

Etude de l'état de conservation et de l'évolution des habitats de bord d'étangs du site Natura 2000 FR2601011 : « Milieux humides et habitats à chauves-souris de Puisaye-Forterre »

Benjamin MARANDON

Communauté de commune de Puisaye-Forterre, Service politiques contractuelles et partenariats, 4 rue Colette, 89130 Toucy.

Encadré par Cécile LEMOINE, chargée de mission Natura 2000

Résumé : Le site Natura 2000 « Milieux humides et habitats à chauves-souris de Puisaye-Forterre » comporte un groupe d'étang dont 3 abritent des habitats visés par l'annexe I de la Directive Habitat-Faune-Flore. Ces habitats correspondent à des végétations riveraines des eaux douces dormantes (3110 et 3130) et sont l'objet, depuis 2015, d'un suivi encore en phase de test. Les objectifs de cette étude sont de revenir sur ces années de test afin de déterminer l'état de conservation des végétations et l'évolution des habitats en question. De plus une partie de la réflexion porte sur les différents régimes de marnage (amplitude et régularité) et les végétations qui en dépendent. Les données botaniques et de niveau d'eau issues du suivi ont été traitées afin de répondre au mieux à ces questions. Les résultats montrent sur les étangs un état de conservation altéré pour les habitats du 3110 et plutôt favorable pour ceux du 3130. De plus l'impact de certains régimes de marnage sur une partie des végétations semble problématique. Sur ces deux points, des différences importantes sont observées entre les étangs. Des compétitions entre végétations ont aussi pu être mise à jour. Enfin, des pistes d'amélioration du protocole ont été proposées.

Mots clés : analyse des correspondances, berges exondées, marnage, suivi pluriannuel, phytosociologie

Etude de l'état de conservation et de l'évolution des habitats de bord d'étangs du site Natura 2000 FR2601011 : « Milieux humides et habitats à chauves-souris de Puisaye-Forterre »

Benjamin MARANDON

Communauté de commune de Puisaye-Forterre, Service politiques contractuelles et partenariats, 4 rue Colette, 89130 Toucy.

Encadré par Cécile LEMOINE, chargée de mission Natura 2000

Résumé : Le site Natura 2000 « Milieux humides et habitats à chauves-souris de Puisaye-Forterre » comporte un groupe d'étang dont 3 abritent des habitats visés par l'annexe II de la Directive Habitat-Faune-Flore. Ces habitats correspondent à des végétations riveraines des eaux douces dormantes (3110 et 3130) et sont l'objet, depuis 2015, d'un suivi encore en phase de test. Les objectifs de cette étude sont de revenir sur ces années de test afin de déterminer l'état de conservation des végétations et l'évolution des habitats en question. De plus une partie de la réflexion porte sur les différents régimes de marnage (amplitude et régularité) et les végétations qui en dépendent. Les données botaniques et de niveau d'eau issues du suivi ont été traitées afin de répondre au mieux à ces questions. Les résultats montrent un état de conservation inquiétant pour les habitats du 3110 sur les étangs et plutôt favorable pour ceux du 3130. De plus l'impact de certains régimes de marnage sur une partie des végétations semble problématique. Sur ces deux points, des différences importantes sont observées entre les étangs. Des concurrences entre végétations ont aussi pu être mise à jour. Enfin, des pistes d'amélioration du protocole ont été proposées.

Mots clés : analyse des correspondances, berges exondées, marnage, suivi pluriannuel, phytosociologie

Abstract: Some vegetations of the exposed banks are protected on a European scale by the Natura 2000 program. The site FR2601011 includes 3 ponds where this plant communities can be found. These vegetations are quite fragile and can be quickly replaced by ecologically less-demanding communities. Their expression is characterized by their strong dependence on tidal ranges. The purpose of this report is to determine the evolution of plant communities, to diagnose on this basis the state of conservation of the habitats of interest, to draw if possible conclusions on the factors influencing this development and to propose improvements on the monitoring method. The analysis of the data collected (mostly phytosociological data) during the monitoring program that begun in 2015 managed to show the state of conservation of the habitats, the main differences between ponds and between their vegetations and an abnormal tidal range behavior. The habitat 3110 is the most degraded while 3130 is in a favorable state of conservation. Some competition between habitats seems to contribute to deteriorating the 3110 habitats. The analysis failed to find more links between habitat's distribution and ecological differences. In the end some suggestion to improve the protocol have been dispensed.

Key words: correspondence analysis, exposed banks, multi-year monitoring, phytosociology, tidal range

I) Introduction

Le site Natura 2000 « Milieux humides et habitats à chauves-souris de Puisaye-Forterre » est une Zone Spéciale de Conservation (ZSC, directive « habitat-faune-flore » 92/43/CEE de l'union européenne). Il est situé dans la région naturelle de la Puisaye, en bordure du bassin parisien, dans le sud-ouest de l'Yonne (89). La Communauté de communes de Puisaye-Forterre est un établissement public de coopération intercommunale répartie sur les départements de l'Yonne et de la Nièvre. Elle est porteuse du site Natura 2000 dont l'un des objectifs est de favoriser le maintien et le développement des habitats des berges exondées. Dans le cadre de la mise en œuvre du document d'objectif (DOCOB) du site, un suivi annuel des habitats des berges exondées a été mis en place depuis 2015 sur trois plans d'eau. Ce suivi est toujours en phase de test. Le but du suivi est d'aider à l'orientation de la gestion future du site afin de maintenir ou restaurer un état de conservation favorable de ces habitats. Ayant cinq années de recul sur la méthode et les données, ce rapport cherche à définir l'état de conservation des habitats visés, déterminer leurs évolutions et à en tirer des conclusions sur les facteurs influençant ces

végétations. De plus une discussion du protocole de suivi sera menée afin que ce dernier permette de répondre au mieux aux problématiques de gestion.

Ce suivi se base sur des données floristiques et phytosociologiques et de niveau d'eau récoltées chaque années (2015-2019) sur 3 étangs du site Natura 2000. Il s'agit des étangs suivant : les Blondeaux (ou Beurois) à Bléneau ; Lélu à Saint-Martin-des-champs ; de Charmoy à Moutiers-en-Puisaye ; tout trois dans le département de l'Yonne (89). Dans ce document les trois étangs formant trois entités distinctes seront désormais désignés sous les termes « Blondeaux », « Lélu », et « Charmoy ». Ces trois plans d'eau appartiennent au domaine public de l'Etat et sont gérés par Voies navigables de France (VNF) avec pour objectif premier l'alimentation en eau du canal de Briare.

Les étangs sont typiques du paysage de la Puisaye. Charmoy n'est pas situé sur la même entité hydrologique. Il appartient au bassin versant de la Seine alors que Lélu et Blondeaux appartiennent au bassin versant de la Loire. Lélu est situé en amont de Blondeaux sur le même réseau de rigoles. Les 3 étangs sont assez proches (15 km séparent Charmoy et Blondeaux, Lélu se situe entre les deux) et malgré l'absence de données pluviométriques assez localisés pour l'attester les 3 entités devraient être soumises à des variations de niveau d'eau équivalentes au moins en termes de direction (la position plus ou moins en aval du bassin versant pouvant expliquer des différences d'amplitude).

Les végétations des berges exondées sont caractérisées par leur forte dépendance aux marnages. Les espèces ont adapté leur cycle de vie et de reproduction à l'alternance entre une période inondée et une période exondée. En Puisaye ; elles sont associées aux sols acides, argileux ou sablonneux, pauvre en nutriments et un climat plutôt atlantique mais sous influence continentale. Cette influence continentale se traduit par l'existence d'un gradient diffus et dont la localisation précise varie selon les auteurs, où les flores typique des deux climats se mélangent et cohabitent (Durin et Duvigneaud, 1957). Peu étudiées, en particulier dans leurs variantes locales, ces végétations forment parfois des mosaïques d'habitat. Elles sont assez fragiles et peuvent être rapidement remplacées par d'autres communautés végétales comme les phragmitaies et les cariçaies (Bensettiti et al, 2002).

On distingue historiquement sur les berges du site plusieurs types d'habitat. Ces derniers sont décrits par leur alliance phytosociologique et les associations caractéristiques si nécessaire (Bardat et al, 2004). Les habitats visés à l'échelle européenne par la politique Natura 2000, dits Habitats d'Intérêt Communautaire (HIC) sont listés dans l'annexe I de la Directive Habitat-

Faune-Flore. Ils disposent d'une codification à 4 chiffres et de fiches descriptives des déclinaisons de ces habitats sur le territoire métropolitain (Bensettiti et al, 2002). On retrouve donc sur le site ;

- Les habitats d'eaux oligotrophes très peu minéralisées des plaines sablonneuses des *Littorelletalia uniflorae* (HIC 3110). Ils sont composés de gazons de vivaces amphibies de la classe des *Littorelletea uniflorae* et représentés ici par des associations appartenant à l'alliance de l'*Elodo palustris-Sparganion*.

-Les habitats d'eaux stagnantes, oligotrophes à mésotrophes avec végétation des *Littorelletea uniflorae* et/ou des *Isoeto-Nanojuncetea*. Ils existent sous plusieurs formes complexes consistant en la présence conjointe ou non de végétation appartenant à ces deux classes et formant un milieu assez ouvert dominés par les annuelles (HIC 3130).

-Les communautés végétales hygrophiles sur substrat organotrophe, argileux à vaseux, du *Bidention p.p.* et du *Chenopodion rubri p.p.*

-Les communautés végétales plus denses à grands *Carex* ou *Agrostis*, sur sol mésotrophe à eutrophe. On y retrouve notamment les végétations atlantiques à montagnardes des prairies humides sur sol acide et mésotrophe du *Juncion acutiflori* (HIC 6410) sous forme de moliniaies paucispécifiques.

- Quelques autres communautés présentes ponctuellement ou en marge des berges exondées ainsi que des communautés semblant issues de l'évolution ou de la dégradations des végétations précédentes.

Une même végétation (au sens phytosociologique) selon son contexte d'expression peut être différemment intégré à Natura 2000. Hors contexte alluvial où les communautés du *Bidention* sont d'intérêt communautaire, les végétations qui nous intéressent particulièrement pour ce suivi sont les Gazons à littorelles (3110) et les gazons à annuelles et les gazons oligotrophes à mésotrophes (3130) qui sont des habitats d'intérêt communautaire. Les végétations du *Juncion acutiflori* (6410) n'ont pas été retenues parmi les habitats ciblés car elles ne sont pas caractéristiques des berges exondées. Pour simplifier, les habitats 3110 et 3130 seront nommés plus avant « habitats cibles » (HC)

II) Matériels et méthodes

2.1) Récolte des données :

Le suivi des habitats se base sur l'application d'un protocole de collecte de données sur des paires de transect définies durant les 3 premières années du suivi. Huit paires de transects ont été définies, trois sur Blondeaux dès 2015, deux sur Lélou (une en 2015 l'autre en 2016) et trois sur Charmoy depuis 2017. Ces transects se veulent de longueur constante chaque année. Par ailleurs afin de tester d'éventuels lien avec le marnage, un second jeu de donnée a été créé à partir des relevés du niveau d'eau des étangs fournis par VNF.

Bien qu'aucune cartographie d'habitat des trois entités qui soit assez précise ne soit actuellement mobilisable, la typicité des HC que ce soit en termes de contexte d'expression ou des espèces caractéristiques ainsi que la connaissance accumulée des étangs depuis la création du site a permis de localiser durant les premières années des portions de berge abritant des végétations du 3110 et du 3130 sur les étangs. C'est une partie de ces portions bien localisés qu'ont été placés les transects afin d'assurer le suivi des HC. On espère ainsi obtenir une bonne représentation des communautés ciblées sur chaque étang.

Ces paires de transect sont composées, d'un transect parallèle à la rive (dit transect PA) où est appliquée la méthode du « point-intercept transect » (Hill et al, 2004), et d'un transect perpendiculaire à la rive (dit transect VEG), coupant le premier transect et où est appliquée la méthode du « belt transect » (Grant et al, 2004). Le transect VEG permet de décrire l'ensemble des végétation du haut de berge jusqu'aux zones toujours inondées (**Annexe 1**). Les transects sont localisés à l'aide d'un GPS et de points de repère voulus durables.

Sur les transects parallèles la méthode du point intercept transect, est ici adaptée à nos habitats des berges exondées. Les transects sont placés de manière à traverser au maximum les habitats cibles mais peuvent rencontrer de manière indifférencié d'autres communautés et permettent surtout de décrire une hauteur de berge favorable aux HC. Le long du transect, des placettes de 30cm*30cm sont placées tous les 2 mètres. La présence/absence des espèces végétales y sont relevées avec pour but d'obtenir les fréquences d'apparition de ces dernières sur les transects. Sur les transects perpendiculaires on utilise la méthode du Belt transect développée pour étudier l'évolution des populations le long d'un gradient. Cette méthode consiste à positionner des quadrats de 2 mètres de large, contigus dans notre cas, le long d'un transect et de noter ce que l'on y rencontre. Pour se faire l'observateur partitionne le transect en segment contigus de végétations homogènes et décrit le cortège végétal caractérisant les

différents segments en renseignant l'abondance des espèces présentes. En revanche, les segments ainsi décrits n'ont pas été rattachés à un syntaxon lors de la collecte de données. On cherche ici à caractériser la succession des végétations le long du transect correspondant au gradient d'humidité et à la durée/intensité de l'exondation. Pour ce faire les transects partent des végétations semi-aquatiques jusqu'à un point de repère géolocalisé et identifié d'après des éléments paysagers (orientation d'après l'azimut) en traversant si possible l'ensemble des végétations présentes. Ici, les successions de végétation n'ont été organisées que par leur distance à l'origine du transect et leur longueur sur le transect.

La première année (2015) a permis de placer les transects de Blondeaux, ces derniers ont été remaniés en 2016 pour les transects PA et 2017 pour les transects VEG. Aussi seules les données des années 2016 à 2019 où la méthode est bien installée et les observateurs identiques ont été intégrées aux analyses sur les transects PA, l'absence de donnée pour Charmoy en 2016 ne posant aucun problème pour les analyses prévues. 2017 est la première année où tous les transects sont renseignés (1ère année de Charmoy) et les transects VEG stabilisés. Elle sert donc de première année pour les études sur ceux-ci.

Enfin, les niveaux d'eau sont mesurés soit quotidiennement soit chaque semaine sur les trois étangs (coté digue). Ces mesures constituent un second jeu de données dont on voudrait tester le lien avec les données botaniques. Une compilation de ces données depuis 1997 jusqu'à nos jours devrait permettre de replacer les événements observés lors des cinq années de suivi par rapport au contexte « normal » observé les 18 années précédentes.

2.2) Traitement des données :

La première étape consiste au nettoyage des données botaniques afin d'en retirer toutes les imprécisions et erreurs éventuelles. Ce travail (n'ayant pas été réalisé lors des années précédentes) a été mené par le Conservatoire Botanique National du Bassin Parisien, (CBNBP).

Les données de niveau d'eau ont quant à elles été harmonisées, compilées et résumées à l'aide de représentations graphiques.

2.3) Analyse en composantes principales :

2.3.1) Description de la méthode

Afin de décrire la différence de composition floristique des habitats entre transects, les données des transects PA ont été soumises à une ACP. Les analyses ont été réalisées sous R et grâce au package FactomineR (Lê et al. 2008) (**Annexe 2**). Les analyses multivariées sont des

techniques bien adaptées au traitement de jeu de données complexes ou de nombreux individus (ici les transects sur plusieurs années) sont décrits par de nombreuses variables (espèces). Ce type d'analyses statistiques permet de synthétiser l'information nécessaire à la compréhension des relations entre les individus, sans pour autant en altérer la richesse.

Les données de présence absence des espèces sur chaque placettes sont transformées en fréquence d'apparition des espèces par transect et forment ainsi le jeu de données. Ce dernier est donc constitué des variables en fréquence, quantitative, ayant donc la même unité et le même ordre de grandeur. A ce titre on peut réaliser une analyse en composante principale (ACP) non normée, c'est-à-dire que les données sont centrées mais non réduites, puisque le fait qu'une espèce soit toujours très fréquente (et inversement) constitue une information qu'il faut conserver (ce que la réduction ne permettrait pas).

L'ACP est une analyse factorielle en ce sens qu'elle produit des facteurs (ou axes principaux) qui sont des combinaisons linéaires des variables initiales, hiérarchisées et indépendantes les unes des autres. On appelle parfois ces facteurs des « dimensions latentes », du fait qu'ils sont « l'expression de processus généraux dirigeant la répartition de plusieurs phénomènes qui se retrouvent ainsi corrélés entre eux » (Béguin & Pumain, 2000). L'ACP revient à créer un espace vectoriel comportant autant de dimensions que de variables où les points forment un nuage multidimensionnel. Les composantes principales sont des dimensions virtuelles calculées pour capter un maximum de l'inertie (variance) totale du nuage. Le plan (deux dimensions) formé par deux composantes principales constitue l'outil privilégié d'étude de ce nuage (puisque un espace à partir de 4 dimensions est difficile à concevoir et visualiser). La projection des points sur ces plans est à interpréter avec précautions puisque les distances entre les points projetées peuvent être très différentes de celles dans l'espace vectoriel.

2.3.2) Création du jeu de données

Sur les 72 espèces présentes au total sur ces transects, seules les espèces dont la fréquence moyenne dans les transects est supérieure à 5% ont été retenues soit 26 espèces. En effet les ACP étant très sensibles aux variables peu représentées, il est commun de sortir des analyses les variables au comportement marginal. Le seuil des 5% est une valeur commune dans la littérature (Bouxin, 1986 et 1987) lors du traitement de données phytosociologiques (souvent riches en taxons présents très ponctuellement).

Comme expliqué plus haut les données sont celles des années 2016-2019 et aucune donnée n'existe pour Charmoy en 2016. Ce sont donc 29 relevés nommés selon l'appartenance au

transect et l'année de récolte qui constituent nos « individus » à décrire (exemple : T1B 2017 = Transect 1 Blondeaux 2017).

Dans un second temps, après lecture des résultats, une seconde ACP dite « restreinte » a été réalisée afin de mieux différencier Lélou et Blondeaux toujours sur cette même période. On ne prend en compte que les données des transects PA de Lélou et Blondeaux. Le jeu de données ne contient donc plus que 20 individus et 21 espèces dont la fréquence moyenne est supérieure à 5%.

Il est également possible de projeter dans l'espace vectoriel des variables illustratives, n'ayant donc pas participé à l'élaboration des composantes principales afin d'aider à l'interprétation des axes. C'est de cette manière que sont intégrées les données de niveau d'eau sur les étangs. Une variable supplémentaire, issue du relevé de niveau d'eau a été calculée pour chaque années et par étang afin de caractériser chaque individu. Cette dernière est la différence de niveau observée entre les 3 mois d'été et les 3 mois d'hiver centrée sur la différence moyenne observée pour chaque étang lors des 18 années précédant l'étude.

2.3.3) Intégration de variables écologiques à la description des dimensions

Les liens des axes avec certaines variables décrivant les préférences écologiques des espèces ont été testées (luminosité, humidité édaphique, Température, tolérance pH, richesse en nutriment, matière organique du sol, type de sol). Pour ce faire les données écologiques de chaque espèce ont été importées de la base de données nationale BASEFLOR (Julve, 2020) afin de tester les corrélations linéaires (Pearson) entre les caractéristiques écologiques des espèces et l'axe. Des régressions linéaires ont été réalisées et testées sous R entre les coordonnées sur l'axe des variables espèces dont la corrélation avec l'axe est significative (**Annexe 3 et 4**) et chacun des indices de préférences écologiques.

2.3.4) Analyse des résultats

Une fois le jeu de données prêt, il faut :

- Choisir le nombre de composantes principales retenues dans l'analyse
- Décrire ces composantes principales en fonction des espèces/variables qui ont le plus contribué à leur création et leur sont significativement corrélées (corrélation linéaire)
- Essayer de rattacher ces variables à des variables environnementales.
- Décrire les individus projetés sur ces axes afin de comparer les transects entre eux et au fil des années

- En déduire si possible les évolutions et caractéristiques écologiques qui définissent les étangs les uns par rapport aux autres et donc les végétations associées.

2.4) Suivi pluriannuel des habitats

Comme expliqué plus haut et notamment en raison du manque d'une typologie des habitats précise, seule l'évolution des végétations le long des transects VEG a été relevée lors des phases de terrain. L'identification des communautés végétales correspondantes a été menée a posteriori par le CBNBP grâce aux données d'abondance/dominance. Les végétations rencontrées et séparées en segment des transects ont été rattachées le plus précisément possible au niveau de l'alliance ou de l'association selon la spécialisation des végétation et la possibilité de les différencier avec certitude.

Les végétations suivies sur ces transects sont potentiellement imbriquées en mosaïque (au sein d'un même segment). Cependant la faible largeur du transect et son découpage très fin (au dixième de mètre) limitent ce cas de figure.

Par ailleurs, ce type d'habitat est caractérisée par une faible diversité spécifique. Le caractère particulier de la région, entre climat atlantique et continental, participe à l'absence de certaines espèces parfois attendues sur ces habitats au profit d'espèces moins exigeantes et, au contraire, à la présence d'espèce peu attendues. Certaines espèces très courantes sur les relevés sont communes à plusieurs habitats et ne peuvent être rattachées à un habitat en particulier. Dans certains cas les végétations sont donc considérées comme basales et parfois trop peu exprimées pour être rattachées à un syntaxon. Pour empêcher les interprétations douteuses les relevés trop pauvres sont donc non décrits (NC = non concerné) et non pris en compte, les communautés basales sont rattachées à un syntaxon supérieur, ici l'alliance si besoin. Cela n'empêche pas ici le rattachement à un « habitat », l'alliance correspondant au niveau de détail utilisé par Natura 2000 dans la description des habitats. Les associations quand elles sont décrites permettent de faire ressortir des différences stationnelles. Il est possible de calculer un pourcentage du cortège rattaché aux différents syntaxons sur chaque segment du transect (pour faire ressortir l'aspect mosaïque). Cependant en raison de la faible diversité des relevés et de l'omniprésence d'espèces non cantonnées à un unique syntaxon (*Littorella uniflora*, *Eleocharis palustris*...), comme expliqué plus haut, ces pourcentages ne peuvent pas servir à décrire de manière fiable l'habitat présent sur le segment. Ils ne peuvent servir, dans notre cas, qu'en tant qu'aide à la prise de décision.

Une fois les segments rattachés à un syntaxon, on peut représenter cette information de différentes manières. Dans l'hypothèse où les transects sont parfaitement localisés et ont des points de repère fixes, il est possible de représenter graphiquement l'évolution de la succession des végétations le long du transect au fil des années. Comme précisé plus haut, les transects ne peuvent être considérés comme stables qu'à partir de 2017. Aussi la superposition des transect est réalisée sur les années 2017 à 2019.

De plus l'évolution de l'emprise des habitats en termes de linéaire peut être évaluée. Elle témoigne de la régression ou de la progression des communautés végétales à différentes échelles.

2.5) Evaluation de l'état de conservation des HC

2.5.1) Etat de conservation

L'état de conservation des HC sur chaque entité a été évalué à partir des transects VEG. C'est une évaluation des habitats tels qu'ils étaient lors de la dernière année (2019) et les évolutions sont déduites des tendances observées sur les 3 dernières années (en l'absence de données récentes, précises et fiables sur les années précédentes).

L'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire des sites Natura 2000 est encadrée par la législation européenne et doit à ce titre s'intéresser à 4 paramètres : l'évolution de la surface occupée par l'habitat, les atteintes portées à l'habitat, l'évaluation de ses structures et ses fonctions, les perspectives futures. L'état de conservation peut se situer le long allant des états défavorables aux états favorables.

On évalue l'état de conservation des habitats depuis l'échelle de la placette pour jusqu'à celle du site. Ainsi, divers critères sont étudiés (composition floristique, fonctionnement hydrologique, etc.) à l'aide d'indicateurs (recouvrement des espèces exotiques envahissantes, recouvrement des algues filamenteuses, etc.). Certains critères sont évalués à l'échelle du polygone ou de la placette, tandis que d'autres le sont à l'échelle de l'entité ou du site. Une note est attribuée à chaque indicateur en comparant les valeurs des indicateurs aux seuils définis grâce à une recherche bibliographique, au dire d'expert ou à partir des tests sur le terrain.

Afin de guider les gestionnaires et en vertu de son expertise scientifique, l'UMS PatriNat du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) a produit en 2019 (soit après le début du suivi) un Guide d'évaluation de l'état de conservation des habitats des eaux dormantes d'intérêt communautaire à l'échelle des sites Natura 2000 (Mistarz et Latour, 2019). Ces documents sont issus d'une large recherche bibliographique ainsi que d'une importante phase de test et

d'échanges basés sur les retours des gestionnaires qui ont abouti à une grille d'évaluation intégrant des indicateurs à relever et les seuils de ces derniers permettant de donner une note aux polygones d'habitat.

Pour les deux habitats concernés par l'étude (HC), la compatibilité du protocole actuel avec les méthodes standardisées d'évaluation n'est pas implicite. Les indicateurs ont été renseignés au mieux d'après les données disponibles afin d'offrir l'évaluation la plus précise possible de l'état de conservation (**Annexe 5**). Les réflexions sur l'amélioration du protocole de suivi doivent viser en priorité l'efficacité du suivi et la capacité à évaluer l'état de conservation des habitats ciblés selon la méthode du MNHN. La plupart des indices étant communs aux deux habitats cibles, les deux habitats sont évalués ensemble.

2.5.2) Paramètre « surface »

L'évaluation de l'évolution surfacique d'un habitat se fait normalement à l'échelle de la placette ou éventuellement du site si l'habitat y est omniprésent. Les transects VEG devant ici permettre le suivi de la majorité des communautés sur un étang, il semble possible de généraliser nos observations à l'échelle de l'entité. C'est un échantillonnage en plein. La description du linéaire sur son ensemble devrait permettre de rendre assez bien compte de l'évolution de la surface couverte par l'habitat sur les 3 dernières années. Pour ce faire il est nécessaire que les surfaces couvertes en 2019 puissent être comparées aux surfaces couvertes en 2017, soit concrètement que les années choisies pour l'évaluation ne soient pas des années à éclipse pour les végétations (en particulier le 3130).

2.5.3) Paramètre « structures et fonctions »

Ce paramètre regroupe plusieurs atteintes au fonctionnement de l'habitat ou montrant sa déstructuration, on évalue pour ce faire 4 indices : la présence d'espèces eutrophiles, d'espèces déstructurantes, le recouvrement en algues filamenteuses et la part de sol nu. Les différents indices doivent théoriquement être évalués sur les « placettes » servant à évaluer l'évolution surfacique. Pour se substituer aux placettes, ce critère a été évalué sur les segments de transect attribués aux habitats cibles. La description exhaustive des espèces présentes sur les portions de transects des habitats cibles permet de renseigner la présence des espèces à surveiller. Dans le cas particulier où plusieurs patchs d'une même végétation seraient présents sur un transect, l'indice est évalué à l'échelle du transect en traitant les patchs ensemble. Pour ce qui est des algues filamenteuses, bien que leur présence ne soit pas systématiquement relevée sur les transects, ces perturbations n'ont pour l'instant été que peu observées et de manière très

ponctuelle. Enfin pour la présence de sol nu (3130), le pourcentage de recouvrement des végétations a été relevé sur chaque segment de transect et permet de renseigner cet indice.

2.5.4) Paramètre « altérations »

Pour ce dernier paramètre il faut faire la distinction entre les atteintes lourdes facilement identifiables pour leur impact visible en surface et les altérations diffuses plutôt pressenties à l'échelle du site et dont l'impact réel n'est pas toujours facile à quantifier.

Les altérations lourdes, si elles sont observées au moment du relevé, ont été notées. Cependant en absence d'une véritable veille sur les étangs des événements plutôt discrets pourraient ne pas avoir été relevés. Enfin les altérations diffuses sont un ensemble d'effets de l'anthropisation sur le site ou le bassin versant et de pratique des visiteurs sur le site qui pourraient conduire à la dégradation des végétations. Résultant de la bonne connaissance du site et de son environnement ces atteintes potentielles sont plutôt bien connues sur le site.

2.5.5) Evaluations

Pour finir, les différents critères relevés aux différentes échelles permettront de donner une note pour chaque étang. L'agrégation des résultats pour chaque transect pour évaluer l'entité peut se faire de différentes manières selon l'approche voulue et le type de données, ici une moyenne des relevés sera réalisée à l'échelle de l'entité puisque cela permet de comparer facilement les notes entre plusieurs années tout en tenant compte de la variabilité entre transects.

III) Résultats

3.1) Synthèse des données de niveau d'eau

Le niveau d'exondation a été calculé, comme précisé plus haut, pour chaque année depuis 1997 jusqu'à 2019, les données des cinq dernières années sont comparées à celle des 18 années de référence afin de pouvoir étudier le comportement des étangs de manière générale ainsi que celui des années de suivi.

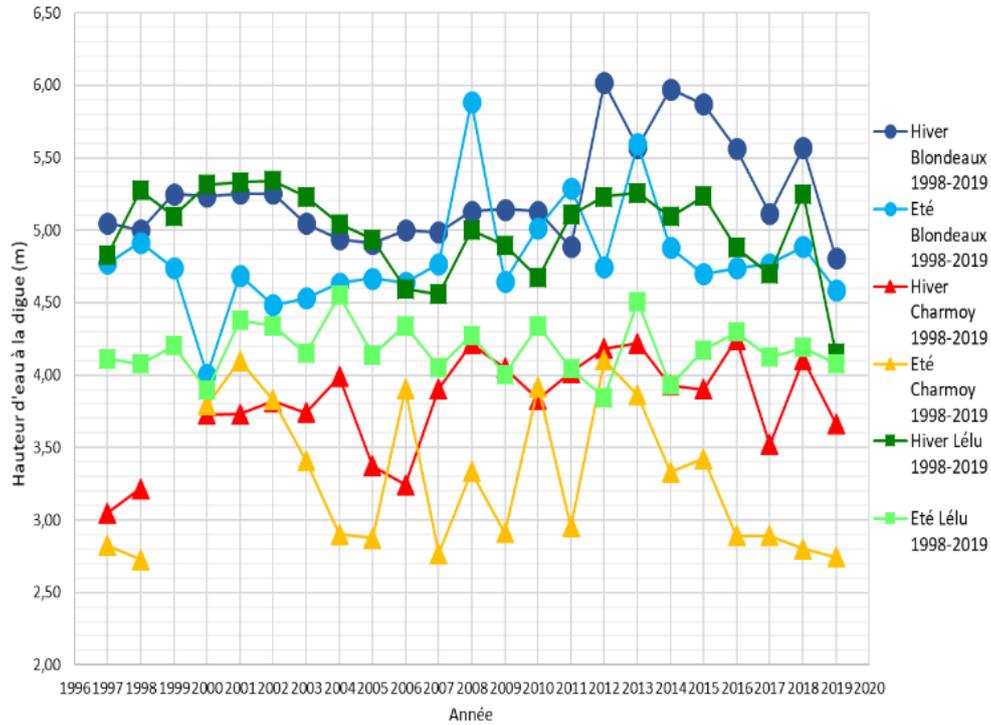


Figure 1. Suivi des niveaux d'eau moyens en été et en hiver sur les 3 étangs entre 1997 et 2019. Chaque point correspond à la moyenne de hauteur d'eau enregistrée pour les 3 mois d'été ou d'hiver pour chaque étangs

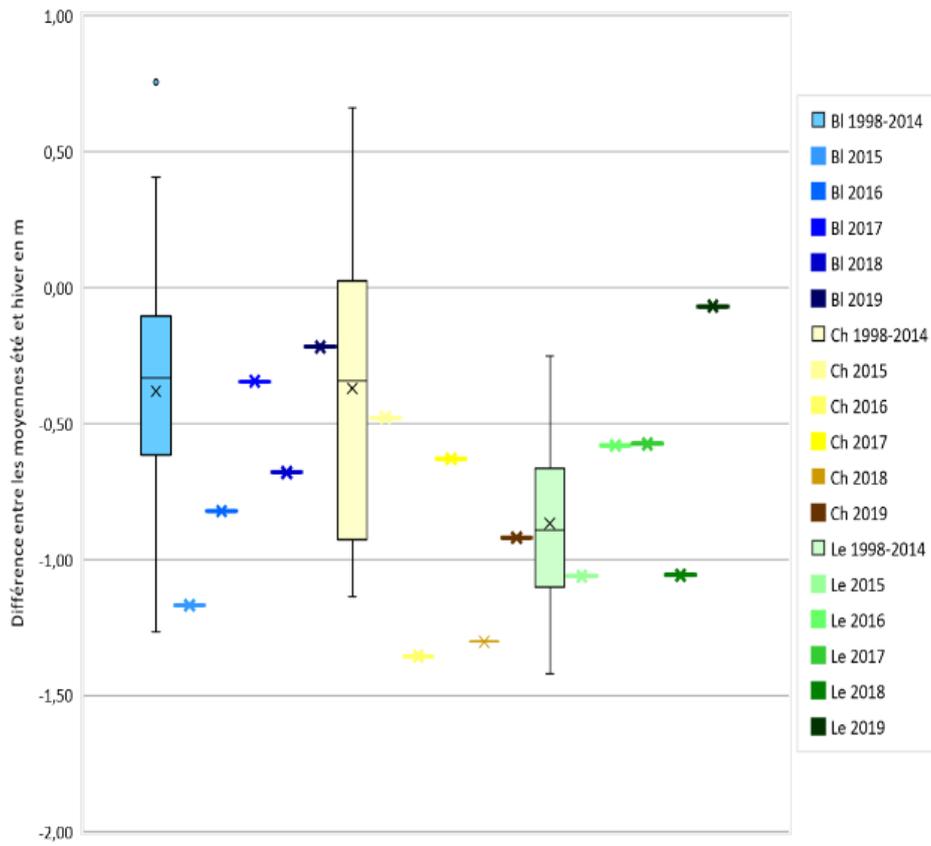


Figure 2. Amplitude d'exondation (en m) des étangs du site (été/hiversur la période 1997-2014 et en comparaison avec les années de suivie. BI = Blondeaux, Ch= Charmoy, Le = Lélou

Depuis 1997, on constate pour les entités Blondeaux et en particulier pour Charmoy qu'il arrive régulièrement que l'exondation n'ai pas lieu voir soit inversée (**Figure 1**). L'entité Charmoy a un comportement singulier puisque, si les exondations sont régulièrement importantes, elles n'ont parfois pas lieux ce qui aboutit à une exondation moyenne assez modérée (40 cm). L'entité Blondeaux est plus souvent soumise à des exondations mais qui restent modérées (autour de 36 cm). L'entité Lélou est celle qui présente la plus grande stabilité, les exondations y sont constantes et importante (88 cm en moyenne).

Pour les 5 dernières années (**Figure 2**). Les étangs Lélou et Blondeaux varient de manière similaire, avec une amplitude plus importante pour Blondeaux situé en aval. En revanche l'étang Charmoy a un comportement tout à fait singulier voire à l'inverse des autres étangs. Les années 2016 et 2018 sont des années record avec des exondations extrêmement importantes pour l'étang. Sur Lélou, les exondations ont été assez faibles (-30cm) en 2016 et en 2017 et quasiment inexistantes en 2019. Cette année 2019 est particulière pour Lélou habituellement stable. L'absence d'exondation apparente résulte du non-remplissage de l'étang à un niveau normal durant l'hiver 2018-2019 (91cm de moins que la moyenne) que l'on retrouve sur la moyenne annuelle particulièrement basse (35cm de moins que la moyenne). Aussi si les niveaux d'eau en résultant en été sont normaux, le régime d'exondation a fortement été perturbé cette année sur Lélou. Blondeaux a connu en 2015 une de ses plus fortes exondations. On constate également une élévation anormale du niveau d'eau hivernal sur Blondeaux entre les années 2012 et 2017 (sauf 2016).

3.2) Analyse en composantes principales

3.2.1) Description des résultats

Une ACP non normée a été réalisée sur le jeu de données issue des transects PA décrit plus haut.

On observe une inertie capturée à 56% par le premier axe (ou dimension) puis des axes secondaires se partageant l'inertie restante sans en capter une part importante (**Figure 3**). Les autres axes s'avèrent bien souvent soit des sous parties du premier soit un complément à la description de variables (d'espèces) au comportement singulier. En raison de cette faible inertie des axes secondaires, de la taille réduite du jeu de données, et de la difficulté à trouver un lien logique entre les variables et les autres axes, seul le premier axe est interprété. Aussi dans les représentations suivantes, seule l'information portée par la première dimension est décrite, les autres dimensions servent uniquement à construire la représentation classique en plan factoriel.

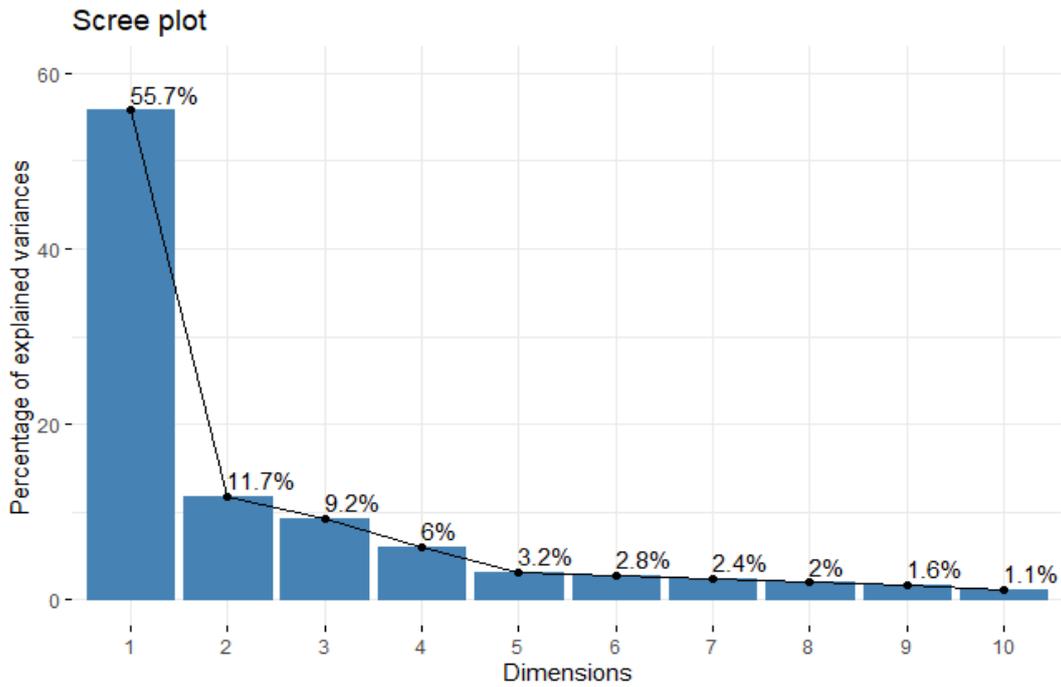


Figure 3. Scree plot, soit la représentation du pourcentage de variation du nuage de point expliqué par chaque dimension

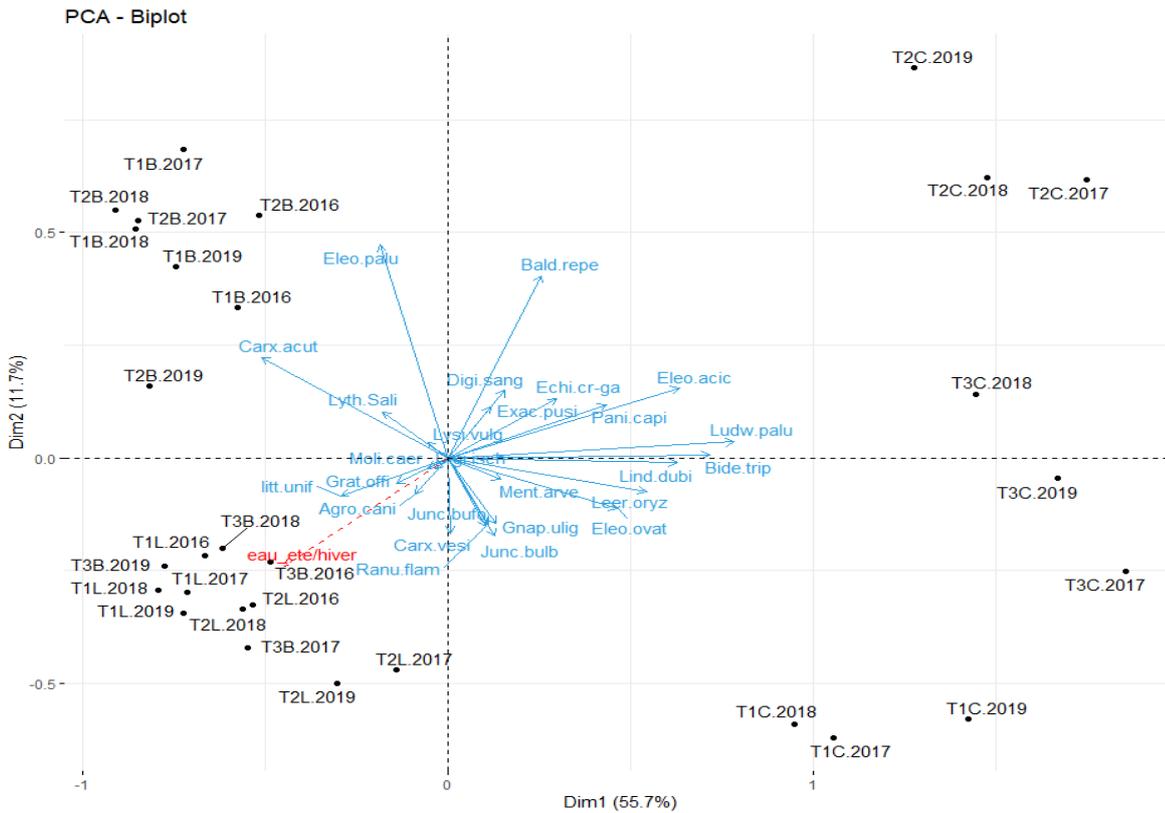


Figure 4. Biplot représentant la projection des individus (en noir) et des variables (en bleu), dont la variable illustrative codant pour l'exondation (en rouge), selon les deux premiers axes. Le code décrit plus haut sert de nom aux individus (voir la partie « création du jeu de données »)
 Les noms des variables sont les 4 premières lettres du nom de genre suivi des 4 premières lettres du nom d'espèce.

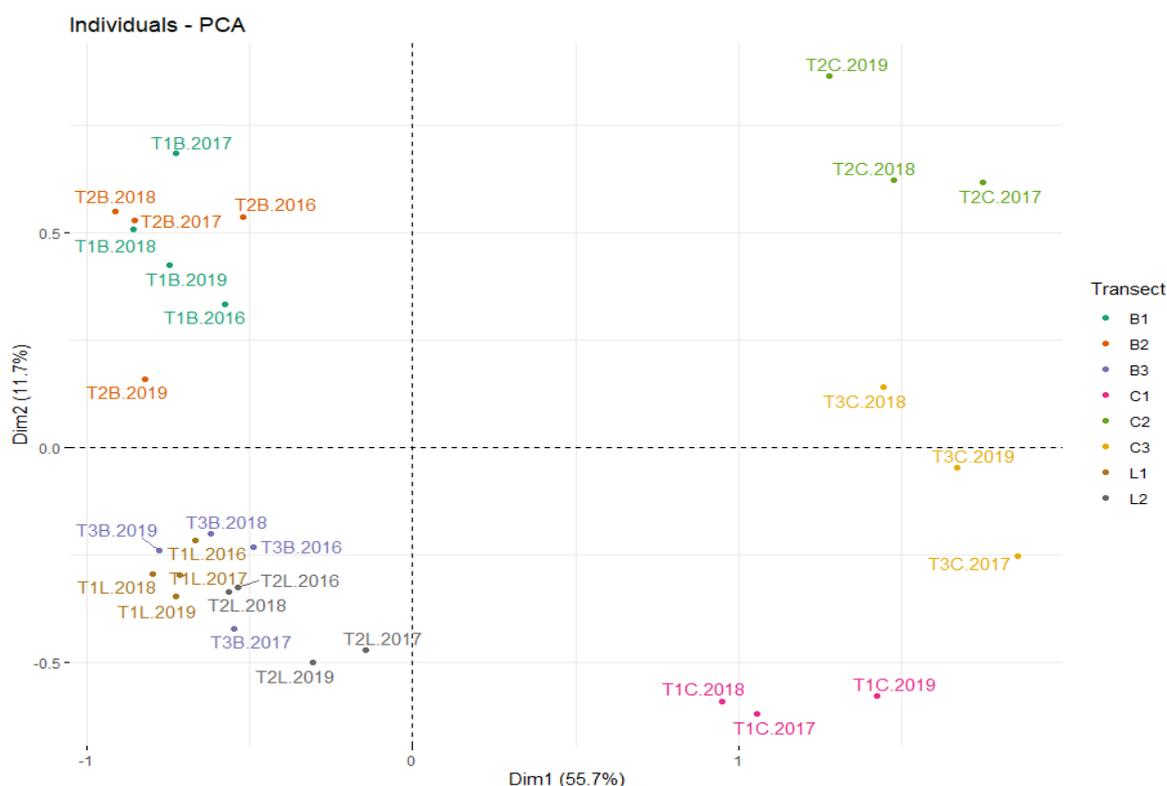


Figure 5. Projection des individus catégorisés. Représentation des individus, classés par appartenance aux transect, selon les deux premiers axes.
Code légende : B= Blondeaux, L= Lélou, C = Charmoy , 1/2/3 = transect 1/2/3

Les ACP non normées ne permettent pas de tracer un cercle de corrélation mais la projection des variables sur un plan factoriel se lit de la même manière (**Figure 4**). Pour la représentation des individus selon les deux premiers axes (**Figure 5**), de la même manière que pour les variables, nous ne nous intéressons qu'aux position des points sur l'axe 1. Les individus sont regroupés en fonction de leur appartenance aux transects.

Afin de compléter ces représentations, on s'intéresse à quelques valeurs descriptives du nuage de point par rapport aux différents axes, rassemblées dans un tableau (**Tableau I**). Coord donne les coordonnées du point projeté sur l'axe, Contrib sa contribution à la formation de l'axe (en %), Cos^2 la qualité de représentation de ce point sur l'axe, Cor est la corrélation entre la variable et l'axe factoriel. Quand la corrélation est significative ($p\text{-value} < 0.05$), la p-value de la corrélation est affichée

Tableau 1. Tableau des valeurs descriptives des liens entre variables et axes pour les deux premiers axes (ou dimension). Une partie des variables n'étant pas significativement corrélées aux axes ont été retirées du tableau (//). Les variables sont ordonnées selon leurs coordonnées sur les axes.

Variables	Dim.1 56%					Variables	Dim.2 12%				
	Coord	Contrib	Cos2	Cor	p-value		Coord	Contrib	Cos2	Cor	p-value
Carx.acut	-0,276	7,829	0,683	-0,827	0,000	Carx.vesi	-0,091	4,016	0,375	-0,613	0,000
litt.unif	-0,159	2,606	0,371	-0,609	0,001	Gnap.ulig	-0,079	3,021	0,233	-0,482	0,008
Lyth.Sali	-0,097	0,963	0,281	-0,530	0,003	Junc.bufo	-0,079	3,062	0,206	-0,454	0,013
Moli.caer	-0,030	0,092	0,189	-0,435	0,018	Ranu.flam	-0,082	3,277	0,190	-0,436	0,018
Agro.cani	-0,049	0,250	0,135	-0,368	0,050	Junc.bulb	-0,094	4,293	0,142	-0,377	0,044
Grat.offi	-0,077	0,605	0,103	-0,321		Agro.cani	-0,043	0,895	0,102	-0,319	
//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//
Junc.bufo	0,059	0,357	0,114	0,338		Carx.acut	0,120	7,048	0,130	0,360	
Gnap.ulig	0,071	0,515	0,188	0,434	0,019	Digi.sang	0,081	3,194	0,211	0,459	0,012
Bald.repe	0,138	1,961	0,219	0,468	0,011	Bald.repe	0,218	23,283	0,547	0,740	0,000
Digi.sang	0,084	0,723	0,227	0,476	0,009	Eleo.palu	0,255	31,819	0,645	0,803	0,000
Echi.cr-ga	0,160	2,645	0,627	0,792	0,000						
Eleo.ovat	0,251	6,475	0,708	0,841	0,000						
Lind.dubi	0,338	11,783	0,779	0,883	0,000						
Pani.capi	0,234	5,633	0,805	0,897	0,000						
Eleo.acic	0,342	11,997	0,815	0,903	0,000						
Leer.oryz	0,293	8,834	0,821	0,906	0,000						
Ludw.palu	0,422	18,344	0,943	0,971	0,000						
Bide.trip	0,386	15,361	0,948	0,974	0,000						

On constate une nette séparation de Charmoy par rapport à Lélou et Blondeaux selon l'axe 1 (**Figure 5**). De plus, les transect ne varient que peu avec le temps. En regardant la projection des variables sur ce plan et les valeurs descriptives on peut expliquer cette séparation.

En effet, les espèces ayant une forte corrélation positive avec l'axe 1 (plot normal) forment un cortège propre à Charmoy ou certaines espèces s'expriment particulièrement (*Ludwigia palustris*, *Lindernia dubia*, *Leersia oryzoides*, *Bidens tripartita*...). Ce cortège d'espèce peut lui-même être découpé en deux groupes non différenciés par l'ACP sur ces axes mais bien caractéristiques de certaines végétations. D'abord les végétations des Bidention tripartitae (*Bidens tripartita*, *Leersia oryzoides*, *Panicum capillare*, *Echinochloa crus-galli*, *Digitaria sanguinalis*) et d'autre part des végétations du 3130 (voire du 3110) (*Ludwigia palustris*, *Lindernia dubia*, *Eleocharis acicularis*, *Eleocharis ovata*...). Ceci montre une fréquence plus importante des communautés du 3130 et du Bidention tripartitae sur Charmoy.

A l'inverse les espèces négatives sur l'axe 1 sont celles constituant les végétations dominantes

sur Lélou et Blondeaux (*Carex acuta*, *Littorella uniflora*, *Lythrum Salicaria*, *Molinia caerulea*, *Agrostis canina*) au lieu des espèces typiques de Charmoy. Ces espèces sont en partie des espèces liées à la fermeture des milieux et des espèces vivaces de communautés diverses (en opposition avec les espèces annuelles du 3130 et en partie avec les bidentiaies). Ce premier résultat illustre la différence significative de composition des cortèges végétaux qui sépare Charmoy des deux autres étangs. On devrait donc retrouver cette différence de composition sur les transects VEG.

3.2.2) Intégration des indicateurs environnementaux

Il existe une corrélation linéaire positive moyenne ($r = 0,5274$) faiblement significative ($p\text{-value} = 0,0358$) entre la température et les coordonnées des espèces sur les axes (**Annexe 3**). La variable température décrit l'étage de végétation et le climat (de montagnard à méditerranéen) constituant l'optimum pour l'espèce. Elle augmente sur l'axe 1 avec les espèces préférant les basses altitudes et ayant un caractère thermophile. Logiquement la variable continentalité qui augmente avec cette dernière est corrélée négativement à l'axe 1 ($r = -0,5789$, $p\text{-value} = 0,0188$) de manière équivalente. La variable continentalité exprimant un type de climat, elle est intrinsèquement liée à la variable température. La coexistence de ces deux corrélations conforte chacune d'elle.

La variable illustrative décrivant les variations de niveau d'eau (l'exondation) a été intégrée (**Figure 4**). On observe une corrélation négative moyenne ($r = -0,557$) avec l'axe 1 et la variable est assez bien représentée par ce dernier ($\cos^2 = 0,311$). On voit que les espèces liés à l'axe 1 covariant en partie avec l'exondation. La différence floristique nette sur cet axe entre Charmoy et les autres étangs est donc aussi observée pour les régimes hydriques (la corrélation reste assez faible). Les variations de l'exondation sur Charmoy par rapport à son comportement historiques sont donc relativement à part de celles de Lélou et Blondeaux sur la période 2016-2019. En effet les exondations de Charmoy ont été particulièrement plus importantes (66cm d'eau de moins en moyenne) ces 4 dernières années ce qui n'est pas le cas des autres étangs.

3.2.3) ACP restreinte

Dans un second temps et afin de décrire au mieux les variations entre Lélou et Blondeaux, une ACP (initialement non prévue) sans les données de Charmoy a été réalisée. On conserve donc 5 transects sur 4 années soit 20 individus (en l'absence des 9 individus décrivant Charmoy) et les 22 variables espèce présentes dans plus de 5% des placettes. L'inertie est ici bien plus répartie entre les dimensions (**Figure 6**). On remarque en particulier les deux premières qui

capturent respectivement 36.9% et 23.2% pourcents de l'inertie soit projetées sur un plan une inertie cumulée de 60.1 %. La troisième dimension capturant 13.6% de l'inertie peut, elle aussi, être prise en compte. Elle est décrite par autant d'espèce que la seconde dimension. Les autres dimensions ne sont décrites que par très peu d'espèces et ne capturent qu'une part de l'information trop infime pour qu'il soit pertinent de s'y intéresser.

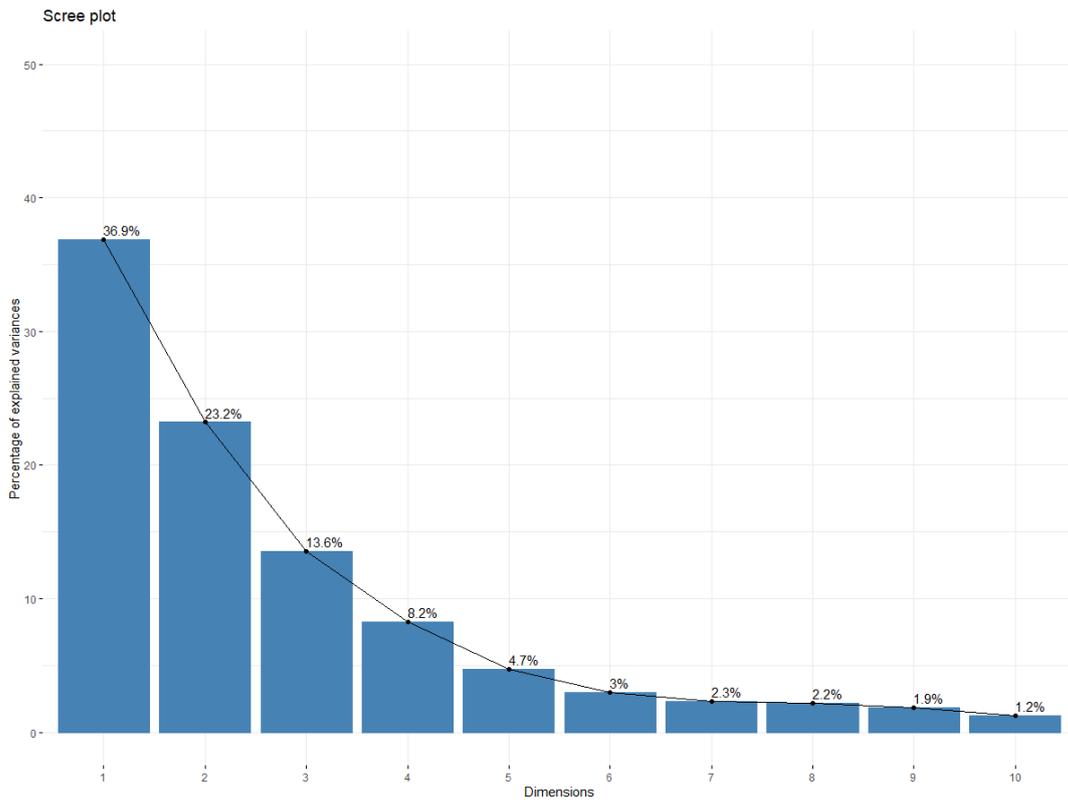


Figure 6. Scree plot de l'ACP restreinte

Ici, les axes sont moins fortement corrélés à un groupe d'espèce bien distinct (**Tableau II**). Sur le premier axe, un groupe d'espèce fortement corrélé négativement contribue à plus de 55% à la construction de l'axe. Ces dernières (*Eleocharis palustris*, *Carex acuta*, *Phragmites australis*) sont en partie des vivaces pouvant devenir assez hautes, qui bien que non étrangères aux HC, peuvent rapidement transformer l'habitat si elles venaient à trop se développer. Ces végétations correspondent aux transects 1 et 2 des Blondeaux comme on peut le voir sur la projection des individus (**Figure 7**). Plus faiblement corrélées positivement, un autre groupe d'espèce décrit l'axe 1 (environ 35% de la contribution). Ces espèces (*Mentha arvensis*, *Littorella uniflora*, *Juncus Bulbosus*, *Agrostis canina*, *Ranunculus flammula*...) décrivent une synthèse de végétation illustrant une mosaïque d'habitat dégradés proches du 3110/3130 et difficilement descriptibles. Elles sont associées à un second groupe d'individu regroupant l'Etang Lélou et le transect 3 des Blondeaux.

	Dim.1 56%				
	Coord	Contrib	Cos2	Cor	p-value
Eleo.palu	-0,3059	35,8928	0,8193	-0,9051	0
Carx.acut	-0,3939	14,4251	0,5605	-0,7487	1,00E-04
Bald.repe	-0,0891	3,0441	0,2969	0,5449	0,013
Lyth.Sali	-0,681	1,7779	0,1349	-0,3672	
Lysi.vulg	-0,0468	0,8417	0,1671	-0,087	
Phra.aust	-0,0464	0,8261	0,2839	0,3329	0,0156
Lind.dubi	-0,0408	0,6394	0,0301	-0,1735	
//	//	//	//	//	//
Carx.viri	0,0551	0,4714	0,1704	0,128	
Gnap.ulig	0,0393	0,5914	0,2049	0,4527	0,045
Digi.isch	0,0588	1,3252	0,3828	0,6187	0,0036
Exac.pusi	0,061	1,4292	0,2879	0,3366	0,0147
Carx.vesi	0,071	1,9337	0,35	0,3916	0,006
Agro.can	0,0934	3,3445	0,3801	0,6165	0,0038
Grat.offi	0,0967	3,5837	0,1264	0,3555	
Ranu.flam	0,1099	4,6291	0,4245	0,5316	0,0019
Junc.bulb	0,1217	5,6785	0,2319	0,4816	0,0316
litt.unif	0,1384	7,3434	0,3316	0,5758	0,0079
Ment.arve	0,1726	11,4235	0,4659	0,6225	9,00E-04

	Dim.2 12%				
	Coord	Contrib	Cos2	Cor	p-value
Junc.bulb	-0,204	25,3997	0,6519	-0,8074	0
Lind.dubi	-0,182	8,5155	0,2524	-0,3024	0,024
Bide.trip	-0,0476	1,3802	0,2695	0,3192	0,019
Gnap.ulig	-0,026	0,4121	0,0899	-0,2998	
//	//	//	//	//	//
Lysi.vulg	0,0355	0,7662	0,0957	0,3094	
Moli.caer	0,0383	0,8933	0,2677	0,3174	0,0195
Bald.repe	0,0442	1,1898	0,073	0,2703	
Eleo.acic	0,0455	1,2614	0,1599	0,399	
Agro.can	0,047	1,3455	0,0962	0,3102	
Lyth.Sali	0,0501	1,5291	0,073	0,2702	
Exac.pusi	0,0572	1,9909	0,2525	0,3025	0,0239
Carx.acut	0,0621	2,347	0,0574	0,3396	
Ranu.flam	0,0745	3,3831	0,1953	0,4419	
litt.unif	0,1025	6,4069	0,1821	0,4267	
Eleo.palu	0,1074	7,0285	0,101	0,3178	
Ment.arve	0,1431	12,4712	0,3201	0,3658	0,0093
Grat.offi	0,1438	22,8814	0,5081	0,128	4,00E-04

	Dim.3 9%				
	Coord	Contrib	Cos2	Cor	p-value
Carx.acut	-0,3271	16,8331	0,2407	-0,4906	0,0281
litt.unif	-0,118	14,5139	0,2412	-0,4911	0,0279
Agro.can	-0,0713	5,2924	0,2213	-0,4705	0,0363
Carx.viri	-0,0631	4,1451	0,5514	-0,7425	2,00E-04
Bald.repe	-0,0406	1,7202	0,0617	-0,2485	
//	//	//	//	//	//
Lyth.Sali	0,0421	1,8489	0,0516	0,272	
Gnap.ulig	0,0446	2,0766	0,2648	0,5146	0,0202
Eleo.palu	0,0513	2,7389	0,023	0,3517	
Carx.vesi	0,0767	6,1271	0,4081	0,4388	0,0024
Lind.dubi	0,1287	17,2704	0,2993	0,3471	0,0125
Grat.offi	0,1442	21,6733	0,2814	0,3504	0,0161

Tableau II. Tableau des valeurs descriptives des liens entre variables et axes pour les trois premiers axes (ou dimension). Une partie des variables n'étant pas significativement corrélées aux axes ont été retirées du tableau (/). Les variables sont ordonnées selon leurs coordonnées sur les axes.

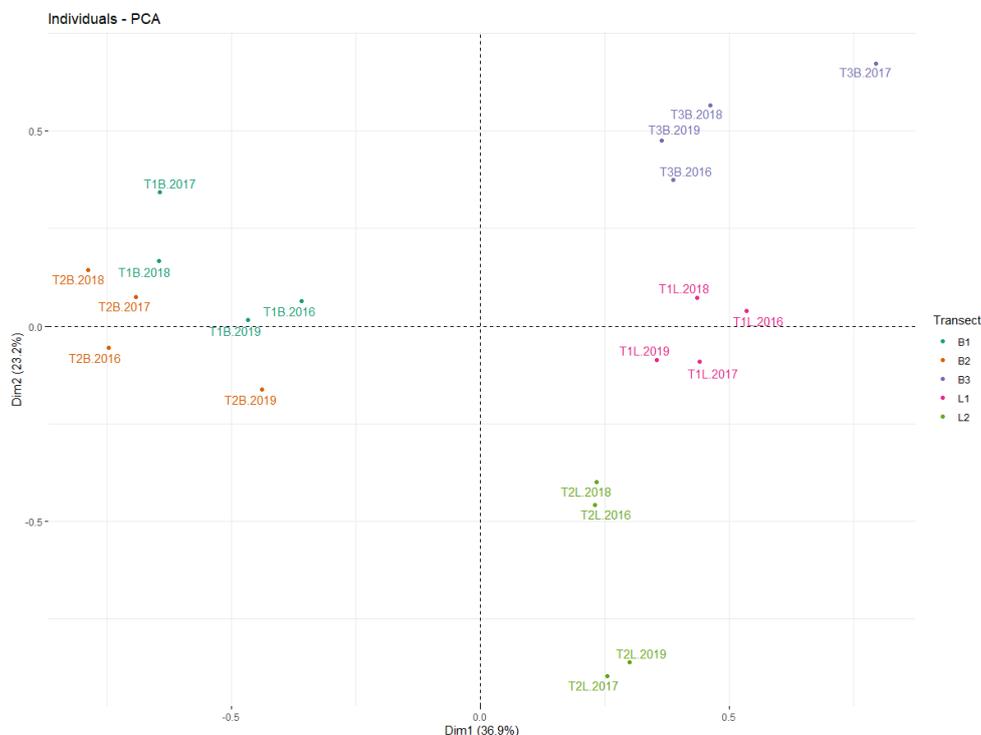


Figure 7. Projection des individus catégorisés. Représentation des individus, classés par appartenance aux transect, selon les deux premiers axes.

Code légende : B= Blondeaux, L= Lélu, C = Charmoy, 1/2/3 = transect 1/2/3

Les axes 2 et 3 décrivent tous deux de manière plus précise les différences entre les transects de Lélu et le troisième transect des Blondeaux, sans distinguer particulièrement les 2 premiers transects de Blondeaux. Ces deux axes ne peuvent être décrits qu'à partir de beaucoup moins d'espèces.

L'axe 2 oppose *Juncus bulbosus*, *Lindernia dubia* et *Bidens tripartita* (35% de la contribution) négatifs sur l'axe à *Mentha arvensis*, *Gratiola officinalis* et *Exaculum pusillum* (35% de la

contribution). Ce sont toutes des espèces des pelouses de haut de berge et la dissociation entre les transects illustre surtout des variations stationnelles et la richesse particulière en *Lindernia dubia*, *Juncus bulbosus* et *Bidens tripartita* de Lélou 2.

L'axe 3 n'est fortement corrélé qu'à *Carex viridula* et *Carex vesicaria* qu'il oppose et n'est construit ensuite qu'à partir d'espèces déjà interprétées selon les axes précédents. N'apportant vraisemblablement que peu d'information concrètes sur une part négligeable du jeu de données (inertie de l'axe 3 : 14%), il est peu pertinent de chercher à le décrire plus.

3.2.4) ACP restreinte, indicateurs environnementaux

Seul l'axe 3 est corrélé significativement à certaines variables et ce de la même manière que l'axe 1 de l'ACP précédente (**Annexe 4**). Soit positivement avec la variable température ($r=0,7565$) et négativement avec la variable continentalité ($r=-0,6614$).

Une corrélation négative moyenne ($r=-0,5097$) existe entre l'axe 2 et la variable décrivant l'exondation. Les individus de Lélou ne sont que peu différenciés sur l'axe par rapport à ceux de Blondeaux, cela a suffi néanmoins à faire ressortir la différence entre les deux étangs. Cette corrélation montre le comportement légèrement différent de Lélou qui a subi des variations d'exondations moins fortes en moyenne entre 2016 et 2019 contrairement à Blondeaux où les exondations ont été en moyenne légèrement supérieures ou proches de la normale pour l'étang.

3.3) Suivi pluriannuel des habitats

Dans un premier temps, l'étude des linéaires a été réalisée au niveau des transects VEG afin de fixer une origine commune aux transects au fil des années. Quelques irrégularités localisées modifiant significativement la longueur des transects sur le haut de berge ont parfois rendu la superposition difficile d'une année sur l'autre. En effet le point d'arrivée est supposé être le point de repère fixe, le niveau d'eau pouvant lui varier. Aussi le remplacement de l'origine sur le haut de berge a dû se baser autant sur les végétations des années précédentes que sur les coordonnées sur l'axe. En particulier en se repérant grâce aux végétations de vivaces (cariçaies, mégaphorbiaies) beaucoup plus stables dans le temps que les végétations pionnières.

Ce problème réglé, une compilation des longueurs de linéaire occupés par chaque type d'habitat a été réalisée d'abord à l'échelle du site (**Figure 8**) puis pour chaque étang (**Annexes 6,7 et 8**). A l'échelle des étangs on constate de fortes disparités mais aussi quelques constantes. En complétant cette approche avec une représentation simplifiée de l'évolution des végétations

au niveau du transect (**Annexe 8**) on peut décrire de manière détaillée l'évolution des végétations.

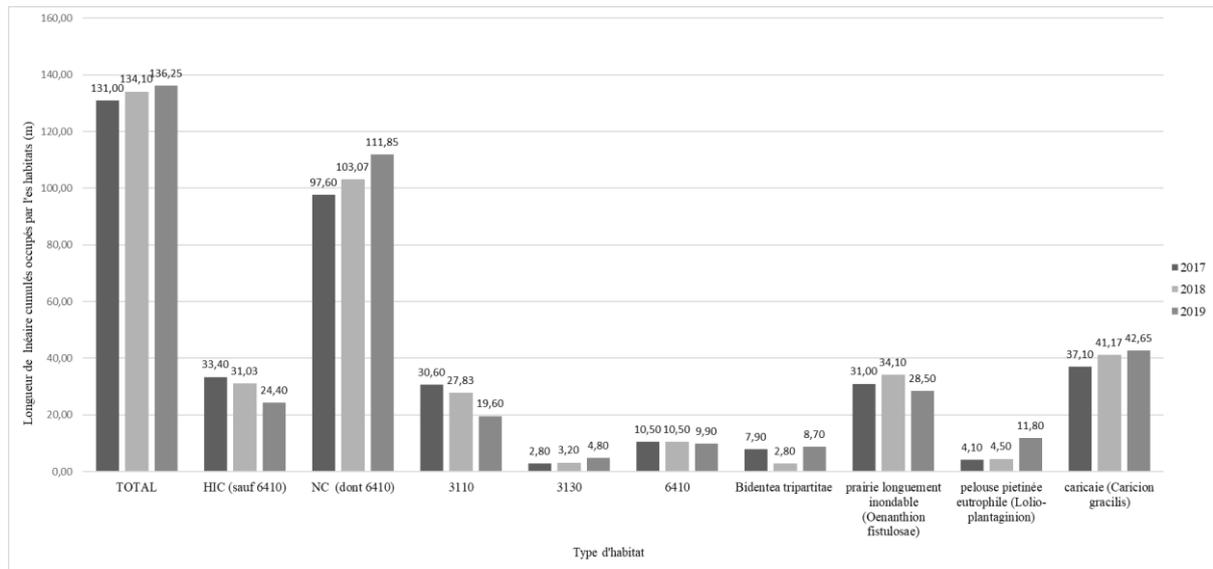


Figure 8. Evolution des linéaires cumulés des principaux habitats présents sur tous les transects VEG du site entre les années 2017 à 2019.

Pour la compilation des longueurs à l'échelle du « site », on observe que les HIC ne recouvrent qu'un quart voire un cinquième de la longueur totale des transects et sont surtout représentés par le 3110 (**Figure 8**). Blondeaux cumule près de la moitié de la longueur totale (60m sur environ 135m au total) avec ses trois transects là où ceux de Charmoy en cumulent un petit tiers (environ 35m). On constate une légère progression de la longueur des transects cumulés (+5 mètres) au fil des années. Celle-ci est liée en grande partie au rallongement du transect 2 de Lélou d'environ 4 mètres en 2019 (**Annexe 9**). Sur le site la répartition entre HIC et habitats NC a évolué au dépend des HIC (-9m) et ce malgré l'allongement des transects qui a visiblement profité aux NC (+14m). Si le 3130 a légèrement augmenté, le 3110 a fortement diminué en particulier en 2019 (-11m) et en particulier si on considère les végétations de 3110 qui ont rallongé Lélou en 2019 et qui occultent la régression du 3110 sur les autres étangs. Enfin la progression des NC est très liée à la progression des cariçaies (+5m), du *Lolio-Plantaginion* (+7m) et aux variations d'expression de *L'Oenanthion fistulosae*. Les végétations pionnières du *Bidentea tripartitae* sont, elles, assez instables.

Le 3110 est en recul sur Blondeaux et Charmoy, particulièrement en déclin sur ce dernier et de manière générale en 2019. Sans le prolongement de Lélou 2 en 2019 il serait aussi en recul sur Lélou. Le 3130, plutôt rare de manière générale, n'est vraiment présent que sur Charmoy (**Annexe 8**) sous la forme de communautés annuelles à *Eleocharis ovata* à l'exception

d'une station de l'*Elatino triandrae* sur Lélou en 2017. L'étang des Blondeaux abrite seul les communautés du *Lolio-Plantaginion* et de l'*Oenanthion fistulosae*. Le *Lolio-Plantaginion* progresse en 2019 remplaçant l'*Oenanthion fistulosae* sur les hauts de berges. L'*Oenanthion fistulosae* quant à lui cohabite avec le 3110 ou le supplante. Les cariçaies, quant à elles, augmentent particulièrement sur Charmoy et remplacent les bidentiaies et le 3110. Elles fluctuent sur Lélou et sont stables sur Blondeaux. Les bidentiaies ne sont présentes que sur Charmoy et progressent aux dépens du 3110. Le *Juncion acutiflori* (6410) est typique de l'étang Lélou et est stable dans le temps ce qui est généralisable à l'ensemble des végétations sur l'étang (en dehors du 3110 apparaissant en 2019).

3.4) Etat de conservation des HIC

Tableau III. Evaluation de l'état de conservation des habitats cibles. Les indicateurs en noir sont ceux ne servant pas à l'évaluation de l'habitat. Rappel : Bl = Blondeaux, Ch= Charmoy, Le = Lélou

Paramètre	Critère	Indicateur	Echelle	Résultats	Notes	3110 Bl	3110 Le	3110 Ch	3130 Ch
SURFACE	SURFACE COUVERTE	Évolution de la surface couverte où l'habitat est présent	Entité	Progression/stabilité	0		0		0
				Régression	-10	-10		-10	
STRUCTURE ET FONCTIONS	COMPOSITION FLORISTIQUE	Nombre d'espèces eutrophiles	Segment ou groupe de segments	< 3	0				
				3 - 10	-20	-20	-20	-20	
				> 10	-40				
		Nombre d'espèces destructurantes	Segment ou groupe de segments	< 4	0	0	0	0	0
				4-5	-20				
				> 5	-40				
		Recouvrement algues filamenteuses	Segment...	Progression	-10	0	0	0	0
Présence sol nu	Segment ou groupe de segments	Oui	0				0		
		Non	-20						
ALTERATIONS	LOURDES	Recouvrement des atteintes quantifiables en surface	Transect	Somme = 0	0	0	0	0	0
				Somme = 1	-10				
				Somme ≥ 2	-20				
	DIFFUSES	Impact des atteintes difficilement quantifiables en surface	Entité	Nul/négligeable	0				
				Moyen	-10	-10	-10		
Fort	-20			-20	-20				
Note					60/100	70/100	50/100	80/100	

Les évaluations des états de conservation sur les transects VEG de 2019 ont été réalisés. Si le 3110 est présent de manière générale sur les 3 étangs (hormis le transect 3 de Blondeaux), le 3130 lui n'est présent en 2019 que sur Charmoy (bien qu'il existe des végétations basales proches sur Blondeaux en 2019 et une expression de l'habitat sur Lélou en 2017, non évaluées). On donne ici les résultats retenus pour les habitats au niveau de l'étang, l'échelle du transect seule ne permettant pas d'évaluer tous les critères (**Tableau II**). Par ailleurs, les listes d'espèces destructurantes et à caractère eutrophe ne sont pas parfaitement exhaustives et certaines espèces présentes sur les étangs doivent y figurer. Aussi ces listes ont été révisées afin de prendre en compte ces espèces (**Annexe 9**) après concertation avec les auteurs du guide (Mistarz et Latour, 2019).

La surface de 3110 est en déclin sur Blondeaux et Charmoy et à surveiller sur Lélou. Les caractères déclassant pour le 3110 sont toujours les mêmes, une part d'espèces eutrophiles légèrement au-dessus du seuil et à surveiller ainsi que des altérations diffuses pouvant avoir un impact moyen à fort. L'état de conservation globale en résultant est « altéré » (entre 50/100 et 70/100) pour cet habitat. Les communautés sur Charmoy et Blondeaux sont particulièrement à surveiller, celles de Lélou pourraient rapidement revenir à dans un état de conservation favorable. Pour le 3130 (Charmoy) l'état de conservation est plutôt favorable à l'habitat. La surface couverte par l'habitat progresse légèrement. De plus, si les espèces déstructurantes sont à surveiller, ce sont les altérations diffuses fortement ressenties sur Charmoy qui pourraient nuire à ces végétations (en particulier l'absence de marnage régulier). Aucune perturbation n'a été relevée concernant les autres critères.

IV) Discussion

4.1) Quel protocole pour répondre à quelles questions ?

Un programme de suivi doit répondre à un schéma précis afin d'être fonctionnel. Le point de départ est la définition des objectifs du suivi. Le second point qui découle du premier est le choix de méthode d'analyse permettant de répondre au mieux à ces objectifs. Enfin, l'élaboration du protocole doit permettre de fournir les données nécessaires aux analyses, tout en gardant en tête les objectifs finaux et les moyens mobilisables. Si le suivi décrit ses objectifs, bien que de manière assez vague, le premier manque méthodologique est le manque de réflexion approfondie sur le type d'analyse permettant de répondre à ces objectifs. Le protocole décrit rapidement la méthode de collecte de données, sans expliquer comment ces données doivent être analysées et donc comment les données permettent de répondre aux objectifs. Pour le second objectif voulant étudier l'impact des niveaux d'eau, il n'y est plus jamais fait allusion dans le protocole et aucune méthode d'analyse des données n'a donc été fournie.

Le résultat de ce manque lors de la réflexion sur le suivi est que l'immense majorité des analyses ont été réalisées sous la contrainte des limites des jeux de données. Les données n'ont pas été pensées pour permettre les analyses qui permettraient de répondre aux objectifs de suivi. Aussi, une partie des données ont dû être déduite du jeu de données produit par le protocole afin d'essayer de répondre quand même aux objectifs.

4.2) De la stabilité des transects

A plusieurs reprises dans ce rapport, il a été question de « stabilité » des transects qu'on a pu dire « fixés » quand ceux-ci étaient bien définis. Si le protocole initial prévoyait une année

de mise en place (en 2015) permettant de placer tous les transects et de les géolocaliser de manière fiable, des contraintes techniques et de temps alloué à ce suivi ont étalé sur les trois premières années cette phase de mise en place. En effet le manque de temps disponible à la création des transects sur Charmoy a notamment repoussé à 2017 l'apparition des premières données sur cet étang. De plus, les transects n'ont pas été facile à replacer en 2016 et 2017 sur Blondeaux et Lélou, en raison de l'imprécision des GPS (variation d'un point de plusieurs mètres sur le terrain), du manque de repère et de la difficulté à marquer physiquement le transect en raison de la fréquentation et des dégradations inévitables du matériel laissé sur place. Les transects VEG ont parfois été légèrement déplacé (volontairement ou non) durant ces années de mise en place (notamment pour couvrir plus d'habitat). Les transects PA n'ayant pas ou peu été remanié, à ce titre et afin de conserver un jeu de données plus important, sont considérés comme stable dès 2016 (la précision du tracé du transect étant moins importante au vu du type de données récoltées).

4.3 Les transects PA : retour sur les résultats et les objectifs du suivi

Les données obtenues sur les transects PA sont celles pour lesquelles la correspondance avec les objectifs de suivi sont les moins clairs et les manques d'explications dans le protocole les plus flagrants. Le but initial est d'obtenir une fréquence d'apparition des espèces sur ces transects afin de comparer ces fréquences entre plusieurs années autant qu'entre transects. Les transects PA sont pensés pour correspondre à une hauteur de berge permettant l'expression des végétations cibles mais dépassent les ouvertures dans les cariçaies les plus propices au 3110 et au 3130 sur Blondeaux et Lélou. Ce n'est pas forcément le cas sur Charmoy où les HC couvrent quasi uniformément une partie de la berge. La hauteur de berge en question n'est jamais précisée ni explicitée dans le protocole aussi cette déduction est une interprétation du protocole. La hauteur de berge choisie pour chaque transect ne dépend donc pas de critères préétablis et pourrait ne pas être très objective.

Etudier la fréquence des espèces entre années à l'échelle du transect est rendu difficile puisque les transects varient légèrement en longueur et recourent de manière variable une diversité d'habitats au sein desquelles ces mêmes espèces peuvent avoir une dynamique assez différente. La comparaison entre transect souffre elle aussi de ce biais et surtout du manque d'uniformité dans la manière de placer les transects PA sur la berge.

En dehors de ces biais, la question de l'apport réel à l'étude des transects PA à l'étude se pose. Connaître les fréquences d'apparition des espèces présentes sur les transects permet

d'observer les différences entre transects PA et entre plusieurs années. Cette information, si tant est qu'elle soit fiable et représentative de l'étang, bien qu'intéressante en soit pour la connaissance des sites, ne permet de répondre que très partiellement aux objectifs de suivi des HC.

L'exploitation par analyse factorielle permet surtout de tester statistiquement les principales différences entre transects et une potentielle évolution dans le temps (ce qui n'est pas observé ici). Les données étant uniquement de présence absence, les liens avec des variables écologiques ont été testés à partir d'indices écologiques à la construction parfois complexe et n'étant pas forcément adaptés à un traitement statistique. Cette tentative de description des dimensions à partir des préférences écologique des espèces les mieux décrites par l'axe est à ce titre peu concluante. Elle ne permet en rien de se substituer à un analyse de correspondance multiple ou l'on disposerait de données environnementales décrivant les placettes/transects qui permettrait de tester bien plus directement les liens des végétations avec des variables écologiques.

Au regard de l'investissement nécessaire aux relevés sur les transects PA et au peu d'information supplémentaire pouvant en être tiré à l'avenir, l'intérêt de faire perdurer cette partie du protocole semble donc très limité.

4.4) Intégration des données de niveau d'eau

La problématique voulant « étudier l'impact du marnage sur les végétations » mériterait une étude à part entière et ne peut décentement être traité avec ce protocole. Aussi tout ce qu'il est possible de produire comme analyse à partir des niveaux d'eau est une description des régimes hydriques des étangs. Cela permet de relever des anomalies dans le marnage exercé par VNF pouvant constituer une atteinte aux habitats en s'éloignant du standard retenu comme optimum pour les HC. L'intégration d'une variable illustrative à l'ACP permet uniquement de voir si la séparation par les axes des étangs selon les communautés végétales correspond également à une séparation du régime hydrique des étangs. Le lien avec les autres variables n'est pas vérifié par ce procédé, ce dernier décrit simplement une corrélation et non une causalité.

4.5) Observation et identification des communautés

Durant l'étude, les observateurs sont restés les mêmes (depuis 2017) et ont accumulé une bonne connaissance des sites, du protocole et des communautés en présence ce qui limite considérablement le biais observateur.

L'identification a posteriori des communautés végétales et par un observateur présent lors de la collecte des données permet de s'assurer que des végétations identiques ont bien été rattachées au même syntaxon et ce pour toute les années de l'étude. En revanche, le caractère paucispécifique de ces habitats, les introgressions très présentes entre communautés, les phénomènes de mosaïque et la connaissance imparfaite des variantes locales des habitats a pu être problématique. Certaines communautés, à la composition hybride entre plusieurs habitats connus et aux dynamiques complexes restent difficiles à déterminer malgré l'expertise du CBNBP, en particulier les végétations rattachées à l'*Oenanthion fistulosae* (Blondeaux) pour lesquelles une étude plus approfondie serait nécessaire.

4.6) Etat initial et état de conservation

Le manque de connaissances approfondies et récentes des étangs se traduit également en un manque d'état « initial ». Comme souligné plus haut, l'absence d'une cartographie assez fine des habitats rend difficile l'évaluation du paramètre surfacique pour définir un état de conservation. Les évènements décrits sur les années d'étude peuvent être liés au contexte climatique particulier des trois dernières années et les en dissocier est impossible. Aussi l'année de référence pour ce critère de surface est par défaut la première année conservée pour l'évaluation de l'état de conservation, soit 2017. Or il est impossible de dire si les végétations observées en 2017 étaient exceptionnellement bien exprimées ou au contraire réduites par rapport à ce qu'elles ont pu être une dizaine d'années auparavant.

Par ailleurs, les différents passages effectués entre Mai et Aout 2020 laissent à penser, comme cela était déjà pressenti, que les dates optimales pour étudier ces végétations sont bien différentes de ce que l'on peut trouver dans la littérature grise (Hardegen, 2015). Si le climat particulier de ces dernières années a pu avoir un impact, le constat n'en reste pas moins net. Les végétations des berges d'étangs sont aujourd'hui à leur optimum de végétation et le plus facile à décrire vers fin Juillet (voire plus tôt pour certains groupes). Ce qui diffère largement de la période entre fin Aout et début septembre préconisée par ailleurs, où une partie des espèces est rendue difficilement identifiable en raison de la sécheresse. Si pour tenir compte de cette observation les futures dates de suivi étaient avancées, il faudrait prendre en compte ce changement lors des futures comparaisons.

Enfin, l'expression différente des habitats sur Charmoy, occupant de manière continue toute une part de la berge, pose la question de la représentativité des transects. Ces derniers suffisent-ils à décrire de manière certaine les HC et leur évolution surfacique sur cette berge ? Au terme de cette phase de test il semble possible que non. Dans ce cas, adopter un nouveau type d'échantillonnage au moins sur cet étang pour la suite du suivi est souhaitable.

4.7) Conclusions

Le 3110 est l'HC présent sur la plupart des transects des trois étangs et caractérisé par des végétations plus vivaces que le 3130. En perte de surface sur Blondeaux et Charmoy et à peine stable sur Lélou, l'état de conservation du 3110 est « altéré » et préoccupant en particulier sur Blondeaux et Charmoy. Les 3 critères déclassant sont la perte de surface, la proportion non négligeable d'espèces eutrophiles et l'absence d'un marnage régulier. Il est probable que cette absence de marnage régulier soit le facteur premier contribuant au développement des autres habitats aux dépens du 3110, en particulier les espèces mégaphorbiaies et bidentiaies. En effet les espèces vivaces des mégaphorbiaies s'installent plus facilement si elles ne sont pas noyées en hiver et trop sèches en été. Les végétations composées en partie d'annuelles pionnières comme les bidentiaies profitent, elles, des difficultés des autres végétations et de la perturbation leur environnement (une partie des espèces des bidentiaies, habitat plus eutrophe, sont signes d'une eutrophisation dans les HC).

Le 3130 présent de manière constante sur Charmoy est dans un meilleur état de conservation. Bien que les risques liés aux marnages trop instables soient présents, les communautés du 3130 semblent en bon état et ne souffrent d'aucun autre critère déclassant. Ces végétations du 3130 restent cependant difficiles à suivre et à évaluer en raison de la possibilité d'année à écluse pour les espèces typiques et du caractère plus pionnier de l'habitat.

Les irrégularités de marnage ont pu être mises au jour grâce au suivi des niveaux d'eau et pourraient même s'être intensifiées durant la dernière dizaine d'année. Charmoy est le plus instable et Lélou, hormis en 2019, est l'étang où les marnages sont les plus réguliers (le 3110 y est d'ailleurs en meilleur état). Cette différence semble confirmée par la variable illustrative intégrée aux ACP. En revanche il n'a pas été possible de tester le lien entre l'expression des végétations et les régimes de marnage des étangs. L'assèchement volontaire de l'étang de la Grand Rue (Ouzouer-sur-Trézée, 45), situé en aval de Blondeaux et barrage-réservoir ayant la plus grande capacité en stockage d'eau du réseau d'alimentation du canal, perdure également depuis une dizaine d'année du fait d'un problème de la digue. Cet élément a pu obliger VNF à

modifier sa gestion sur les étangs en amont comme les trois étangs étudiés ici afin de combler ce manque.

L'ACP permet de montrer que l'étang Charmoy est bien caractérisé par les bidentiaies et le 3130 là où Blondeaux et Lélou sont caractérisés par une part plus importante d'espèces des cariçaies, et du 3110. En revanche les corrélations testées avec les optimums écologiques des espèces séparant les étangs se sont avérées peu concluantes, les indices de Température et de Continentalité sont parfois faiblement corrélés aux axes mais ne sont pas adaptés à des traitements statistiques en raison de leur construction. Ces résultats concordent avec ceux observés sur les transects VEG et se confortent mutuellement.

Enfin le suivi et son protocole souffrent d'imprécisions qui, ajoutées aux difficultés techniques rencontrées pendant les premières années ont contribué à prolonger la phase de test et à rendre une partie du protocole caduque.

Les transects PA n'ont plus dans leur forme actuelle beaucoup d'informations à offrir. Les transects VEG doivent être géolocalisés avec une précision supérieure, relevés en partant de la berge et en renseignant toujours un point fixe afin d'être plus facilement superposables à l'avenir. La création d'une typologie des habitats sur les étangs et une étude approfondie des végétations les plus difficiles à identifier semblent nécessaires pour le maintien d'une uniformité dans le rattachement des végétations à un syntaxon.

Concernant l'évaluation de l'état de conservation de ces habitats, il apparaît que certains critères de la méthode MNHN semblent difficile à évaluer ponctuellement et sans une bonne connaissance des sites sur une longue période ce qui est incompatible avec l'idée d'une évaluation ex nihilo et non contextualisée. Très présentes en 2020, la présence d'algues filamenteuses dans l'eau doit désormais être recherchée et renseignée systématiquement. L'échantillonnage des HC sur Charmoy pourrait être modifié pour des raisons de représentativité des observations et de suivi des surfaces si cela est jugé nécessaire. L'évaluation des autres critères au niveau des segments de transect VEG semble valide mais n'est pas optimale pour autant. En effet la surface couverte par les segments de transect VEG est très réduite et les atteintes à l'habitat en dehors de cette zone ne sont pas forcément relevées. Les transects VEG ciblent plus une succession de végétation que les formes les mieux développées des HC. Cela a tout de même l'avantage de monitorer les végétations non-cibles et d'évaluer ces critères grâce à un seul type de transect.

Enfin il pourrait être utile en complément de l'étude et afin de vérifier certaines hypothèses de réaliser une analyse physico chimique des eaux des étang et des sols des berges (en particulier pour le pH, la température, la richesse en nutriments).

Remerciements

Je tiens à remercier Cécile LEMOINE pour son aide, son soutien et sa confiance tout au long du stage. Tu m'as permis d'effectuer ce dernier dans les meilleures conditions et d'en faire une expérience très riche et ce malgré les difficultés liées au contexte actuel. Je remercie infiniment Marie LEBLANC pour son expertise, sa réactivité et son aide précieuse, qui a grandement contribué aux analyses et aux réflexions, et sans qui rien n'aurait été possible. Je remercie évidemment mes collègues de la CCPF pour leur accueil chaleureux, leur gentillesse et pour leurs encouragements qui m'ont permis de trouver une place parmi eux. Un grand merci également à Margaux MISTARZ et Anthony LE FOULER qui ont accepté de répondre à mes questions et de partager leurs expériences et leur expertise afin de m'aiguiller dans les moments de doute. Je remercie enfin mes proches, qui, par leur soutien tout au long de mes études et de ce stage, m'ont donné la force et le courage d'aller au bout des choses en donnant le meilleur de moi-même.

Références

Bardat J., Bioret F., Botineau M., Bouillet V., Delpech R., Géhu J.-M., Haury J., Lacoste A., Rameau J.-C., Royer J.-M., Roux G. & Touffet J., (2004). Prodrôme des végétations de France. Collection Patrimoines Naturels 61, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 171 p.

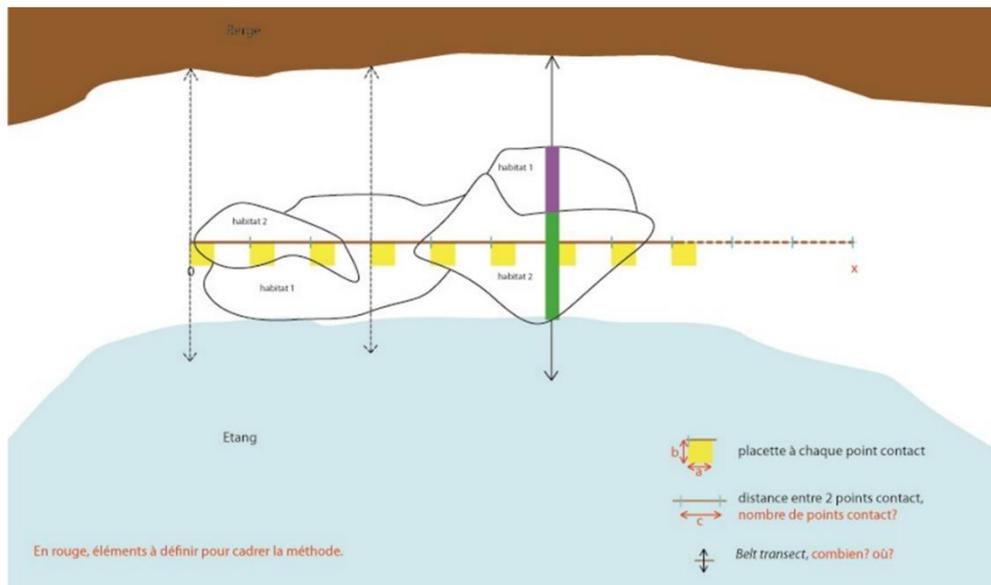
Beguin M., & Pumain, D. (2000). La représentation des données géographiques : statistique et cartographie, Coll. Cours Géographie, Paris

Bensettiti F., Gaudillat V. & Haury J. (coord.), (2002). *Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 3 - Habitats humides*. MATE/MAP/ MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 457 p.

Bouxin G., (1986). Le traitement statistique des tableaux de relevés de végétation. 1. Les petits tableaux. *Biom. -Praxim.* 26 : 49-72.

- Bouxin, G., (1987a). Le traitement statistique des tableaux de relevés de végétation. 2. Les ensembles de tableaux et les grands tableaux. *Biom.-Praxim.* 27 : 65-97.
- Durin L. & Duvigneaud J., (1957). Contribution à l'étude de la végétation de la bande fraisienne de Baives-Wallers, *Bull. Soc. Bot. N. Fr.*, 10 (1) : 24-4
- Grant T. A., Madden E. M., Murphy R. K., Smith K. A. & Nenneman M. P., (2004). Monitoring Native Prairie Vegetation: The Belt Transect Method. *Ecological Restoration.* 22. 106-111. 10.3368/er.22.2.106.
- Hardegen M., (2015). Natura 2000 en Bretagne : Habitats d'intérêt communautaire terrestres et d'eau douce. Bilan des connaissances : interprétation, répartition, enjeux de conservation. DREAL Bretagne. Brest : Conservatoire botanique national de Brest. 242 p. & annexes, 82-87
- Hill J. & Wilkinson C., (2004). *Methods for Ecological Monitoring of Coral Reefs.*
- Julve Ph., (1998). ff. Baseveg. Répertoire synonymique des groupements végétaux de France. Version : 2020, <http://perso.wanadoo.fr/philippe.julve/catminat.htm>
- Julve Ph., (1998). ff. Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France. Version : 2020, <http://perso.wanadoo.fr/philippe.julve/catminat.htm>
- Lê S., Josse J., & Husson F., (2008). FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software.* 25(1). pp. 1-18.
- Mistarz M. & Latour M., (2019). État de conservation des habitats des eaux dormantes d'intérêt communautaire. Méthodes d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000. Cahiers d'évaluation. UMS PatriNat – AFB/CNRS/MNHN. 252p.
- Royer JM., (1974). Etude phytosociologique des groupements des étangs asséchés de Puisaye. Document phytosociologique, Lille avril 1974, p5, tab.II
- Weber E., Hendoux F., Menard O. & Francois R., (2019 prov). Guide des végétations des zones humides et aquatiques du bassin Seine amont de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie. Conservatoire botanique national du Bassin parisien / Muséum National d'Histoire Naturelle, Agence de l'Eau Seine-Normandie, 370 p.

Annexes



Annexe 1 : Schéma descriptif du protocole de collecte de données fourni en 2015, y figurent les interrogations quant à l'application de la méthode sur le terrain lors de l'émission de ce document.

```

library("FactoMineR")
library("factoextra")
library("RColorBrewer")
library("ade4")
setwd("Chemin d'accès")
tabphyt0 = read.csv2(file.choose(),header=T, row.names=1)
# si on travaille sur les individus
tabphyt0 <- t(tabphyt0)
#dans tout les cas
tabphyt0 <- as.data.frame(tabphyt0, stringsAsFactors = FALSE)
tabphyt <- tabphyt0[1:29, 1:26]
tabphyt <- scale(tabphyt, center = T, scale = F)
tabphyt <- as.data.frame(tabphyt, stringsAsFactors = FALSE)

res.pca <- PCA(tabphyt, ncp = 10, scale.unit = F, graph = F)
eig.val <- get_eigenvalue(res.pca)
eig.val
fviz_eig(res.pca, addlabels = TRUE, ylim = c(0, 60))
var <- get_pca_var(res.pca)

#diagramme de pareto pouvant compléter le screeplot
library("qcc")
pareto.chart(res.pca$eig[,2])

#couleur en fonction de groupe
tabphyt02<-tabphyt0
scale(tabphyt02[,1:27], center = T, scale = F)

tabphyt02$transect <- c("B1", "B1", "B1", "B1", "B2", "B2", "B2", "B2", "B3", "B3", "B3", "B3", "L1", "L1", "L1",
                        "L1", "L2", "L2", "L2", "L2", "c1", "c1", "c1", "c2", "c2", "c2", "c3", "c3", "c3")

#biplot
fviz_pca_biplot(res.pca, repel = TRUE, col.var = "#2E9FDF", col.ind = "black")

##### VARIABLE illustrative #####
res.pca2 <- PCA(tabphyt02, scale.unit = F, quanti.sup = 28, quali.sup = 27,29, graph=FALSE )
fviz_pca_var(res.pca2, axes = c(1,2), col.var = "black", col.quanti = "red", repel = TRUE) #plot des variables + variable illustrative
fviz_pca_biplot(res.pca2, axes = c(1,2), col.var = "#2E9FDF", col.ind = "black",
                col.quanti = "red", repel = TRUE) #biplot + variable illustrative

p <- fviz_pca_ind(res.pca2, habillage = 27, palette = "Dark2", legend.title = "Transect", repel = TRUE,
                 mean.point = FALSE, pointshape = 16)
p + guides(colour = guide_legend(override.aes = aes(label = "")))

r <- fviz_pca_ind(res.pca2, axes=c(1,3), habillage = 27, palette = "Dark2", legend.title = "Transect",
                 repel = TRUE, mean.point = FALSE, pointshape = 16)
r + guides(colour = guide_legend(override.aes = aes(label = "")))

##### export
write.infile(res.pca$eig, file = "Chemin d'accès", append=FALSE, sep = ";")
write.infile(res.pca$var, file = "Chemin d'accès", append=TRUE, sep = ";")
write.infile(res.pca$ind, file = "Chemin d'accès", append=TRUE, sep = ";")
write.infile(dims$res.pca, axes=1:5), file = "Chemin d'accès", append=TRUE, sep = ";")
write.infile(res.pca2$quanti.sup, file = "Chemin d'accès", append=TRUE, sep = ";")

```

Annexe 2 : Script R ayant servi à la réalisation de l'ACP, à la création des figures et à l'export des données pour analyse

	Dim1 coord	humi sol (sec -> humide)	pH (a -> b)	nutriments (- / +)	MO (- / +)	texture	température	continentalité
Carx.acut	-0,2759	8	6	5	8	1	4	6
litt.unif	-0,1592	9	5	2	9	5	5	5
Lyth.Sali	-0,0968	7	6	6	8	1	5	5
Moli.caer	-0,0299	7	5	2	9	1	5	5
Agro.cani	-0,0493	8	3	2	9	2	5	5
Gnap.ulig	0,0707	7	5	4	4	4	5	4
Bald.repe	0,1381	9	5	3	9	4	6	3
Digi.sang	0,0838	4	5	6	4	3	7	4
Echi.cr-ga	0,1603	6	8	8	3	2	7	4
Eleo.ovat	0,2509	8	5	4	3	4	4	6
Lind.dubi	0,3384	10	3	2	9	4	6	3
Pani.capi	0,234	3	8	7	2	4	7	5
Eleo.acic	0,3415	10	3	2	9	4	6	3
Leer.oryz	0,2931	9	5	7	8	2	6	3
Ludw.palu	0,4223	10	4	4	9	2	6	3
Bide.trip	0,3864	8	7	8	3	2	6	5
R		0,2152	-0,1015	0,1971	-0,238	0,2505	0,5274	-0,5789
R ²		0,0463	0,0103	0,0388	0,0567	0,0628	0,2781	0,3351
P-Value		0,4235	0,7085	0,4645	0,3746	0,3493	0,03579	0,0188

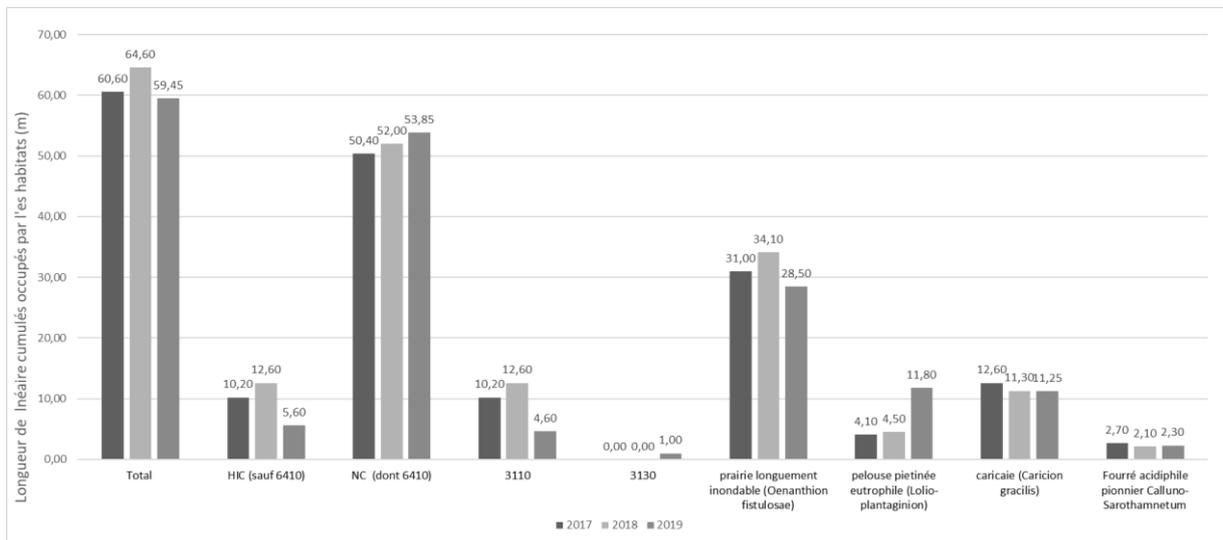
Annexe 3 : Tableau des corrélations entre les indices de préférence écologique et les coordonnées sur l'axe 1 des espèces significativement corrélées aux axes.

	Dim1.coord	Dim2.coord	DIM3.coord	humiH	pH	nutr	MO	texture	temp	cont
Agro.cani	0,0934	NA	-0,0713	8	3	2	9	2	5	5
Bald.repe	-0,0891	NA	NA	9	5	3	9	4	6	3
Bide.trip	NA	-0,0476	NA	8	7	8	3	2	6	5
Carx.acut	-0,1939	NA	-0,1271	8	6	5	8	1	4	6
Carx.vesi	0,0351	NA	-0,0631	9	6	5	9	1	5	5
Carx.viri	NA	NA	-0,0177	8	7	2	9	1	5	4
Digi.isch	-0,018	NA	NA	4	2	5	4	4	7	5
Eleo.palu	-0,3059	NA	NA	8	5	5	8	4	5	5
Exac.pusi	NA	0,0572	NA	7	3	2	4	4	6	3
Gnap.ulig	0,0393	NA	0,0446	7	5	4	4	4	5	4
Grat.offi	NA	0,1938	0,1442	8	6	5	8	2	7	4
Junc.bulb	0,1217	-0,204	NA	8	4	3	9	4	6	4
Lind.dubi	NA	-0,1182	0,1287	10	3	2	9	4	6	3
litt.unif	0,1384	NA	-0,118	9	5	2	9	5	5	5
Ment.arve	0,1726	0,1431	NA	7	7	6	8	1	5	5
Moli.caer	NA	0,0383	NA	7	5	2	9	1	5	5
Phra.aust	-0,0464	NA	NA	9	5	7	8	1	5	5
Ranu.flam	0,1099	NA	NA	9	4	2	9	1	5	5
		Dim 1	r	-0,0855	-0,0553	-0,2804	0,0909	-0,0919	0,1085	-0,0525
			r ²	0,5806	0,0031	0,0786	0,0083	0,0085	0,4904	0,0028
			p-value	0,7620	0,8449	0,3114	0,7473	0,7446	0,7003	0,8526
		Dim 2	r	-0,2977	0,4023	0,2316	-0,0715	-0,5044	0,0052	0,1903
			r ²	0,0886	0,1619	0,0536	0,0051	0,2544	0,0000	0,0362
			p-value	0,4035	0,2490	0,5197	0,8444	0,1371	0,9886	0,5985
		Dim 3	r	0,0244	-0,0731	0,1911	-0,2214	0,0783	0,7565	-0,6614
			r ²	0,0006	0,0054	0,0365	0,0490	0,0061	0,5723	0,4375
			p-value	0,9433	0,8308	0,5735	0,5130	0,8191	0,0070	0,0267

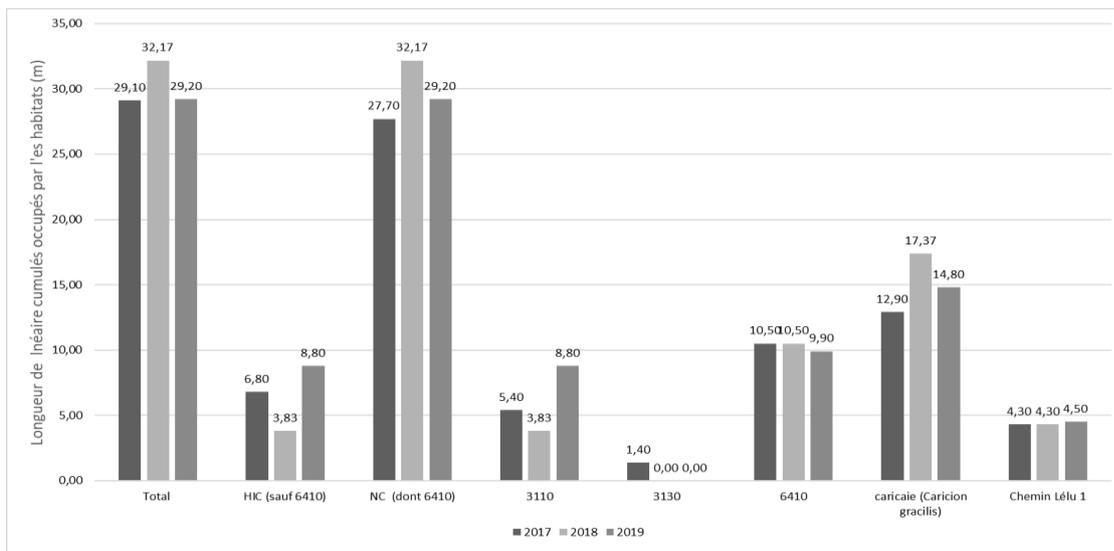
Annexe 4 : Tableau des corrélations entre les indices de préférence écologique et les coordonnées sur les axes 1, 2 et 3 des espèces significativement corrélées aux axes.

Paramètre	Critère	Indicateur	Echelle	Résultats	Notes	HC
SURFACE	SURFACE COUVERTE	Évolution de la surface couverte où l'habitat est présent	Site	Progression/stabilité	0	3110/3130
				Régression	-10	
STRUCTURE ET FONCTIONS	COMPOSITION FLORISTIQUE	Nombre d'espèces eutrophiles	Placette	< 3	0	3110
				3 - 10	-20	
				> 10	-40	
		Nombre d'espèces destructurantes	Placette	< 4	0	3110/3130
				4-5	-20	
				> 5	-40	
Recouvrement algues filamenteuses	Placette	Progression	-10	3110/3130		
Présence sol nu	Placette	Oui	0	3130		
		Non	-20			
ALTERATIONS	LOURDES	Recouvrement des atteintes quantifiables en surface	Polygone	Somme = 0	0	3110/3130
				Somme = 1	-10	
				Somme ≥ 2	-20	
	DIFFUSES	Impact des atteintes difficilement quantifiables en surface	Site	Nul/négligeable	0	3110/3130
				Moyen	-10	
				Fort	-20	

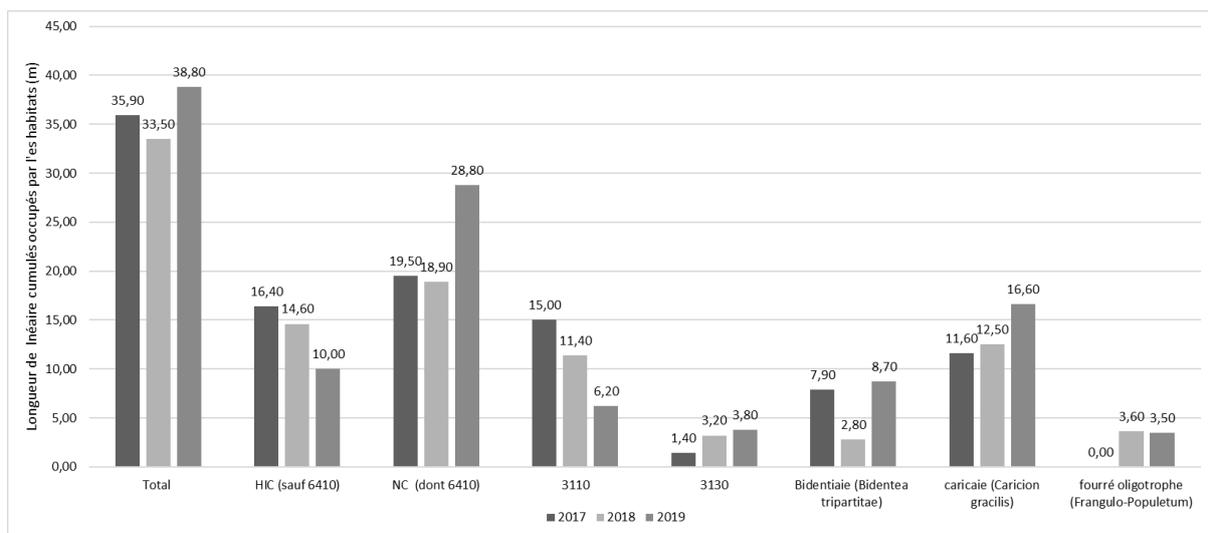
Annexe 5 : Grille d'évaluation regroupée des deux habitats cibles telle que distribuée dans « Mistarz et Latour, 2019 »



Annexe 6 : Evolution des linéaires cumulés des principaux habitats présents sur les transects VEG de Blondeaux entre les années 2017 et 2019.



Annexe 7 : Evolution des linéaires cumulés des principaux habitats présents sur les transects VEG de Lélou entre les années 2017 et 2019.



Annexe 8 : Evolution des linéaires cumulés des principaux habitats présents sur les transects VEG de Charmoy entre les années 2017 et 2019.

Year	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15	15,5	16	16,5	17	17,5	18
2016																																				
Elodo palustris-Sparganion																																				
Bidention tripartitae																																				
Elatino triandrae-Cyperetalia fusci																																				
Caricion gracilis																																				
2017																																				
Elodo palustris-Sparganion																																				
Bidention tripartitae																																				
Elatino triandrae-Cyperetalia fusci																																				
Caricion gracilis																																				
2018																																				
Elodo palustris-Sparganion																																				
Bidention tripartitae																																				
Elatino triandrae-Cyperetalia fusci																																				
Caricion gracilis																																				
2019																																				
Elodo palustris-Sparganion																																				
Bidention tripartitae																																				
Elatino triandrae-Cyperetalia fusci																																				
Caricion gracilis																																				

Annexe 9 : Superposition de la répartition des végétations le long du transect 2 de Lélou entre 2016 et 2019. Les cases colorées correspondent aux portions de transect (découpé tous les 0,5m pour des soucis de représentation) occupées par l'habitat. Les « + » indiquent une forte introggression d'une autre végétation. Ce type de représentation crée pour chaque transect permet de visualiser les végétations gagnant ou perdant du terrain et à expliquer les différences de linéaires cumulés.

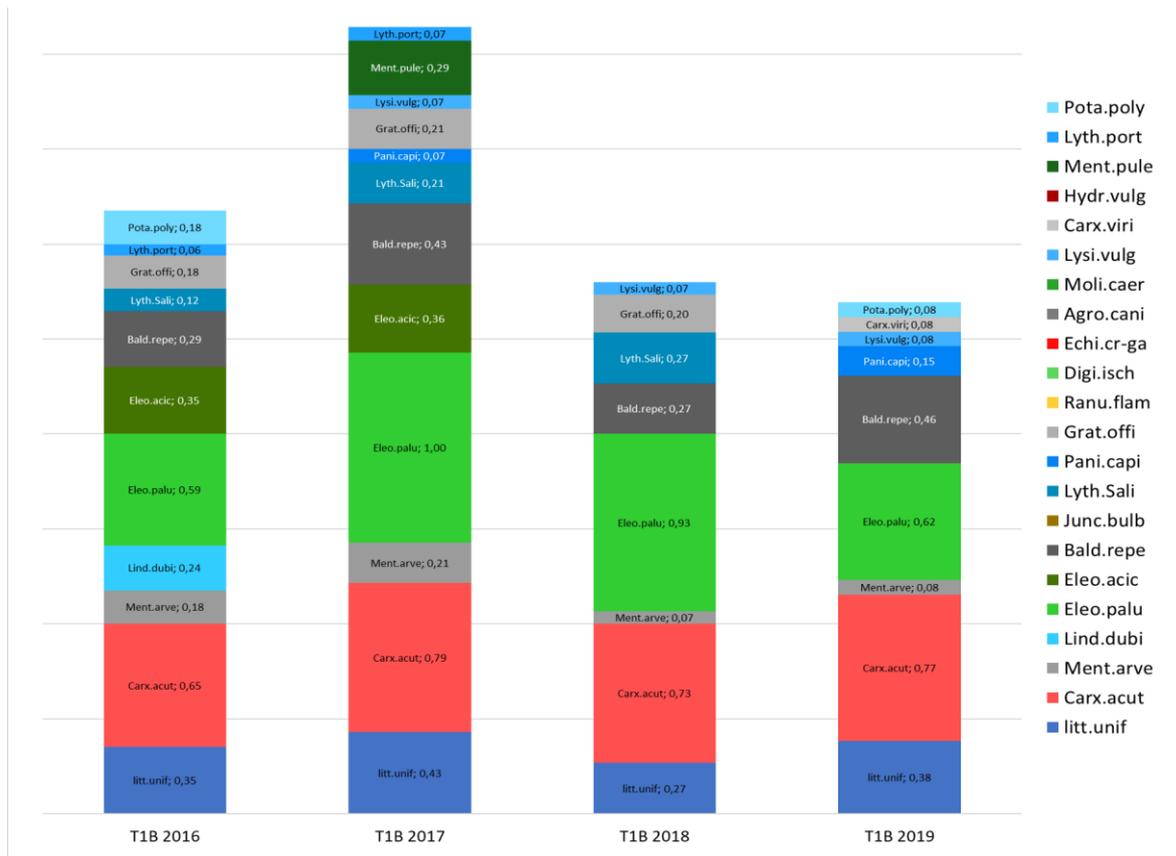
Espèces destructurantes
Bidens frondosa L.
Carex acuta L.
Carex acutiformis Ehrh.
Carex elata All.
Carex riparia Curt.
Carex rostrata Stokes
Carex vesicaria L.
Carex viridula Michx.
Erigeron bonariensis L.
Erigeron floribundus (Kunth) Sch.Bip.
Juncus tenuis Willd.
Lindernia dubia (L.) Pennell
Ludwigia grandiflora (Michx.) Greuter & Burdet
Panicum capillare L.
Phalaris arundinacea
Phragmites australis L.

Espèces eutrophes	Coefficient
Agrostis stolonifera L.	2
Alisma plantago-aquatica L.	1
Bidens connata Muhlenb. ex Willd.	2
Bidens tripartita L.	2
Cirsium palustre (L.) Scop.	1
Echinochloa crus-galli (L.) P.Beauv.	2
Iris pseudacorus L.	2
Juncus inflexus L.	2
Lycopus europaeus L.	1
Lysimachia vulgaris L.	1
Lythrum salicaria L.	1
Mentha arvensis L.	2
Mentha pulegium L.	1
Persicaria hydroppiper (L.) Spach	2
Persicaria lapathifolia (L.) Delarbre	2
Persicaria maculosa Gray	2
Plantago major L.	2
Polygonum aviculare L.	2
Potamogeton natans L.	1
Potentilla supina	2
Pulicaria vulgaris Gaertn.	2

Annexe 10 : Tableau des espèces destructurantes ou témoignant d'une eutrophisation et trouvées sur les étangs ayant servi à l'évaluation de l'état de conservation. Les espèces grisées ont été ajoutées après consultation pour compléter les listes fournies par le guide du MNHN (Mistarz et Latour, 2019)

	3110 Blondeaux	3110 Lélu	3110 Charmoy	3130 Charmoy
Espèces destructurantes	Carex acuta, Carex hirta, Carex viridula, Lindernia dubia, Panicum capillare	Carex acuta, Lindernia dubia, Panicum capillare	Bidens frondosa, Carex acutiformis, Carex vesicaria, Panicum capillare	Bidens frondosa, Lindernia dubia, Panicum capillare
nombre d'espèce moyen sur l'étang	3	1,5	2	1,33
Espèces eutrophiles	Cirsium palustre, Lycopus europaeus, Lysimachia vulgaris, Mentha arvensis, Mentha pulegium	Alisma plantago aquatica, Bidens tripartitae, Lythrum salicaria, Mentha arvensis	Bidens tripartitae, Echinochloa crus-galli, Lysimachia vulgaris, Lythrum salicaria, Mentha arvensis	
Point moyen sur l'étang	3	3	7	

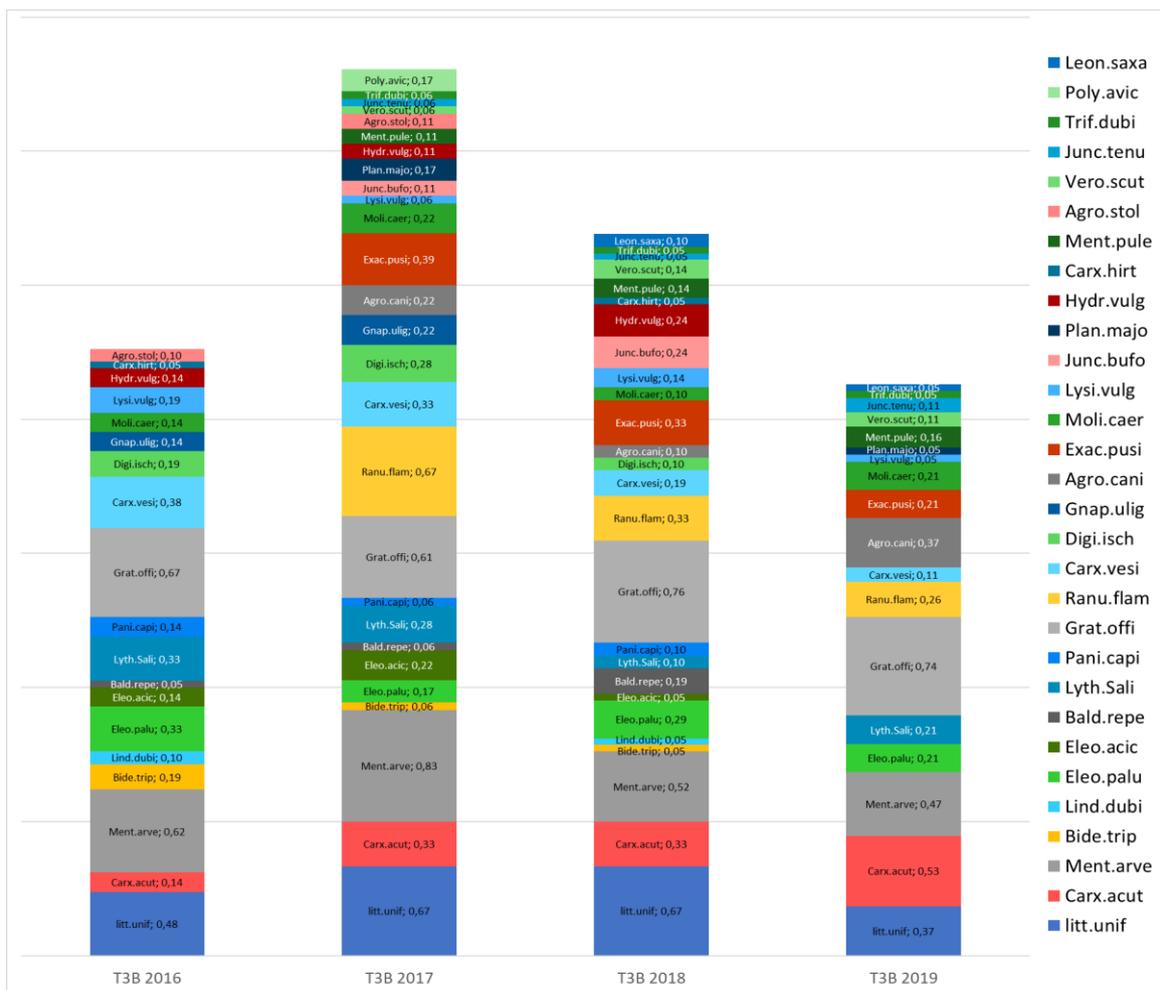
Annexe 11 : Liste des espèces et scores pour les indices « nombre d'espèces eutrophiles » et « nombre d'espèces destructurantes » des HC pour chaque étang.



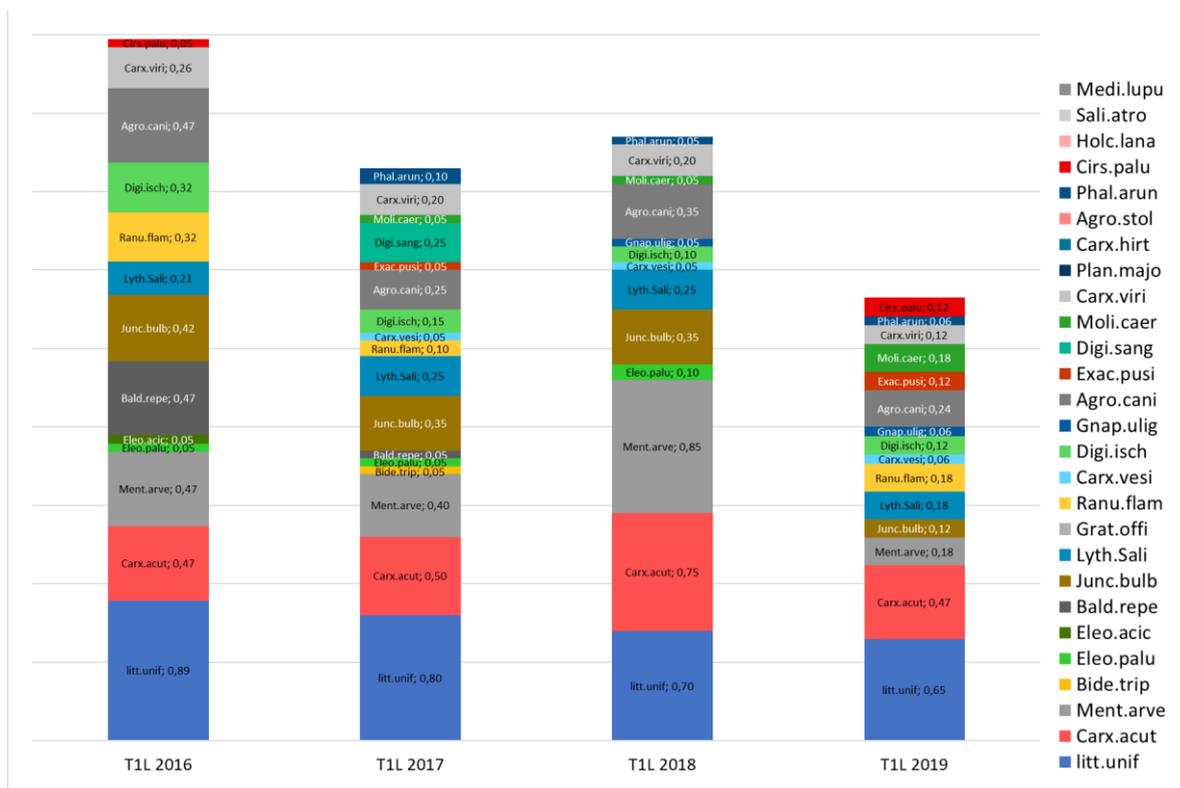
Annexe 12 : Diagramme de l'évolution de la fréquence des espèces sur le transect PA T1B entre 2016 et 2019



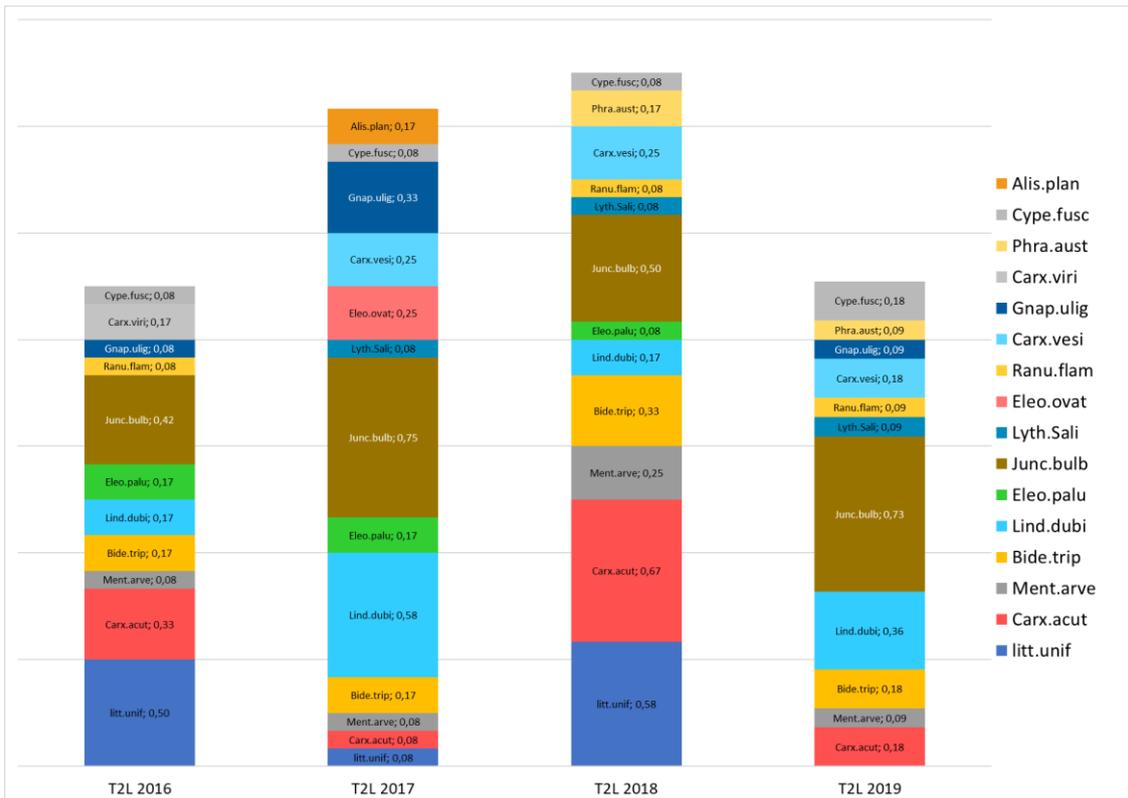
Annexe 13 : Diagramme de l'évolution de la fréquence des espèces sur le transect PA T2B entre 2016 et 2019



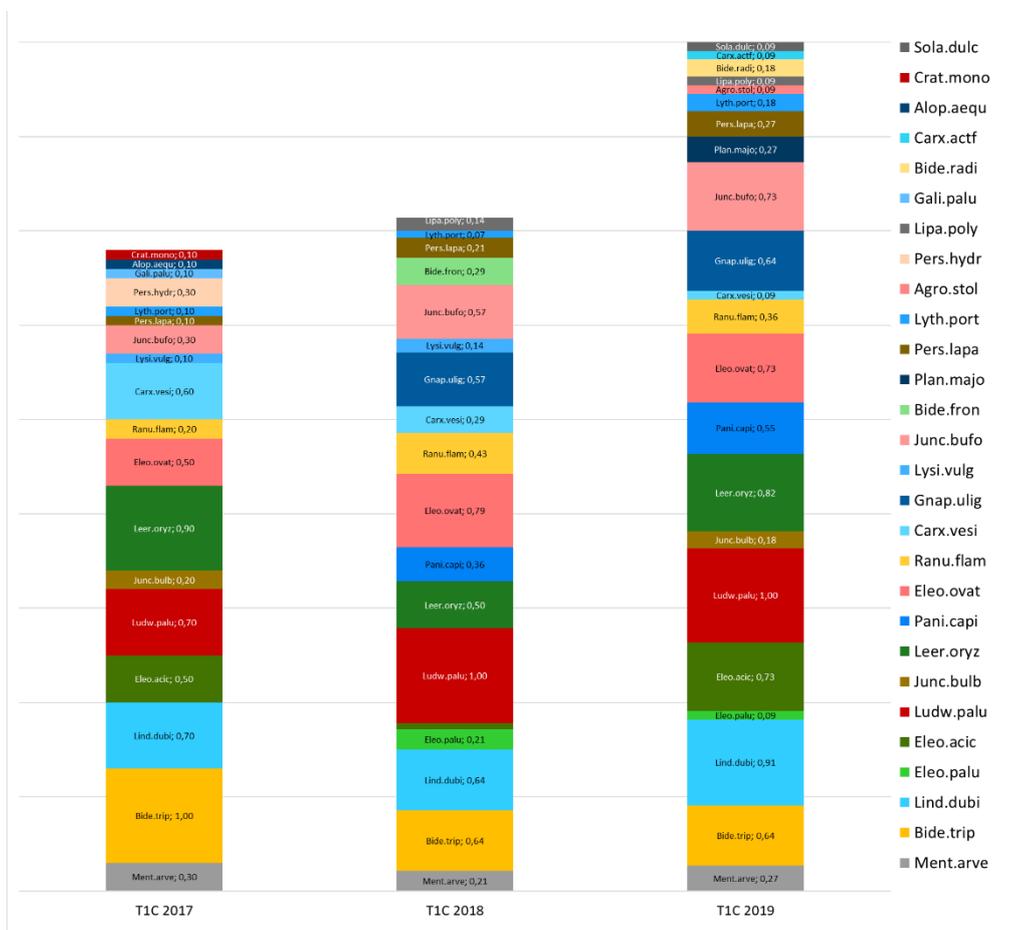
Annexe 14 : Diagramme de l'évolution de la fréquence des espèces sur le transect PA T3B entre 2016 et 2019



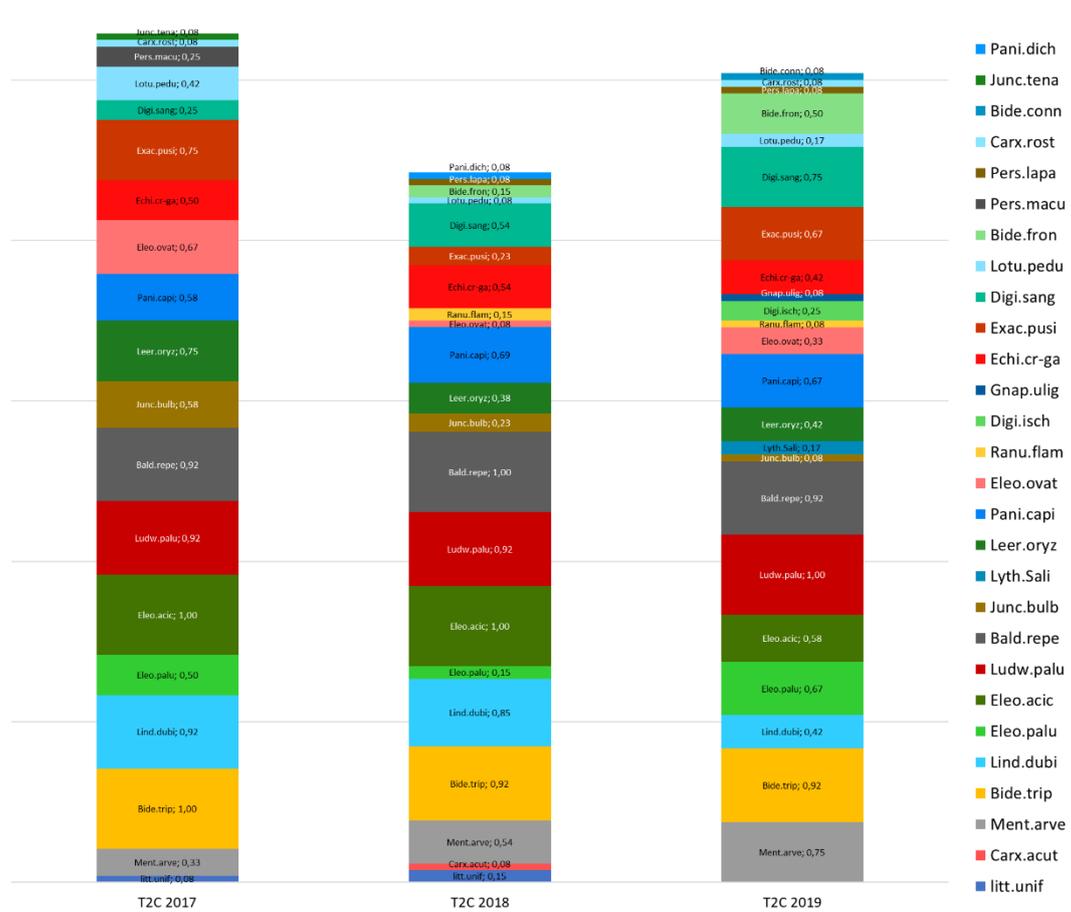
Annexe 15 : Diagramme de l'évolution de la fréquence des espèces sur le transect PA T1L entre 2016 et 2019



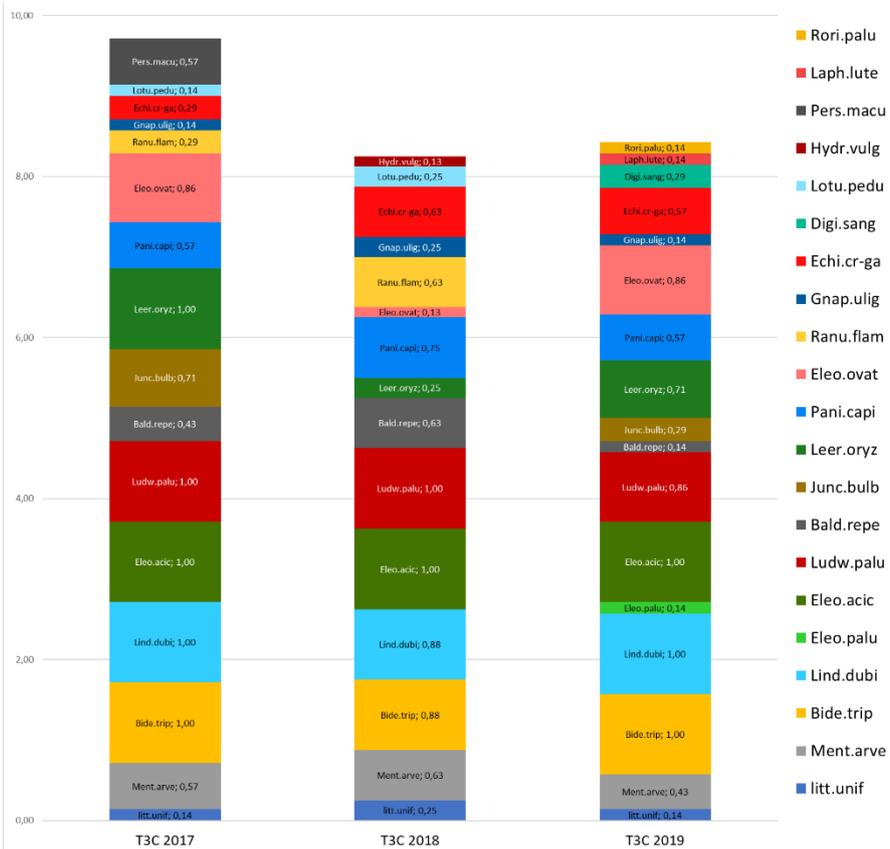
Annexe 16 : Diagramme de l'évolution de la fréquence des espèces sur le transect PA T2L entre 2016 et 2019



Annexe 17 : Diagramme de l'évolution de la fréquence des espèces sur le transect PA TIC entre 2017 et 2019



Annexe 17 : Diagramme de l'évolution de la fréquence des espèces sur le transect PA T2C entre 2017 et 2019



Annexe 18 : Diagramme de l'évolution de la fréquence des espèces sur le transect PA T3C entre 2017 et 2019