéré (TA). L'indice de diversité de Shannon est relativement proche entre les trois stations. L'indice de similarité de Jaccard indique une proximité plus élevée entre la composition spécifique de la station non altérée (TNA) et celle de la station à restaurer (SAR) même si les valeurs de cet indice restent tout de même faibles[2]. La station non altérée (TNA) est la seule à abriter *Lobelia dortmanna* dans seulement 5 carreaux colonisés mais dont la densité est relativement élevée (près de 60 individus en moyenne avec un maximum de 100 individus observés dans un carreau). En rives Est, les indices de diversité sont très proches entre les trois stations. L'indice de similarité indique une proximité élevée entre la composition taxonomique de la station à restaurer (SAR) et celle de la station non altérée (TNA). Ces deux stations présentent un nombre important de carreaux colonisés par *Lobelia dortmanna* (plus de la moitié des carreaux étudiés) abritant plusieurs milliers d'individus (de 2000 pour la station à restaurer (SAR) à 3693 pour la station non altérée (TNA)). La population de Lobélie de Dortmann est particulièrement bien soutenue dans la station non altérée (TNA) avec près de 60 individus en moyenne dans les carreaux et un maximum de 330 individus observés dans 100m^2. La station altérée (TA) abrite tout de même une cinquantaine d'individus répartis dans près d'une quinzaine de carreaux.

L'analyse des taxons-indicateurs (Indval) permet d'identifier des assemblages d'espèces caractéristiques d'une station, ou d'un groupe de stations, à partir de la fréquence et de l'abondance des taxons observés dans les trois stations du site en rives Ouest, de même pour les trois stations du site en rives Est. En rives Ouest (tableau 4), la station non altérée (TNA) est associée à 9 taxons-indicateurs appartenant à divers types biologiques (hydrophytes et hélophytes), incluant *Lobelia dortmanna*, mais les valeurs indicatrices de ces taxons sont faibles ($<$0,50). La station altérée (TA) n'est associée à aucun indicateur, soulignant le faible nombre de végétaux aquatiques présents à son niveau, tandis que la station à restaurer (SAR) est associée à 3 hélophytes (valeurs indicatrices $<$0,50 également). À noter que deux hélophytes (*Phragmites australis* et *Schoenoplectus pungens*) sont associés conjointement aux stations non altérée (TNA) et à restaurer (SAR). En rives Est (tableau 5), peu de taxons-indicateurs sont associés à une seule station, la plupart est associée à deux stations avec des valeurs indicatrices relativement élevées ($>$0,70). Il s'agit notamment de *Lobelia dortmanna*, de la macroalgue characée *Chara fragifera* et de l'hydrophyte *Myriophyllum alterniflorum* DC. associés simultanément aux stations non altérée (TNA) et à restaurer (SAR). La station non altérée (TNA) et la station altérée (TA) sont caractérisées par la présence d'hélophytes, notamment *Rhynchospora fusca* (L.) W.T. Aiton et *Schoenus nigricans* L.. Une analyse factorielle des correspondances (AFC) permet d'illustrer cette dissociation dans l'assemblage des espèces en rives Est (figure 10). Les carreaux de la station non altérée (TNA) sont projetés au centre du graphe (ellipse bleue), de part et d'autre du premier axe factoriel (abscisse du graphe). Certains carreaux des trois stations ont une composition taxonomique et des abondances très comparables, notamment ceux abritant *Caropsis verticillato-inundata*, *Littorella uniflora* et *Exaculum pusillum* (Lam.) Caruel. Puis, les carreaux de

2. L'indice de similarité de Jaccard varie de 0, aucune espèce n'est en commun entre les deux stations, à 1, toutes les espèces sont en commun entre les deux stations

la station altérée (TA, ellipse marron) se concentrent à droite du graphe à proximité de certains carreaux de la station non altérée (TNA), une proximité caractérisée notamment par la présence des hélophytes *Rhynchospora fusca*, *Myrica gale* L. ou encore *Schoenus nigricans*. De l'autre côté du graphe, à gauche, les carreaux de la station à restaurer (SAR, ellipse verte) se regroupent avec les carreaux de la station non altérée (TNA), notamment par la présence de *Eleocharis multicaulis* (Sm.) Desv. et de *Lobelia dortmanna*. L'AFC et l'Indval illustrent donc la présence de *Lobelia dortmanna* de façon préférentielle au niveau des stations non altérée (TNA) et à restaurer (SAR).

	TNA	TA	SAR
Rives Ouest			
Richesse spécifique totale dans le carroyage (10 000m^2)	24	12	19
Indice de diversité de Shannon	1,9	1,8	1,5
Similarité par rapport à la station non altérée TNA (indice de Jaccard)	-	0,19	0,36
Nombre de carreaux colonisés par *Lobelia dortmanna*	5	0	0
Nombre total de pieds de *Lobelia dortmanna* dans le carroyage (10 000m^2)	289	0	0
Nombre moyen de pieds de *Lobelia dortmanna* dans les carreaux (100m^2)	57,8 ±49,3	0	0
Nombre maximal de pieds de *Lobelia dortmanna* dans les carreaux (100m^2)	100	0	0
Rives Est			
Richesse spécifique totale dans le carroyage (10 000m^2)	40	42	42
Indice de diversité de Shannon	2,7	2,8	2,8
Similarité par rapport à la station non altérée TNA (indice de Jaccard)	-	0,74	0,82
Nombre de carreaux colonisés par *Lobelia dortmanna*	62	13	62
Nombre total de pieds de *Lobelia dortmanna* dans le carroyage (10 000m^2)	3693	54	2017
Nombre moyen de pieds de *Lobelia dortmanna* dans les carreaux (100m^2)	59,6 ±62,0	4,2 ±3,3	32,6 ±58,8
Nombre maximal de pieds de *Lobelia dortmanna* dans les carreaux (100m^2)	330	10	300

TABLE 3 – Richesse spécifique, diversité de la flore aquatique et nombre d'individus de *Lobelia dortmanna* mesurées dans les carroyages réalisés dans les stations des rives Ouest et Est du lac de Carcans-Hourtin (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer)

Station	Taxon indicateur	Valeur indicatrice	valeur-*p*
Rives Ouest			
TNA	*Eleocharis multicaulis*	0,47	,001
	Chara fragifera	0,36	,001
	Molinia caerulea	0,35	,001
	Juncus bulbosus	0,30	,001
	Nitella hyalina	0,27	,007
	Lobelia dortmanna	0,22	,010
	Potamogeton polygonifolius	0,22	,010
	Ranunculus flammula	0,22	,010
	Myrica gale	0,20	,030
TA	Aucune espèce indicatrice		
SAR	*Lysimachia vulgaris*	0,27	,003
	Scirpoides holoschoenus	0,23	,020
	Lycopus europaeus	0,22	,010
TNA + SAR	*Phragmites australis*	0,77	,001
	Schoenoplectus pungens	0,66	,001
	Lythrum salicaria	0,27	,020
TA + SAR	*Lagarosiphon major*	0,25	,020

TABLE 4 – Analyse de la valeur indicatrice des espèces (Indval) dans les stations des rives Ouest du lac de Carcans-Hourtin (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer)

Station	Taxon indicateur	Valeur indicatrice	valeur-*p*
Rives Est			
TNA	*Potamogeton perfoliatus*	0,24	,030
TA	*Lobelia urens*	0,24	,030
SAR	*Juncus heterophyllus*	0,26	,010
TNA + TA	*Rhynchospora fusca*	0,71	,001
	Schoenus nigricans	0,54	,001
	Cirsium dissectum	0,45	,005
	Myrica gale	0,45	,010
	Potamogeton polygonifolius	0,42	,001
	Lysimachia vulgaris	0,34	,030
	Erica tetralix	0,29	,040
TNA + SAR	*Lobelia dortmanna*	0,75	,001
	Chara fragifera	0,64	,001
	Myriophyllum alterniflorum	0,52	,001
	Anagallis tenella	0,41	,005
	Nitella hyalina	0,37	,001
TA + SAR	*Schoenoplectus pungens*	0,53	,001
	Ranunculus flammula	0,41	,001
	Cladium mariscus	0,35	,002

TABLE 5 – Analyse de la valeur indicatrice des espèces (Indval) dans les stations des rives Est du lac de Carcans-Hourtin (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer)

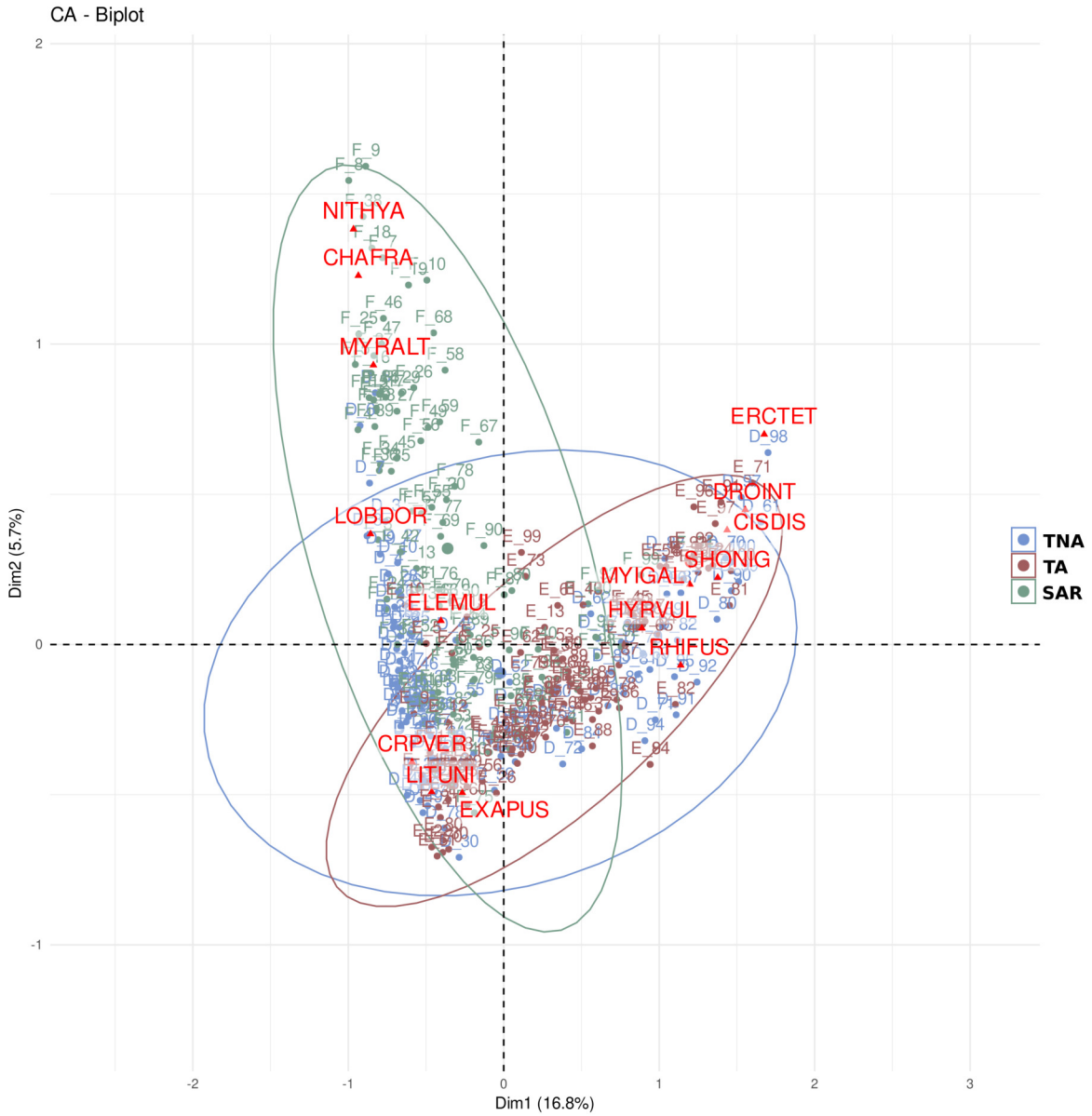


FIGURE 10 – Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) réalisée sur la composition taxonomique et les abondances relatives évaluées dans les carroyages des stations situées en rives Est (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer). Seuls les 15 taxons ayant contribué le plus fortement à l'analyse sont affichés sur le graphe, dans l'ordre décroissant de leur contribution : *Rhynchospora fusca* (RHIFUS), *Schoenus nigricans* (SHONIG), *Lobelia dortmanna* (LOBDOR), *Cirsium dissectum* (CIRDIS), *Eleocharis multicaulis* (ELEMUL), *Chara fragifera* (CHAFRA), *Caropsis verticillato-inundata* (CRPVER), *Myrica gale* (MYIGAL), *Drosera intermedia* (DROINT), *Hydrocotyle vulgaris* (HYRVUL), *Littorella uniflora* (LITUNI), *Lysimachia vulgaris* (LYSVUL), *Erica tetralix* (ERCTET), *Myriophyllum alterniflorum* (MYRALT) et *Nitella hyalina* (NITHYA)

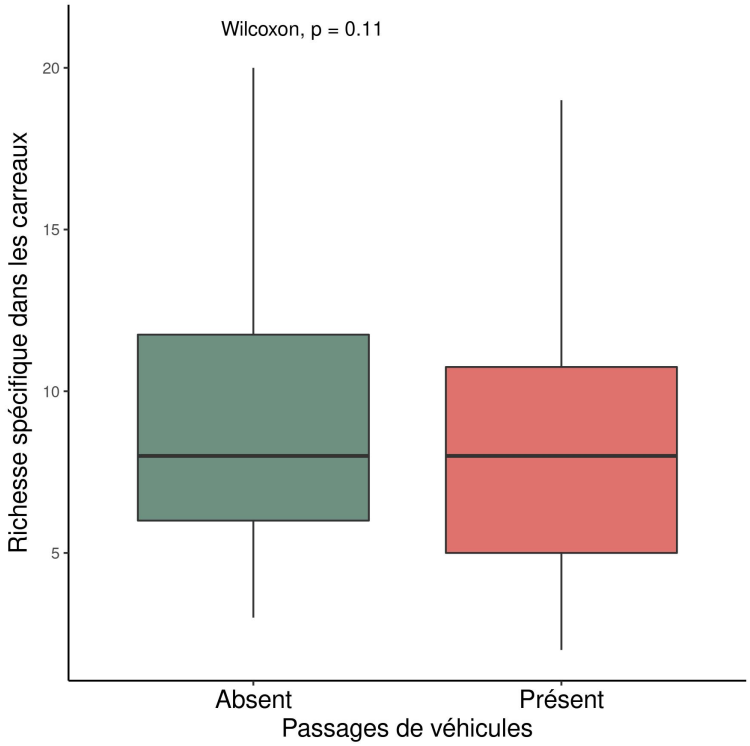


FIGURE 11 – Nombre d'espèces observées dans les carreaux en présence (n=86) ou non (n=114) de passages de véhicules dans les stations situées en rives Est. Test de Wilcoxon non significatif (p>0,01)

Impacts du passage de véhicules sur la flore aquatique

Il s'agit de déterminer l'impact du passage de véhicules sur les communautés de macrophytes dans la zone aquatique des stations situées en rives Est du lac. Les traces de passage de véhicules au sein de chaque carreau ont été identifiées puis répertoriées manuellement à l'aide d'un système d'information géographique. Sur un total de 200 carreaux analysés dans les stations impacté (TA) et à restaurer (SAR), 86 carreaux présentent des passages de véhicules et 114 en sont exempts. Ces données ont été ensuite comparées aux données floristiques issues des carroyages. Les résultats indiquent que le passage de véhicules ne semble pas avoir d'impact sur le nombre d'espèces de végétaux aquatiques comptabilisé dans les carreaux (figure 11). Il serait intéressant d'approfondir cette analyse pour vérifier si cette altération n'affecte pas la composition spécifique dans les carreaux plutôt que la richesse spécifique. Néanmoins, d'autres résultats permettent d'identifier clairement l'impact du passage de véhicules dans la zone aquatique des lacs sur le nombre de pieds de *Lobelia dortmanna*, celui-ci est significativement plus faible en présence de cette altération (figure 12). Il en est de même pour l'abondance moyenne et le pourcentage de carreaux colonisés par *Lobelia dortmanna* qui sont significativement plus faibles en présence de passages de véhicules (figures 13 et 14). Ce constat est également valable pour *Caropsis verticillato-inundata* tandis que cet l'impact n'a pas été identifié sur l'abondance relative de *Littorella uniflora* ni sur le pourcentage de carreaux colonisés par cette espèce.

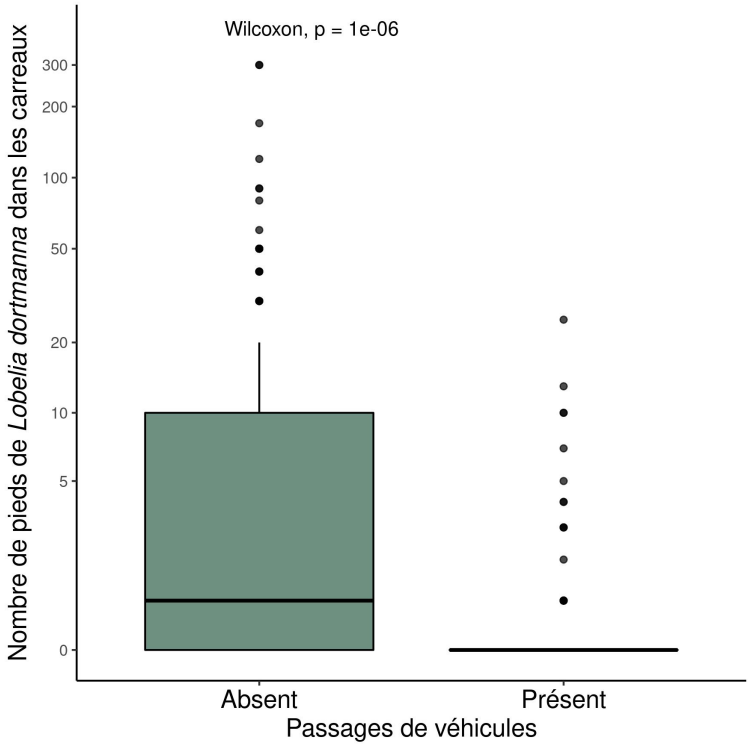


FIGURE 12 – Nombre de pieds de *Lobelia dortmanna* dans les carreaux en présence (n=86) ou non (n=114) de passages de véhicules dans les stations situées en rives Est. Test de Wilcoxon significatif (p<0,01)

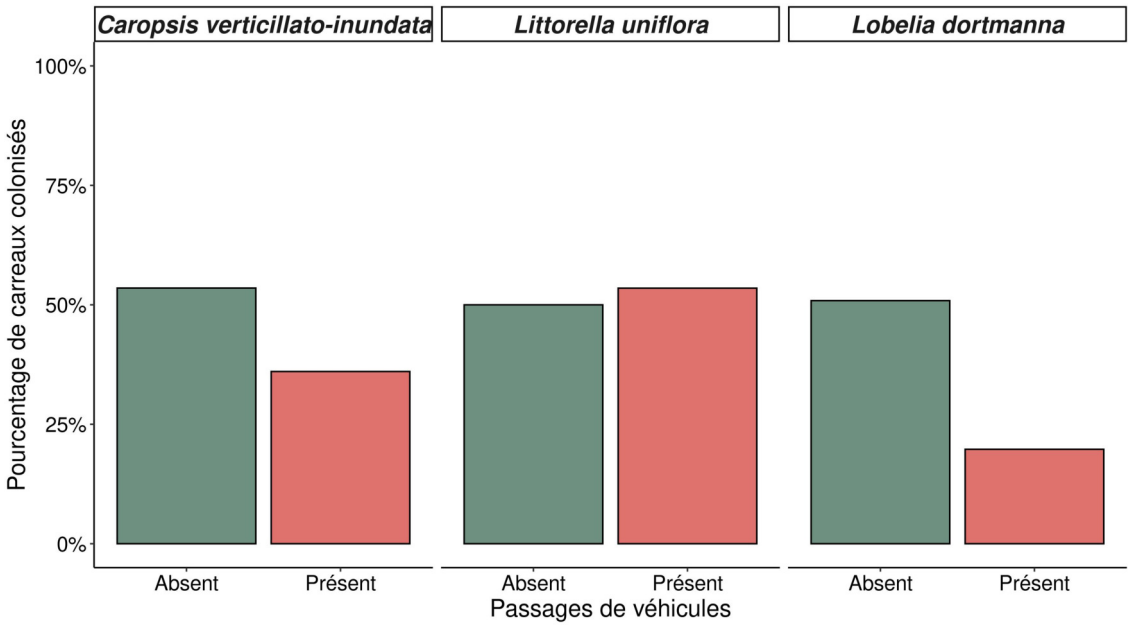


FIGURE 13 – Pourcentage de carreaux colonisés par *Caropsis verticillato-inundata*, *Littorella uniflora* et *Lobelia dortmanna* en présence (n=86) ou non (n=114) de passages de véhicules dans les stations situées en rives Est

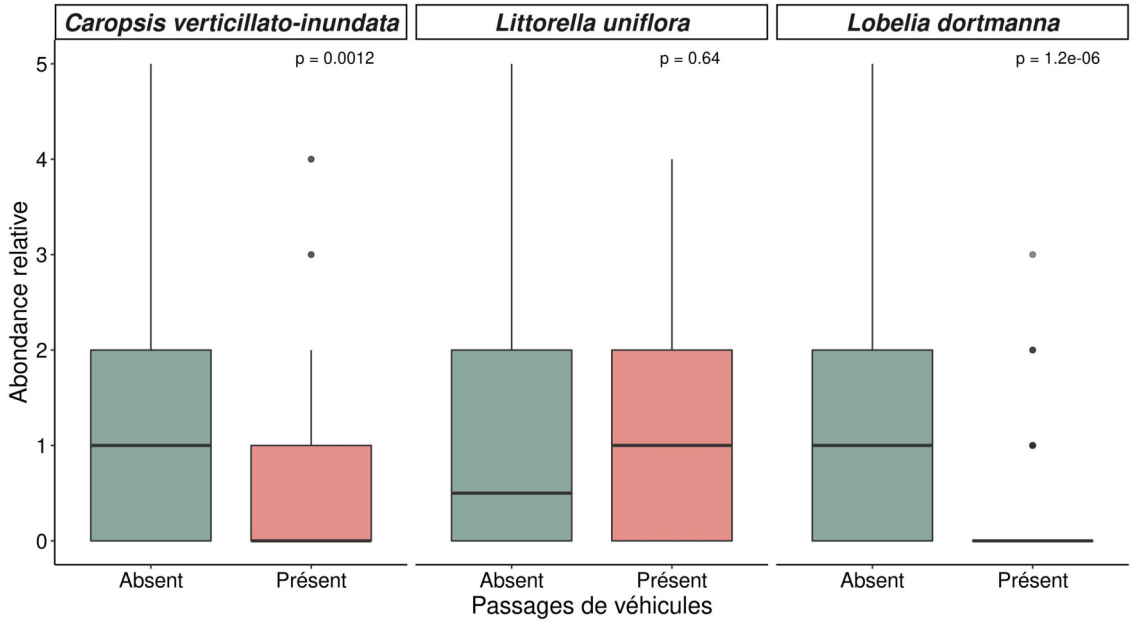


FIGURE 14 – Abondance relative de *Caropsis verticillato-inundata*, *Littorella uniflora* et *Lobelia dortmanna* dans les carreaux en présence (n=86) ou non (n=114) de passages de véhicules dans les stations situées en rives Est. Test de Wilcoxon significatif pour *Caropsis verticillato-inundata* et *Lobelia dortmanna* (p<0,01) et non significatif pour *Littorella uniflora* (p>0,01)

4 Bilan de l'étude

Cette étude permet d'établir un état initial des communautés végétales aquatiques présentes dans des sites particuliers du lac de Carcans-Hourtin qui feront prochainement l'objet d'opérations de restauration hydromorphologique. Elle servira de référence pour le suivi à moyen/long terme des dynamiques de la flore aquatique et des paramètres environnementaux locaux pertinents afin d'évaluer les effets de la gestion visant ces sites. Les principaux résultats obtenus permettent de décrire les peuplements de macrophytes qui colonisent les différents sites d'étude. Ils permettent également d'émettre des hypothèses sur le potentiel de ces sites à atteindre les objectifs de gestion initialement envisagés, notamment pour la conservation des isoétides et des autres communautés végétales aquatiques présentes.

En rives Ouest, la station à restaurer (SAR) possède un potentiel important de conservation d'une roselière à *Phragmites australis* déjà présente de façon relativement dense et étendue. Quand cette station fera l'objet d'une limitation des altérations physiques locales, il est probable que les formations d'hélophytes bénéficient dans un premier temps de cette gestion. Cette végétation aquatique émergente joue un rôle fonctionnel important pour les communautés animales et végétales. De plus, les interactions entre hélophytes et isoétides sont intéressantes à favoriser dans ce secteur du lac où les activités nautiques et de baignade sont importantes. En effet, ces formations de grandes plantes dressées hors de l'eau peuvent assurer un rôle de protection pour les espèces à la morphologie réduite, notamment contre le piétinement ou le batillage induit par un motonautisme trop intense ou trop proche des rives (Szmeja 1994b, Szmeja 1994a). Cette association entre hélophytes et isoétides est fréquente le long des rives Ouest du lac. En 2011, des secteurs de rives situés légèrement plus au Nord du Trou du Facteur, là où se situe la station à restaurer (SAR), étaient colonisés par *Lobelia dortmanna*, *Littorella uniflora* et *Caropsis verticillato-inundata*. De plus, des observations récentes ont permis l'identification d'individus de *Littorella uniflora* au Nord de la plage de Maubuisson, toujours à proximité de la station à restaurer (SAR) (M. Caillaud, CBNSA, communication personnelle, août 2021). Ainsi, les secteurs du lac colonisés par les isoétides situées à proximité (*i.e* quelques centaines de mètres) de la station à restaurer (SAR) pourraient contribuer à une éventuelle installation progressive de ces communautés (dispersion et alimentation de la banque de graines issues de ces individus situés à proximité, arrivée de diaspores et d'individus déracinés), sous réserve que la gestion de restauration soit assurée sur le long terme. La station altérée (TA) est représentative de l'impact des activités récréatives sur la végétation aquatique, entraînant une banalisation des communautés végétales voire leur disparition totale dans certains secteurs des plans d'eau, phénomène déjà identifié dans le lac de Carcans-Hourtin dans le cadre de précédentes études (Bertrin et al. 2018). Enfin, la station non altérée (TNA) est située dans la Réserve Naturelle Nationale des Dunes et Marais d'Hourtin. Elle bénéficie à ce titre d'une protection vis-à-vis des altérations mécaniques liées au nautisme et à la baignade. Néanmoins, les communautés d'isoétides observées dans cette station sont éparses et en faible densité, il sera donc important d'évaluer la dynamique de ces plantes lors des prochains relevés.

En rives Est, la station à restaurer (SAR) abrite des populations importantes de *Lobelia dortmanna*, de *Littorella uniflora* et de *Caropsis verticillato-inundata*. Elle possède donc déjà un potentiel important de conservation, voire de développement des isoétides dans le cas où une limitation et une canalisation du passage des véhicules dans la zone aquatique serait mise en place. Le gain de cette restauration risque cependant d'être difficile à évaluer compte tenu de la faible vitesse de

dispersion et de croissance des isoétides. Néanmoins, leur suivi sur le moyen/long terme permettra de confirmer le bénéfice acquis par la réduction de l'impact du passage des véhicules, justifiant ainsi une gestion de cette pratique à plus grande échelle sur les rives orientales du lac. Cette étude a notamment permis d'identifier l'impact des altérations liées aux véhicules, épargnant les petites plantes des marais qui colonisent des îlots émergés et préservés de ces impacts, mais au détriment des hydrophytes et des isoétides. C'est le cas notamment de la station altérée (TA) dont l'usage dont elle fait l'objet en terme de passage de véhicules ne doit pas se propager sur l'ensemble des rives orientales. Quant à la station non altérée (TNA), les éléments acquis dans cette étude sur l'état de la flore aquatique confirment qu'il s'agit d'un site exceptionnel, d'un point de vue écologique lié notamment à la diversité spécifique des végétaux aquatiques et à l'état de conservation des espèces patrimoniales des isoétides, à l'échelle de la région, du territoire métropolitain et en Europe.

Le suivi de la flore aquatique sur le moyen/long terme permettra d'évaluer l'efficacité des actions de gestion à partir d'une comparaison avec les données acquises lors de cet état des lieux. Un renouvellement de l'ensemble de ces relevés devrait avoir lieu dans les 3 à 5 ans maximum suite à la mise en application des mesures de restauration. Les données environnementales, notamment les paramètres physiques des sédiments, ainsi que les observations de la végétation à grain fin dans les carroyages fourniront d'importants éléments de compréhension des dynamiques écologiques en cours lors de la mise en place d'opérations de restauration. L'utilisation de protocoles standardisés au niveau national permettront également de partager les données et résultats acquis dans le lac de Carcans-Hourtin et de les comparer avec d'autres types de lacs dans d'autres écorégions du territoire métropolitain.

Références

Afnor (2010). Qualité de l'Eau - Echantillonnage des communautés de macrophytes en plans d'eau - XP T90-328.

Ballantyne, M. et Pickering, C. M. (déc. 2013). Tourism and recreation : a common threat to IUCN red-listed vascular plants in Europe. *Biodiversity and Conservation* 22.13, p. 3027-3044.

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). Thèse de doct. Ecole doctorale sciences et environnements, ED 304, spécialité écologie évolutive, fonctionnelle et des communautés.

Bertrin, V., Dutartre, A., Caro, A., Boutry, S., Moreira, S. et Jan, G. (2012). *Communautés végétales aquatiques des lacs médocains*. Rapp. tech., p. 134.

Bertrin, V., Boutry, S., Alard, D., Haury, J., Jan, G., Moreira, S. et Ribaudo, C. (2018). Prediction of macrophyte distribution : The role of natural versus anthropogenic physical disturbances. *Applied Vegetation Science* 21.3, p. 395-410.

Bertrin, V., Boutry, S., Dutartre, A. et Lambert, E. (2013). Communautés de Characées des lacs médocains (Sud-Ouest de la France). Eléments d'écologie et de distribution : Characeae communities in the Medoc area lakes (South-West France). Elements of ecology and distribution. *Botany Letters* 160.2, p. 131-140.

Bertrin, V., Boutry, S., Jan, G., Ducasse, G., Grigoletto, F. et Ribaudo, C. (2017). Effects of wind-induced sediment resuspension on distribution and morphological traits of aquatic weeds in shallow lakes. *Journal of Limnology* 76.s1, p. 84-96.

Bragg, O., Duck, R. W., Rowan, J. S. et Black, A. R. (2003). *Review of methods for assessing the hydromorphology of lakes*. Rapp. tech.

Caillaud, M.-V. et Le Fouler, A. (2018). *Evaluation et suivi de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire des étangs arrière-littoraux d'Aquitaine. Analyse diachronique 2012-2018 et grille d'évaluation*. Rapp. tech. Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique, p. 62.

Capdevielle, P. (1978). Recherches écologiques et systématiques sur le phytoplancton du lac de Cazaux, Sanguinet, Biscarrosse. Thèse de doctorat Sciences. Université de Bordeaux I.

Cellamare, M. (2009). Évaluation de l'état écologique des plans d'eau Aquitains à partir des communautés de producteurs primaires. Ecole doctorale des sciences, "sciences et environnements" spécialité écologie évolutive, fonctionnelle et des communautés, Université de Bordeaux 1.

Cemagref (1985). *Etude écologique des étangs de Moliets, Laprade, Moisan (Landes) 1982-1983 : propositions d'aménagement de l'étang de Moisan - étude N°22*. Rapp. tech. Cemagref, p. 215.

Clément, B. et Aidoud, A. (2009). *Resistance against eutrophication based on 40-year diachronic study (1966-2006) on marginal wetlands of oligotrophic shallow lakes in south-west of France*. Rapp. tech. Project Euro-limpacs : Prediction modeling of change through of wet riparian terrestrial habitats. Resistance against eutrophication based on 40-year diachronic study (1966-2006) on marginal wetlands of oligotrophic shallow lakes in South-West of France (WP1, Task 4.2), p. 27.

Dufrene, M. et Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species : The need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67.3, p. 345-366.

Dutartre, A. (1986). Les plans d'eau du littoral aquitain. Origine et caractéristiques. *Colloque sur les zones humides littorales en Aquitaine. Septembre 1985 - Le Teich - France*, p. 17.

Dutartre, A. (2007). Plantes rares et protégées des plans d'eau aquitains. *Adour Garonne* 98, p. 12-14.

Hicks, A. L. et Frost, P. C. (2011). Shifts in aquatic macrophyte abundance and community composition in cottage developed lakes of the Canadian Shield. *Aquatic Botany* 94.1, p. 9-16.

Jamoneau, A., Bouraï, L., Devreux, L., Percaille, L., Queau, A. et Bertrin, V. (2021). Influence of historical landscape on aquatic plant diversity. *Journal of Vegetation Science* 32.1, e12839.

Jusik, S. et Maciol, A. (2014). The influence of hydromorphological modifications of the littoral zone in lakes on macrophytes. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 43.1, p. 66-76.

Kolada, A., Piotrowicz, R., Wilk-Woźniak, E., Dynowski, P. et Klimaszyk, P. (2017). Conservation status of the Natura 2000 habitat 3110 in Poland : Monitoring, classification and trends. *Limnological Review* 17.4, p. 215.

Laplace-Treyture, C. et Moreira, S. (2016). *Rapport d'activité du suivi scientifique des plans d'eau de Carcans-Hourtin, Lacanau, Cazaux-Sanguinet et Parentis-Biscarrosse : année 2014*. Rapp. tech., p. 113.

Laplace-Treyture, C. et Prévost, E. (2014). *Rapport d'activité du suivi scientifique des plans d'eau de Carcans-Hourtin, Lacanau, Cazaux-Sanguinet et Parentis-Biscarrosse : année 2013*. Rapp. tech., p. 104.

Liddle, M. et Scorgie, H. (1980). The effects of recreation on freshwater plants and animals : A review. *Biological Conservation* 17.3, p. 183-206.

Loriot, S. (2021). *Plan National d'Actions en faveur des végétations de bords d'étangs arrière-littoraux des Landes et Gironde (2021-2030)*. Rapp. tech. 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, p. 101.

Madsen, J. D., Chambers, P. A., James, W. F., Koch, E. W. et Westlake, D. F. (2001). The interaction between water movement, sediment dynamics and submersed macrophytes. *Hydrobiologia* 444, p. 71-84.

Maury-Brachet, R. et al. (2020). *Contamination polymétallique des Lacs AQuitains et impacts Humains (CLAQH)*. Rapp. tech., p. 96.

Moreira, S., Laplace-Treyture, C., Eon, M. et Jan, G. (2015). *Rapport d'activité du suivi scientifique des plans d'eau de Carcans-Hourtin, Lacanau, Cazaux-Sanguinet et Parentis-Biscarrosse : année 2015*. Rapp. tech., p. 106.

Murphy, K. (2002). Plant communities and plant diversity in softwater lakes of northern Europe. *Aquatic Botany* 73.4, p. 287-324.

Ostendorp, W., Gretler, T., Mainberger, M., Peintinger, M. et Schmieder, K. (oct. 2009). Effects of mooring management on submerged vegetation, sediments and macro-invertebrates in Lake Constance, Germany. *Wetlands Ecology and Management* 17.5, p. 525-541.

Ostendorp, W., Schmieder, K. et Jöhnk, K. D. (2004). Assessment of human pressures and their hydromorphological impacts on lakeshores in Europe. *International Journal of Ecohydrology & Hydrobiology* 4.4, p. 379-395.

Portielje, R. et al. (2014). *Water Framework Directive Intercalibration Technical Report : Central Baltic Lake Macrophyte ecological assessment methods*. Luxembourg, LUX : Publications Office of the European Union, p. 131.

Pourriot, R. et Meybeck, M. (1995). Limnologie générale. *Collection d'écologie*.

SIAEBVELG (2021). *Plan d'Actions pour la préservation et la valorisation des zones humides des lacs médocains, 2021-2030. Tome 1 : État des lieux*. Rapp. tech. SIAEBVELG, p. 140.

Smolders, A., Lucassen, E. et Roelofs, J. (2002). The isoetid environment : biogeochemistry and threats. *Aquatic Botany* 73.4, p. 325-350.

Szmeja, J. (1994a). Dynamics of the abundance and spatial organisation of isoetid populations in an oligotrophic lake. *Aquatic Botany* 49.1, p. 19-32.

Szmeja, J. (1994b). Effect of disturbances and interspecific competition in isoetid populations. *Aquatic Botany* 48.3-4, p. 225-238.

Taubaty, M., Meynard, M., Argillier, C., Raymond, J., Marchand, C. et Westrelin, S. (2019). *Guide et protocoles pour le suivi d'actions de restauration hydromorphologique du littoral en plans d'eau*. Rapp. tech. irstea, p. 100.

Vanden Berghen, C. (1964). La végétation des rives du lac de Hourtin (Gironde, France). *Bulletin du Jardin Botanique de l'Etat à Bruxelles* 34, p. 243-267.

Vanden Berghen, C. (1969). La végétation amphibie des rives des étangs de la Gascogne. *Centre d'Etude et de Recherches Scientifiques de Biarritz* 7, p. 893-963.

Vanden Berghen, C. (1968). Notes sur la végétation du sud-ouest de la France. VI - La végétation de la rive orientale de l'étang de Lacanau (Gironde, France). *Bulletin du jardin botanique national de Belgique* 38.3, p. 255-276.

Whittier, T. R., Paulsen, S. G., Larsen, D. P., Peterson, S. A., Herlihy, A. T. et Kaufmann, P. R. (2002). Indicators of Ecological Stress and Their Extent in the Population of Northeastern Lakes : A Regional-Scale Assessment. *BioScience* 52.3, p. 235-247.

Table des annexes

A Coordonnées géographiques (Lambert 93) des stations d'études (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer) **31**

B Stations d'étude **32**

C Polygones de contour des roselières à *Phragmites australis* des rives Ouest du lac de Carcans-Hourtin **39**

D Listes taxonomiques obtenues et abondances relatives sur les relevés de zone littorale (norme XP T90-328) sur les stations des rives Ouest du lac de Carcans-Hourtin (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer) **41**

E Listes taxonomiques et abondances relatives obtenues sur les relevés de zone littorale (norme XP T90-328) sur les stations des rives Est du lac de Carcans-Hourtin (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer) **42**

F Listes taxonomiques et abondances relatives (moyennes des points-contacts) obtenues sur les profils perpendiculaires (norme XP T90-328) dans les stations des rives Ouest du lac de Carcans-Hourtin (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer) **44**

G Listes taxonomiques et abondances relatives (moyennes des points-contacts) obtenues sur les profils perpendiculaires (norme XP T90-328) dans les stations des rives Est du lac de Carcans-Hourtin (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer) **45**

H Listes taxonomiques, abondances relatives (minimale, maximale, moyenne et erreur standard) et nombre de carreaux colonisés dans les carroyages des stations des rives Ouest du lac de Carcans-Hourtin (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer) **46**

I Listes taxonomiques, abondances relatives (minimale, maximale, moyenne et erreur standard) et nombre de carreaux colonisés dans les carroyages des stations des rives Est du lac de Carcans-Hourtin (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer) **48**

J Nombre de pieds de *Lobelia dortmanna* dans les carroyages en rives Est du lac de Carcans-Hourtin **51**

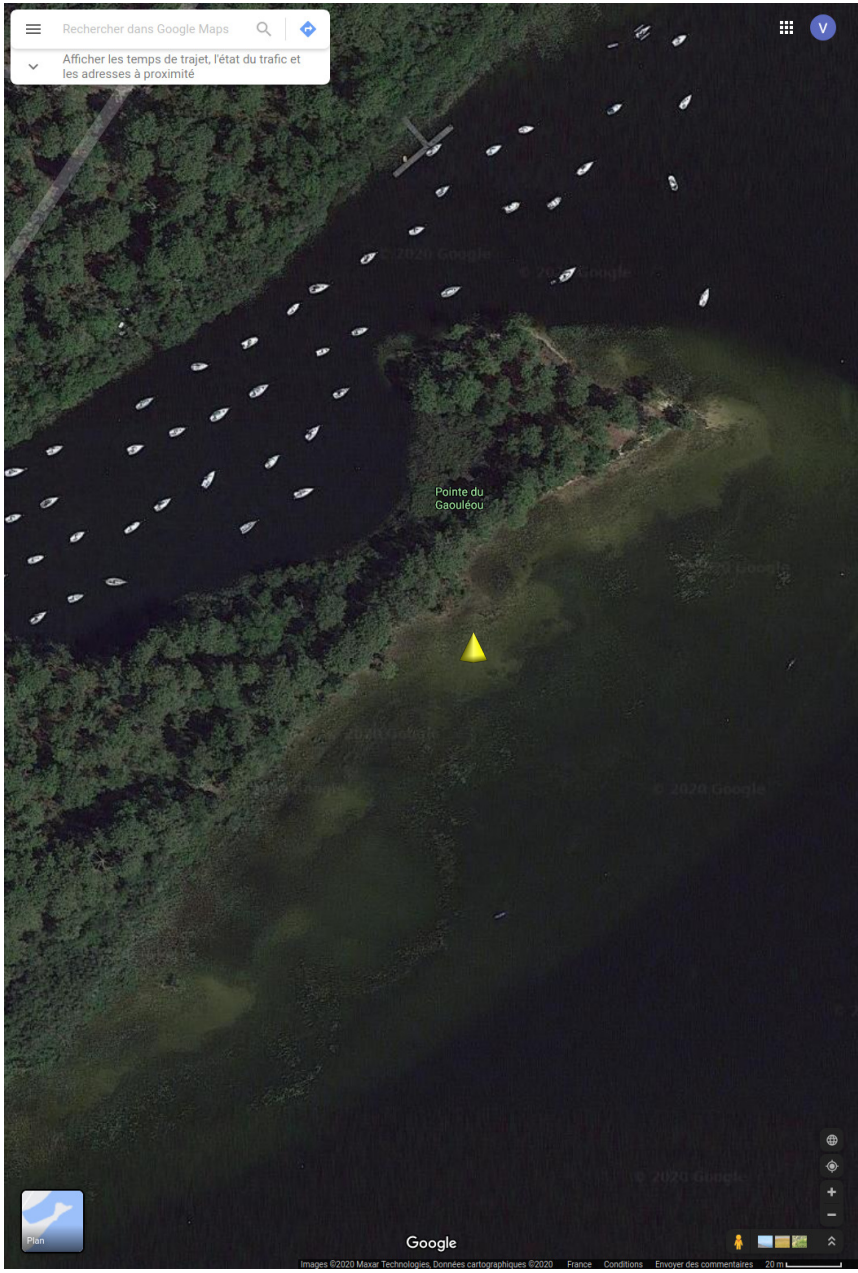
A Coordonnées géographiques (Lambert 93) des stations d'études (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer)

	TNA	TA	SAR
Rives Ouest			
X	376353,88	374205,09	374162,87
Y	6463572,05	6449933,58	6450045,91
Rives Est			
X	379078,10	377952,28	378039,29
Y	6456876,09	6451345,99	6451724,20

B Stations d'étude

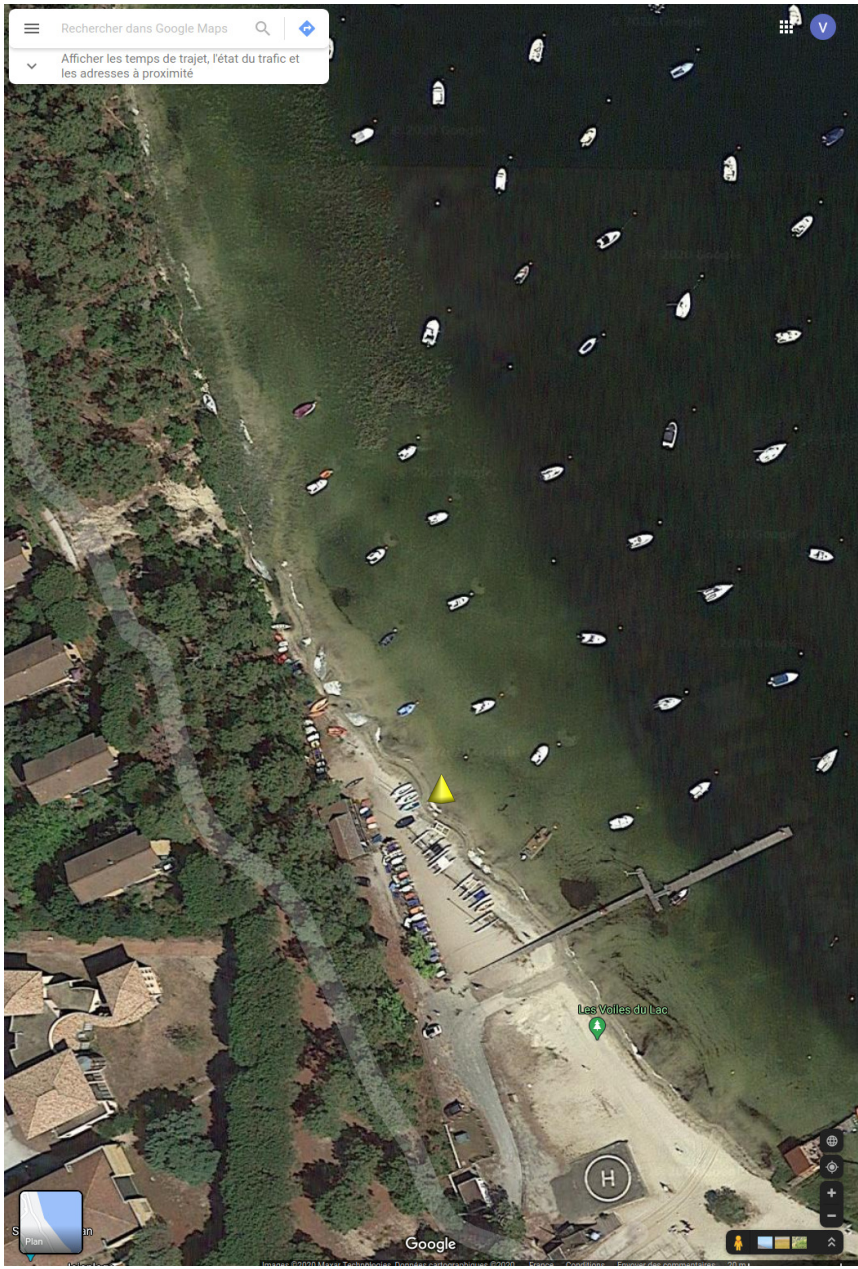
Station Ouest non impactée (TNA)
Pointe du Gaouléou

Le cône correspond au centre de la station



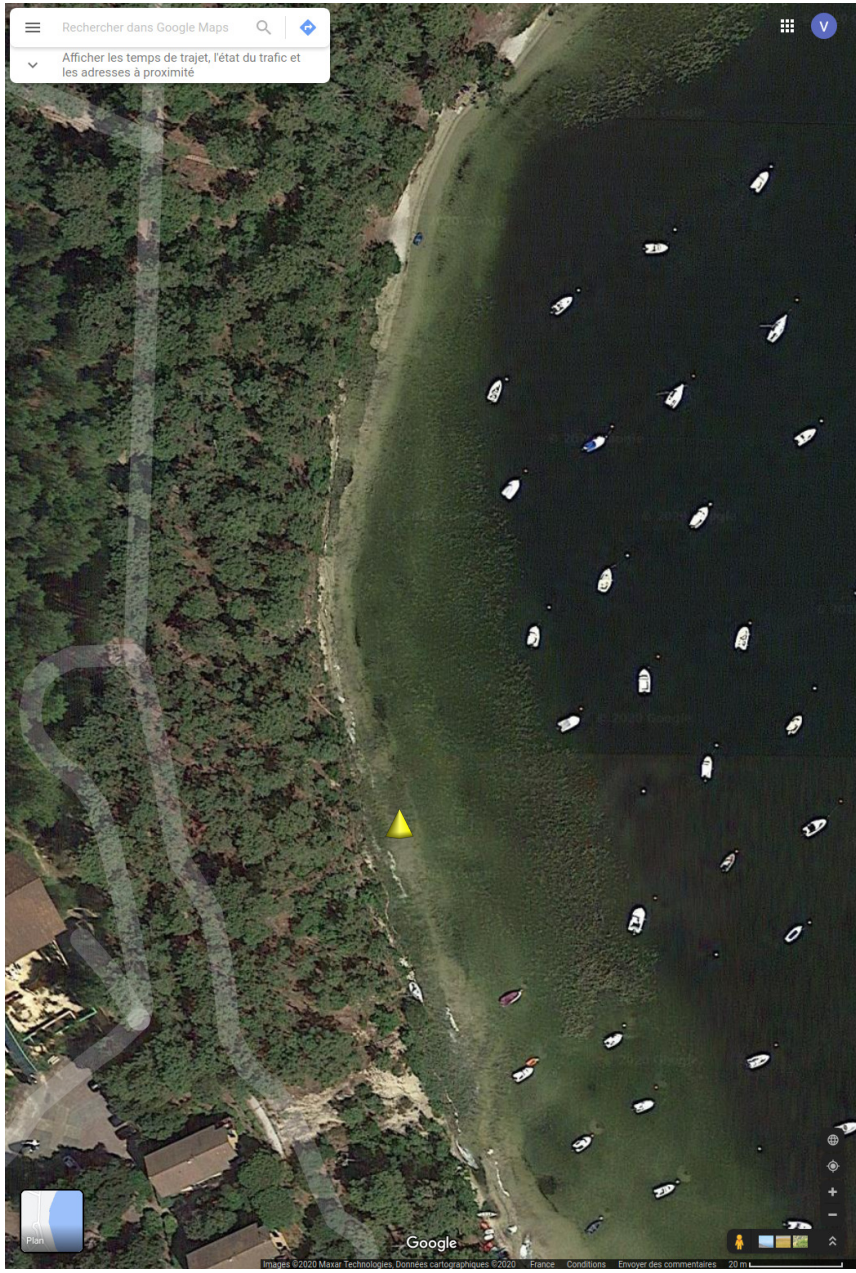
Station Ouest impactée (TA)
Trou du Facteur

Le cône correspond au centre de la station



Station Ouest impactée à restaurer (SAR)
Trou du Facteur

Le cône correspond au centre de la station

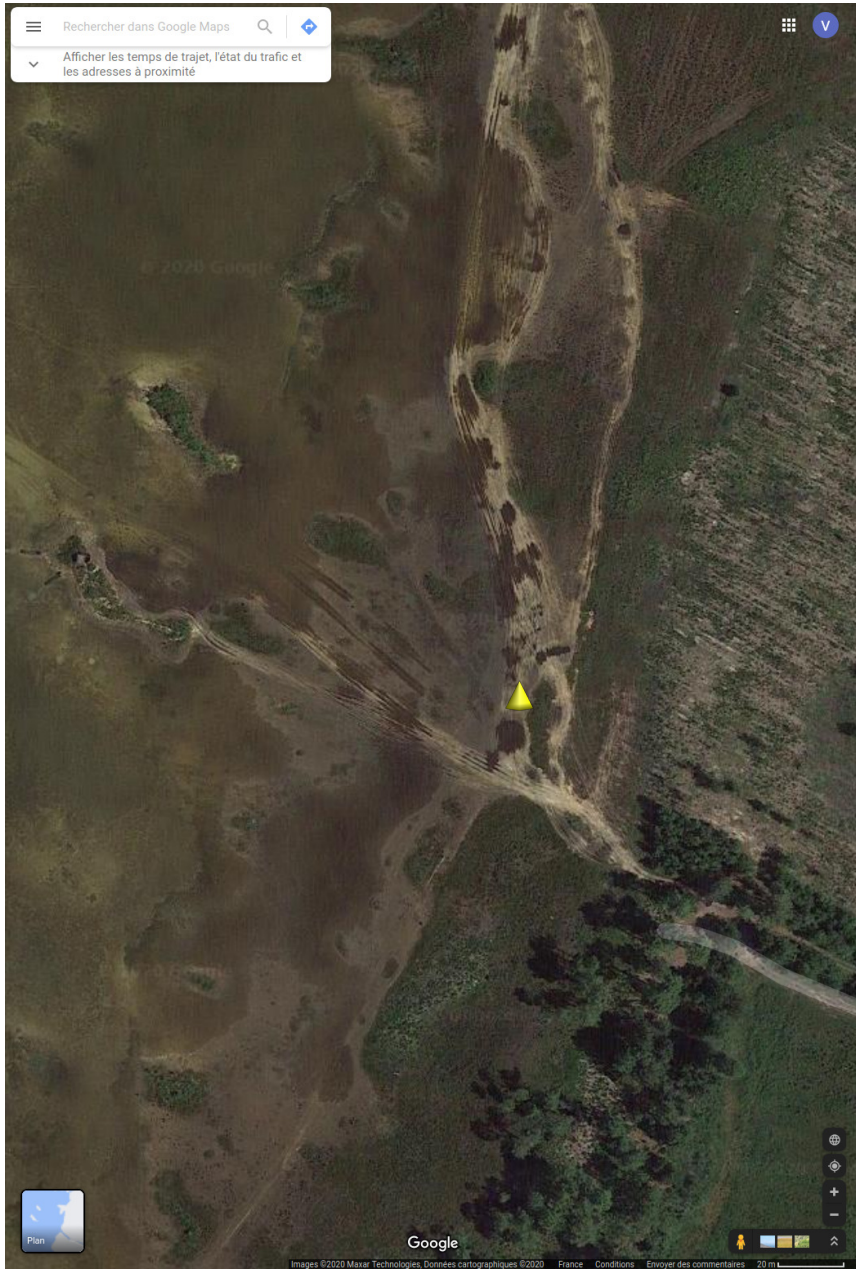


Station Est non impactée (TNA)
Les Barouins

Le cône correspond au centre de la station

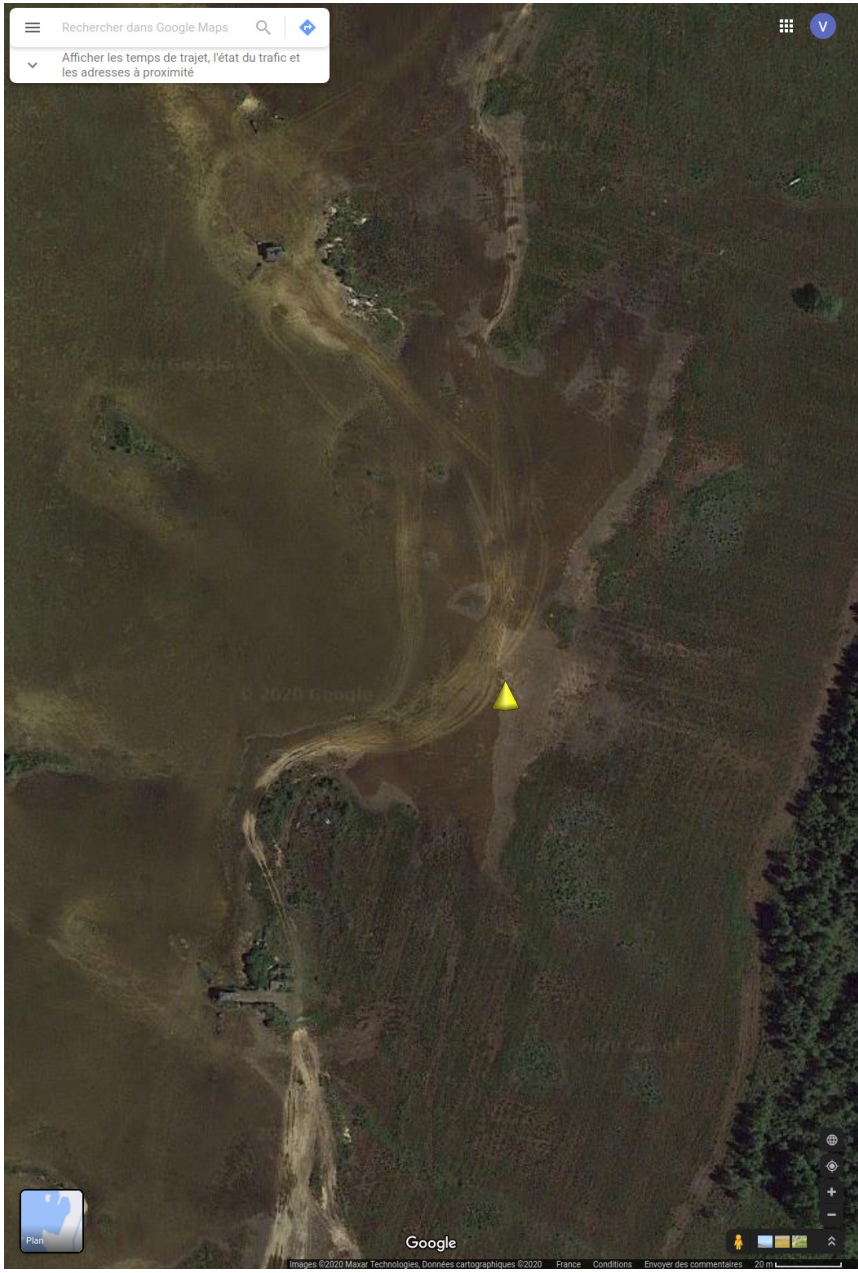
Station Est impactée (TA)
Cabane à Touton

Le cône correspond au centre de la station



Station Est impactée à restaurer (SAR)
Cabane à Touton

Le cône correspond au centre de la station



C Polygones de contour des roselières à *Phragmites australis* des rives Ouest du lac de Carcans-Hourtin

Station non altérée (TNA)
0 10 20 m

Station altérée (TA)
0 10 20 m

Station à restaurer (SAR)
0 10 20 m

D

Listes taxonomiques obtenues et abondances relatives sur les relevés de zone littorale (norme XP T90-328) sur les stations des rives Ouest du lac de Carcans-Hourtin (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer)

Code taxon	Abondance relative	Nom
TNA		
PHRAUS	4	*Phragmites australis*
SCNPUN	4	*Schoenoplectus pungens*
MOLCAE	3	*Molinia caerulea*
ELEMUL	4	*Eleocharis multicaulis*
LYTSAL	2	*Lythrum salicaria*
HYRVUL	2	*Hydrocotyle vulgaris*
NITCON	1	*Nitella confervacea*
POTPOL	2	*Potamogeton polygonifolius*
MYRALT	1	*Myriophyllum alterniflorum*
LITUNI	1	*Littorella uniflora*
JUNBUL	2	*Juncus bulbosus*
RANFLA	2	*Ranunculus flammula*
MYIGAL	1	*Myrica gale*
IRIPSE	1	*Iris pseudacorus*
LYSVUL	2	*Lysimachia vulgaris*
SCUGAL	2	*Scutellaria galericulata*
MENAQU	1	*Mentha aquatica*
CARSPX	1	*Carex* sp.
THRVER	1	*Thorella verticillato-inundata*
LOBDOR	1	*Lobelia dortmanna*
CHAFRA	1	*Chara fragifera*
BALRAN	1	*Baldellia ranunculoides*
HYPELO	1	*Hypericum elodes*
BIDSPX	1	*Bidens* sp.
TA		
PHRAUS	1	*Phragmites australis*
SCNPUN	1	*Schoenoplectus pungens*
SAR		
PHRAUS	4	*Phragmites australis*
SCNPUN	4	*Schoenoplectus pungens*
HYRVUL	1	*Hydrocotyle vulgaris*
LYTSAL	1	*Lythrum salicaria*

E

Listes taxonomiques et abondances relatives obtenues sur les relevés de zone littorale (norme XP T90-328) sur les stations des rives Est du lac de Carcans-Hourtin (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer)

Code taxon	Abondance relative	Nom
TNA		
SHONIG	2	*Schoenus nigricans*
RHNFUS	2	*Rhynchospora fusca*
JUNBUL	3	*Juncus bulbosus*
MOLCAE	4	*Molinia caerulea*
MYIGAL	1	*Myrica gale*
ERCTET	1	*Erica tetralix*
HYRVUL	1	*Hydrocotyle vulgaris*
LYSVUL	1	*Lysimachia vulgaris*
EXAPUS	3	*Exaculum pusilum*
CISDIS	2	*Cirsium dissectum*
LITUNI	3	*Littorella uniflora*
THRVER	4	*Thorella verticillato-inundata*
CHAFRA	2	*Chara fragifera*
NITHYA	1	*Nitella hyalina*
LOBDOR	3	*Lobelia dortmanna*
DROINT	1	*Drosera intermedia*
MENAQU	1	*Mentha aquatica*
LYCEUR	1	*Lycopus europaeus*
ANLTEN	1	*Anagallis tenella*
JUNHET	2	*Juncus heterophyllus*
SCNPUN	1	*Schoenoplectus pungens*
BALRAN	1	*Baldellia ranunculoides*
PHRAUS	1	*Phragmites australis*
POTPOL	1	*Potamogeton polygonifolius*
TA		
CLDMAR	1	*Cladium mariscus*
MYIGAL	1	*Myrica gale*
ELEMUL	4	*Eleocharis multicaulis*
MOLCAE	4	*Molinia caerulea*
CISDIS	2	*Cirsium dissectum*
POTPOL	2	*Potamogeton polygonifolius*
RHNFUS	3	*Rhynchospora fusca*
HYRVUL	2	*Hydrocotyle vulgaris*
JUNBUL	2	*Juncus bulbosus*
LITUNI	3	*Littorella uniflora*
SCNPUN	2	*Schoenoplectus pungens*
BALRAN	1	*Baldellia ranunculoides*
LYTSAL	1	*Lythrum salicaria*
SHONIG	2	*Schoenus nigricans*
ERCTET	1	*Erica tetralix*
EXAPUS	2	*Exaculum pusillum*
THRVER	4	*Thorella verticillato-inundata*
LYSVUL	1	*Lysimachia vulgaris*
MENAQU	1	*Mentha aquatica*
CHAFRA	1	*Chara fragifera*
LAGMAJ	1	*Lagarosiphon major*
LOBDOR	2	*Lobelia dortmanna*
PHRAUS	1	*Phragmites australis*
IRIPSE	1	*Iris pseudacorus*
NITHYA	1	*Nitella hyalina*
MYRALT	1	*Myriophyllum alterniflorum*
BIDSPX	1	*Bidens* sp.
EUPCAN	1	*Eupatorium cannabinum*
LOBURE	1	*Lobelia urens*

SAR		
ELEMUL	3	*Eleocharis multicaulis*
MOLCAE	3	*Molinia caerulea*
JUNBUL	2	*Juncus bulbosus*
JUNHET	1	*Juncus heterophyllus*
EXAPUS	2	*Exaculum pusillum*
SHONIG	1	*Schoenus nigricans*
BALRAN	1	*Baldellia ranunculoides*
CLDMAR	1	*Cladium mariscus*
SCNPUN	1	*Schoenoplectus pungens*
PHRAUS	1	*Phragmites australis*
LITUNI	2	*Littorella uniflora*
RANFLA	1	*Ranunculus flammula*
LYSVUL	1	*Lysimachia vulgaris*
MENAQU	1	*Mentha aquatica*
CHAFRA	2	*Chara fragifera*
LOBDOR	2	*Lobelia dortmanna*
MYRALT	1	*Myriophyllum alterniflorum*

F

Listes taxonomiques et abondances relatives (moyennes des points-contacts) obtenues sur les profils perpendiculaires (norme XP T90-328) dans les stations des rives Ouest du lac de Carcans-Hourtin (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer)

Code taxon	Abondance relative moyenne	Nom
TNA		
SCNPUN	2.81	*Schoenoplectus pungens*
ELEMUL	2.00	*Eleocharis multicaulis*
MOLCAE	1.50	*Molinia caerulea*
PHRAUS	1.55	*Phragmites australis*
LOBDOR	3.00	*Lobelia dortmanna*
CHAFRA	1.00	*Chara fragifera*
TA		
PHRAUS	2.33	*Phragmites australis*
POTPER	1.00	*Potamogeton perfoliatus*
SAR		
SCNPUN	1.80	*Schoenoplectus pungens*
PHRAUS	2.31	*Phragmites australis*
POTPER	5.00	*Potamogeton perfoliatus*

G Listes taxonomiques et abondances relatives (moyennes des points-contacts) obtenues sur les profils perpendiculaires (norme XP T90-328) dans les stations des rives Est du lac de Carcans-Hourtin (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer)

Code taxon	Abondance relative moyenne	Nom
TNA		
MOLCAE	1.19	*Molinia caerulea*
LITUNI	1.37	*Littorella uniflora*
THRVER	1.94	*Thorella verticillato-inundata*
ELEMUL	1.47	*Eleocharis multicaulis*
LOBDOR	1.17	*Lobelia dortmanna*
JUNBUL	1.00	*Juncus bulbosus*
CHAFRA	1.10	*Chara fragifera*
EXAPUS	1.00	*Exaculum pusillum*
NITHYA	3.00	*Nitella hyalina*
TA		
ELEMUL	1.47	*Eleocharis multicaulis*
MOLCAE	1.21	*Molinia caerulea*
THRVER	1.64	*Thorella verticillato-inundata*
EXAPUS	1.00	*Exaculum pusillum*
LITUNI	1.29	*Littorella uniflora*
CHAFRA	1.57	*Chara fragifera*
LOBDOR	1.21	*Lobelia dortmanna*
JUNBUL	1.00	*Juncus bulbosus*
SAR		
MOLCAE	1.25	*Molinia caerulea*
ELEMUL	1.55	*Eleocharis multicaulis*
JUNBUL	1.00	*Juncus bulbosus*
CHAFRA	1.20	*Chara fragifera*
THRVER	1.23	*Thorella verticillato-inundata*
MYIGAL	1.00	*Myrica gale*
LOBDOR	1.12	*Lobelia dortmanna*
JUNHET	1.00	*Juncus heterophyllus*
LITUNI	1.38	*Littorella uniflora*
MYRALT	1.00	*Myriophyllum alterniflorum*
ELAHEX	1.00	*Elatine hexandra*
NITHYA	1.00	*Nitella hyalina*

H Listes taxonomiques, abondances relatives (minimale, maximale, moyenne et erreur standard) et nombre de carreaux colonisés dans les carroyages des stations des rives Ouest du lac de Carcans-Hourtin (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer)

Code taxon	Abondance min	Abondance max	Abondance moyenne	Erreur standard	nombre de carreaux	Nom
TNA						
BALRAN	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Baldellia ranunculoides*
CARSPX	2.00	2.00	2.00	0.00	2	*Carex* sp.
CHAFRA	1.00	2.00	1.06	0.24	18	*Chara fragifera*
CRPVER	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Caropsis verticillato-inundata*
ELEMUL	1.00	5.00	2.23	1.27	22	*Eleocharis multicaulis*
HYPELO	1.00	1.00	1.00	0.00	2	*Hypericum elodes*
HYRVUL	1.00	2.00	1.40	0.55	5	*Hydrocotyle vulgaris*
IRIPSE	1.00	1.00	1.00	0.00	4	*Iris pseudacorus*
JUNBUL	1.00	3.00	1.58	0.79	12	*Juncus bulbosus*
LITUNI	1.00	2.00	1.67	0.58	3	*Littorella uniflora*
LOBDOR	1.00	3.00	1.80	0.84	5	*Lobelia dortmanna*
LYSVUL	1.00	1.00	1.00	0.00	2	*Lysimachia vulgaris*
LYTSAL	1.00	2.00	1.56	0.53	9	*Lythrum salicaria*
MENAQU	1.00	1.00	1.00	0.00	2	*Mentha aquatica*
MOLCAE	1.00	4.00	2.19	0.83	16	*Molinia caerulea*
MYIGAL	1.00	2.00	1.25	0.50	4	*Myrica gale*
MYRALT	1.00	1.00	1.00	0.00	2	*Myriophyllum alterniflorum*
NITHYA	1.00	2.00	1.11	0.33	9	*Nitella hyalina*
PHRAUS	1.00	5.00	2.67	1.07	72	*Phragmites australis*
POTPOL	1.00	3.00	1.60	0.89	5	*Potamogeton polygonifolius*
RANFLA	1.00	1.00	1.00	0.00	5	*Ranunculus flammula*
SCNLAC	2.00	2.00	2.00	0.00	2	*Schoenoplectus lacustris*
SCNPUN	2.00	5.00	4.16	0.93	61	*Schoenoplectus pungens*
SCUGAL	1.00	1.00	1.00	0.00	2	*Scutellaria galericulata*
TA						
AGRSTO	1.00	1.00	1.00	0.00	5	*Agrostis stolonifera*
BIDSPX	1.00	1.00	1.00	0.00	4	*Bidens* sp.
CYNDAC	1.00	1.00	1.00	0.00	2	*Cynodon dactylon*
JUNBUL	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Juncus bulbosus*
LAGMAJ	1.00	3.00	1.50	1.00	4	*Lagarosiphon major*
MENAQU	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Mentha aquatica*
NITHYA	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Nitella hyalina*
PASDIS	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Paspalum distichum*
PHRAUS	1.00	5.00	2.67	1.58	9	*Phragmites australis*
POTPER	2.00	2.00	2.00	0.00	1	*Potamogeton perfoliatus*
SCNPUN	3.00	3.00	3.00	0.00	1	*Schoenoplectus pungens*
SCPHOL	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Scirpoides holoschoenus*
SAR						
AGRSPX	1.00	2.00	1.25	0.50	4	*Agrostis* sp.
AGRSTO	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Agrostis stolonifera*
BIDSPX	1.00	1.00	1.00	0.00	2	*Bidens* sp.
CHAFRA	1.00	2.00	1.43	0.53	7	*Chara fragifera*
GALPAL	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Galium palustre*
HYRVUL	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Hydrocotyle vulgaris*
IRIPSE	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Iris pseudacorus*
JUNBUL	1.00	1.00	1.00	0.00	3	*Juncus bulbosus*
LAGMAJ	1.00	2.00	1.38	0.52	8	*Lagarosiphon major*
LYCEUR	1.00	2.00	1.20	0.45	5	*Lycopus europaeus*
LYSVUL	1.00	2.00	1.33	0.50	9	*Lysimachia vulgaris*
LYTSAL	1.00	2.00	1.40	0.55	5	*Lythrum salicaria*
MOLCAE	1.00	1.00	1.00	0.00	5	*Molinia caerulea*
NITHYA	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Nitella hyalina*
PHRAUS	2.00	5.00	3.93	0.85	56	*Phragmites australis*
POTPER	1.00	2.00	1.67	0.58	3	*Potamogeton perfoliatus*
SCNPUN	1.00	5.00	3.75	1.27	28	*Schoenoplectus pungens*

SCPHOL	1.00	2.00	1.33	0.52	6	*Scirpoides holoschoenus*
SCUGAL	1.00	1.00	1.00	0.00	5	*Scutellaria galericulata*

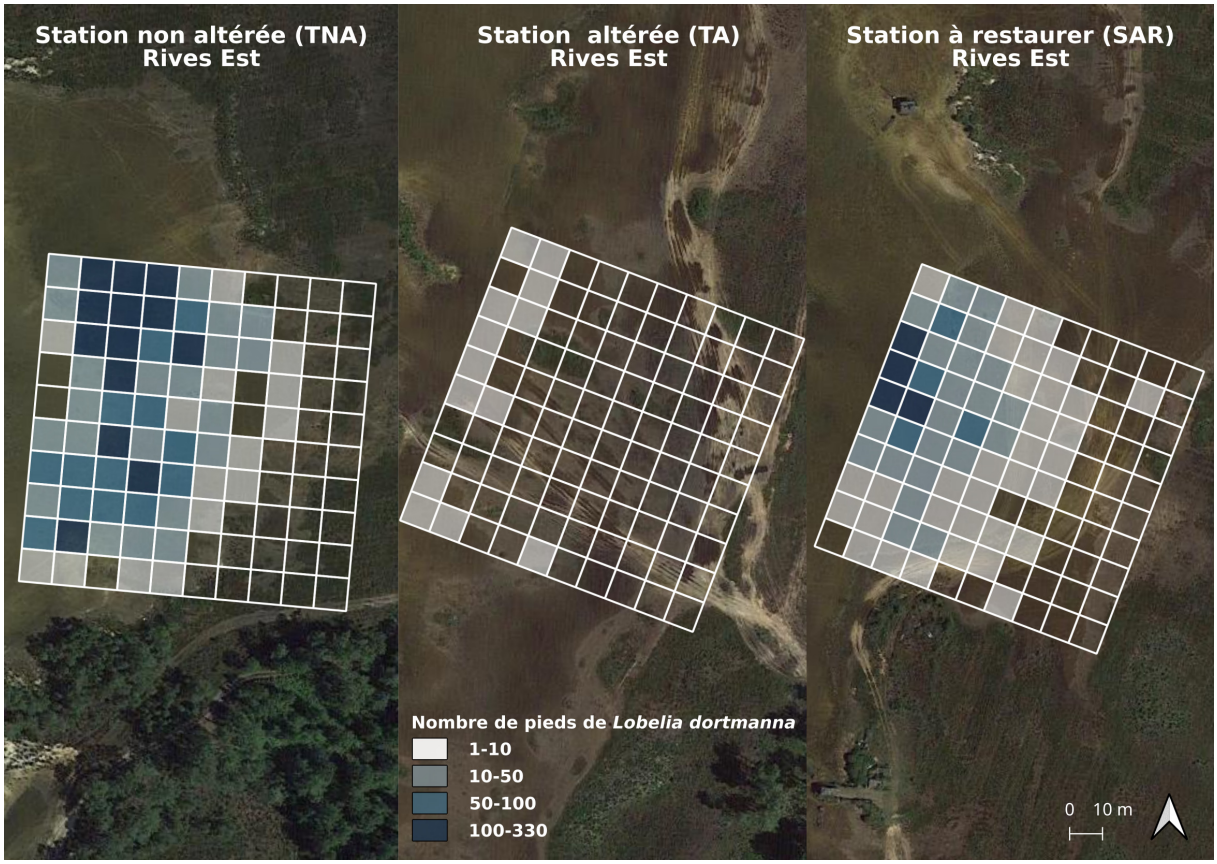
I Listes taxonomiques, abondances relatives (minimale, maximale, moyenne et erreur standard) et nombre de carreaux colonisés dans les carroyages des stations des rives Est du lac de Carcans-Hourtin (TNA=station non altérée, TA=station altérée, SAR=station à restaurer)

Code taxon	Abondance min	Abondance max	Abondance moyenne	Erreur standard	nombre de carreaux	Nom
TNA						
AGRCAP	1.00	1.00	1.00	0.00	3	*Agrostis capillaris*
AGRSTO	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Agrostis stolonifera*
ANATEN	1.00	1.00	1.00	0.00	17	*Anagallis tenella*
BALRAN	1.00	1.00	1.00	0.00	16	*Baldellia ranunculoides*
BIDSPX	1.00	1.00	1.00	0.00	5	*Bidens* sp.
CARSPX	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Carex* sp.
CHAFRA	1.00	3.00	1.56	0.67	32	*Chara fragifera*
CISDIS	1.00	3.00	1.50	0.67	22	*Cirsium dissectum*
CLDMAR	2.00	3.00	2.50	0.71	2	*Cladium mariscus*
CRPVER	1.00	5.00	2.99	1.50	80	*Caropsis verticillato-inundata*
DROINT	1.00	1.00	1.00	0.00	19	*Drosera intermedia*
ELEMUL	1.00	5.00	3.76	1.27	79	*Eleocharis multicaulis*
ERCSCO	1.00	1.00	1.00	0.00	2	*Erica scoparia*
ERCTET	1.00	2.00	1.30	0.48	10	*Erica tetralix*
EXAPUS	1.00	4.00	1.75	0.68	68	*Exaculum pusillum*
HYPELO	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Hypericum elodes*
HYRVUL	1.00	2.00	1.09	0.29	22	*Hydrocotyle vulgaris*
JUNBUL	1.00	4.00	1.83	0.82	77	*Juncus bulbosus*
JUNCAP	1.00	1.00	1.00	0.00	4	*Juncus capitatus*
JUNHET	1.00	1.00	1.00	0.00	2	*Juncus heterophyllus*
LAGMAJ	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Lagarosiphon major*
LITUNI	1.00	5.00	2.56	1.07	77	*Littorella uniflora*
LOBDOR	1.00	5.00	2.52	1.11	62	*Lobelia dortmanna*
LOBURE	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Lobelia urens*
LYCEUR	1.00	1.00	1.00	0.00	7	*Lycopus europaeus*
LYSVUL	1.00	1.00	1.00	0.00	10	*Lysimachia vulgaris*
LYTSAL	1.00	2.00	1.11	0.32	18	*Lythrum salicaria*
MENAQU	1.00	1.00	1.00	0.00	14	*Mentha aquatica*
MOLCAE	1.00	5.00	3.60	0.96	96	*Molinia caerulea*
MYIGAL	1.00	1.00	1.00	0.00	15	*Myrica gale*
MYRALT	1.00	1.00	1.00	0.00	21	*Myriophyllum alterniflorum*
NITHYA	1.00	1.00	1.00	0.00	12	*Nitella hyalina*
PHRAUS	1.00	1.00	1.00	0.00	21	*Phragmites australis*
POTPER	1.00	1.00	1.00	0.00	8	*Potamogeton perfoliatus*
POTPOL	1.00	1.00	1.00	0.00	15	*Potamogeton polygonifolius*
RANFLA	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Ranunculus flammula*
RHIFUS	1.00	5.00	2.88	1.31	43	*Rhynchospora fusca*
SCNPUN	1.00	3.00	1.60	0.70	10	*Schoenoplectus pungens*
SCUMIN	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Scutellaria minor*
SHONIG	1.00	5.00	2.37	1.26	41	*Schoenus nigricans*
TA						
AGRSTO	1.00	1.00	1.00		1	*Agrostis stolonifera*
ANATEN	1.00	2.00	1.14	0.38	7	*Anagallis tenella*
BALRAN	1.00	1.00	1.00	0.00	17	*Baldellia ranunculoides*
BIDSPX	1.00	1.00	1.00	0.00	5	*Bidens* sp.
CARSPX	1.00	2.00	1.17	0.41	6	*Carex* sp.
CHAFRA	1.00	2.00	1.11	0.33	9	*Chara fragifera*
CIEFIL	1.00	1.00	1.00	0.00	3	*Cicendia filiformis*
CISDIS	1.00	3.00	1.42	0.62	31	*Cirsium dissectum*
CLDMAR	1.00	5.00	1.56	1.21	16	*Cladium mariscus*
CRPVER	1.00	4.00	2.08	1.12	40	*Caropsis verticillato-inundata*
DROINT	1.00	2.00	1.50	0.53	8	*Drosera intermedia*
ELEMUL	1.00	5.00	3.22	1.26	91	*Eleocharis multicaulis*
ERCTET	1.00	2.00	1.11	0.33	9	*Erica tetralix*
EXAPUS	1.00	3.00	1.37	0.53	51	*Exaculum pusillum*

GALPAL	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Galium palustre*
HYPELO	1.00	1.00	1.00	0.00	7	*Hypericum elodes*
HYRVUL	1.00	2.00	1.15	0.36	55	*Hydrocotyle vulgaris*
IRIPSE	1.00	1.00	1.00	0.00	2	*Iris pseudacorus*
JUNBUL	1.00	3.00	1.23	0.48	47	*Juncus bulbosus*
JUNHET	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Juncus heterophyllus*
LITUNI	1.00	5.00	2.07	1.03	55	*Littorella uniflora*
LOBDOR	1.00	2.00	1.23	0.44	13	*Lobelia dortmanna*
LOBURE	1.00	1.00	1.00	0.00	8	*Lobelia urens*
LYCEUR	1.00	2.00	1.20	0.45	5	*Lycopus europaeus*
LYSVUL	1.00	2.00	1.06	0.25	16	*Lysimachia vulgaris*
LYTSAL	1.00	1.00	1.00	0.00	34	*Lythrum salicaria*
MENAQU	1.00	2.00	1.11	0.32	18	*Mentha aquatica*
MOLCAE	1.00	5.00	2.99	0.78	100	*Molinia caerulea*
MYIGAL	1.00	3.00	1.44	0.61	34	*Myrica gale*
MYRALT	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Myriophyllum alterniflorum*
NITCON	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Nitella confervacea*
NITHYA	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Nitella hyalina*
PHRAUS	1.00	1.00	1.00	0.00	19	*Phragmites australis*
POTGRA	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Potamogeton gramineus*
POTPER	1.00	1.00	1.00	0.00	2	Potamogeton perfoliatus
POTPOL	1.00	2.00	1.04	0.21	23	Potamogeton polygonifolius
RANFLA	1.00	1.00	1.00	0.00	15	Ranunculus flammula
RHIFUS	1.00	5.00	2.28	1.01	68	*Rhynchospora fusca*
SCNPUN	1.00	3.00	1.26	0.59	27	*Schoenoplectus pungens*
SCNSPX	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Schoenoplectus* sp.
SHONIG	1.00	3.00	1.50	0.71	26	*Schoenus nigricans*
STAPAL	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Stachys palustris*
SAR						
AGRSTO	1.00	1.00	1.00	0.00	2	*Agrostis stolonifera*
ANATEN	1.00	3.00	1.22	0.52	23	*Anagallis tenella*
BALRAN	1.00	2.00	1.16	0.37	43	*Baldellia ranunculoides*
BIDSPX	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Bidens* sp.
CARSPX	1.00	2.00	1.10	0.32	10	*Carex* sp.
CHAFRA	1.00	4.00	2.07	0.97	58	*Chara fragifera*
CISDIS	1.00	3.00	1.27	0.65	11	*Cirsium dissectum*
CLDMAR	1.00	2.00	1.20	0.42	10	*Cladium mariscus*
CRPVER	1.00	5.00	1.98	1.15	52	*Caropsis verticillato-inundata*
CYPSPX	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Cyperus* sp.
DROINT	1.00	2.00	1.12	0.35	8	*Drosera intermedia*
ELAHEX	1.00	1.00	1.00	0.00	3	*Elatine hexandra*
ELEMUL	2.00	5.00	4.01	0.96	100	*Eleocharis multicaulis*
ERCTET	1.00	1.00	1.00	0.00	2	*Erica tetralix*
EXAPUS	1.00	3.00	1.31	0.56	61	*Exaculum pusillum*
HYPELO	1.00	1.00	1.00	0.00	4	*Hypericum elodes*
HYRVUL	1.00	2.00	1.10	0.30	21	*Hydrocotyle vulgaris*
JUNART	1.00	1.00	1.00	0.00	2	*Juncus articulatus*
JUNBUL	1.00	3.00	1.62	0.68	71	*Juncus bulbosus*
JUNCAP	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Juncus capitatus*
JUNHET	1.00	2.00	1.33	0.50	9	*Juncus heterophyllus*
JUNTEN	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Juncus tenageia*
LAGMAJ	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Lagarosiphon major*
LITUNI	1.00	5.00	1.83	1.06	48	*Littorella uniflora*
LOBDOR	1.00	5.00	2.02	1.17	62	*Lobelia dortmanna*
LOBURE	1.00	1.00	1.00	0.00	2	*Lobelia urens*
LYCEUR	1.00	1.00	1.00	0.00	2	*Lycopus europaeus*
LYSVUL	1.00	1.00	1.00	0.00	4	*Lysimachia vulgaris*
LYTSAL	1.00	1.00	1.00	0.00	23	*Lythrum salicaria*
MENAQU	1.00	2.00	1.09	0.30	11	*Mentha aquatica*
MOLCAE	1.00	4.00	2.30	1.13	86	*Molinia caerulea*
MYIGAL	1.00	1.00	1.00	0.00	11	*Myrica gale*
MYRALT	1.00	2.00	1.20	0.41	35	*Myriophyllum alterniflorum*
NITHYA	1.00	1.00	1.00	0.00	16	*Nitella hyalina*
PHRAUS	1.00	3.00	1.18	0.53	17	*Phragmites australis*

POTPER	1.00	1.00	1.00	0.00	1	*Potamogeton perfoliatus*
POTPOL	1.00	1.00	1.00	0.00	3	*Potamogeton polygonifolius*
RANFLA	1.00	2.00	1.05	0.23	19	*Ranunculus flammula*
RHIFUS	1.00	5.00	1.92	1.16	12	*Rhynchospora fusca*
SCNPUN	1.00	5.00	1.76	0.95	37	*Schoenoplectus pungens*
SHONIG	1.00	2.00	1.18	0.40	11	*Schoenus nigricans*

J Nombre de pieds de *Lobelia dortmanna* dans les carroyages en rives Est du lac de Carcans-Hourtin



Centre Nouvelle-Aquitaine
Site Cestas-Gazinet
50 avenue de Verdun
33612 CESTAS Cedex

Rejoignez-nous sur :

site internet national ou site internet du centre

Institut national de recherche pour
l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

INRAE