
Rapport de stage

5^{ème} année

Suivi des actions de restauration des milieux aquatiques sur les Basses Vallées Angevines

Syndicat Mixte des Basses Vallées Angevines et
de la Romme.

83, rue du mail -BP 80011. 49020 Angers Cedex 2



Tuteur entreprise :
Bertrand Degriek
Technicien de rivière

Thomas Day
IMA

2020-2021

Tuteur académique :
Francesca Di Pietro

Remerciements

Je tiens à remercier l'ensemble des personnes qui ont, de près ou de loin, participé à mon étude et qui m'ont accompagné tout au long de mon stage.

Merci à Mélanie Macé, de bien avoir voulu venir me chercher le premier jour après, mettre quelques peu égaré.

Merci aussi à Anne-Laure Riobe pour ta disponibilité à réparer les sondes et ta bonne humeur. Plus généralement un grand merci à vous deux pour votre soutien

Je souhaite aussi remercier chaleureusement mon maître de stage Bertrand Degrieck pour ta confiance et ta connaissance du territoire. Merci aussi à Sylvain Cholet pour tes précieux conseils sur la faune et la flore.

Un grand merci à Jean Rousselot, directeur du Syndicat de m'avoir permis de réaliser mon stage de fin d'étude en m'accordant ta confiance.

De même je te remercie aussi Elodie Gutierrez pour les moments passés au syndicat et ta gentillesse.

Bien que cela ait été de courte durée, merci à toi Coralie Debarre pour la pêche électrique.

Je remercie aussi les stagiaires, sans qui je me serais perdu plus d'une fois : Léa et Cédric et avec qui les relevés hydrologiques étaient plus sympa !! Merci aussi à toi, Guillaume pour ta gentillesse et ta disponibilité au bureau.

Plus généralement, merci à Samuel Havet de la LPO pour ses impressions des sites étudiés et à Julien Geslin du CBNB pour ses connaissances floristiques et ses précieux conseils.

Pour finir merci à vous tous pour les six mois passés ensemble.

Présentation de la structure

Le Syndicat Mixte des Basses Vallées Angevines et de la Romme (SMBVAR) a été créé en 2018 suite à la Loi n°2014-58 qui attribue et rend obligatoire pour les collectivités la compétence de Gestion des Milieux Aquatiques et la Prévention des risques d'Inondations (GEMAPI), dans le but d'assurer d'une part la préservation et la restauration du bon état écologique des cours d'eau et des milieux aquatiques non domaniaux, et d'autre part, d'assurer la prévention des inondations sur le périmètre du bassin versant de la Maine et des zones de confluences des Basses Vallées Angevines, de la Romme, du Brionneau et du Boulet.

Le SMBVAR est constitué de quatre intercommunalités qui sont :

- La communauté urbaine Angers Loire Métropole,
- La communauté de commune Loire Layon Aubance,
- La communauté de commune Vallées du Haut-Anjou,
- Et la communauté de commune Anjou Loir et Sarthe.

Le SMBVAR couvre un territoire de 1 442 km² découpé en quatre territoires : Romme-Brionneau-Boulet ; Loir ; Mayenne et Sarthe-Maine. L'ensemble du territoire présente 1 700 km de réseau hydrographique et 28 masses d'eau.

Le Syndicat exerce statutairement les missions suivantes sur l'ensemble du territoire :

- La réalisation, l'entretien et la gestion des aménagements visant à préserver, réguler ou restaurer les caractères hydrologiques ou géomorphologiques des cours d'eau non domaniaux ;
- L'entretien et l'aménagement des cours d'eau non domaniaux, canaux, lacs ou plans d'eau et leurs accès, ainsi que la protection et la restauration des sites, des écosystèmes aquatiques et des zones humides et des formations boisées riveraines ;
- L'animation et la concertation en matière de gestion des cours d'eau et de prévention des inondations. Il participe à cette fin à tous dispositifs réglementaires ou contractuels.
- Le cas échéant, par délégation ou convention, la réalisation d'études et travaux visant la prévention et la défense contre les inondations.

En d'autres termes, le SMBVAR réalise des actions visant l'atteinte des objectifs de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et de la Directive Inondation (DI) en lien étroit notamment avec les acteurs de l'aménagement du territoire, de l'eau potable et de l'assainissement ainsi que de la biodiversité (Directive Habitats et Oiseaux).

Plus concrètement, le projet du SMBVAR est de restaurer les fonctionnalités écosystémiques des cours d'eau en travaillant leur morphologie. Pour ce faire, il mène diverses actions comme :

- La restauration des connexions latérales entre le lit mineur et le lit majeur (ex reméandrage),
- La restauration des écoulements et lit mineur (ex. diversification des habitats),
- La restauration des fonctions rivulaires (ex ripisylve, zones humides),
- La restauration de la continuité écologique et sédimentaire,
- La gestion des espèces envahissantes dans le cadre de travaux de restauration.

Les cours d'eau présent sur le territoire du Syndicat ont été particulièrement impactés par les activités anthropiques des dernières décennies (recalibrage, approfondissement et cloisonnement des écoulements par des barrages et des seuils par exemple). En conséquence, il est aujourd'hui possible d'observer une déconnexion des cours d'eau de leur lit majeur, engendrant de ce fait des assèchements sévères en été et des écoulements brutaux lors des précipitations. De plus, la capacité d'accueil de la biodiversité des cours d'eau est limitée en raison d'une faible diversité des habitats.

Pour répondre à ces problématiques le SMBVAR porte divers programmes de travaux pluriannuels d'une durée de six ans sur plusieurs bassins versants. Les bassins versants qui ont été identifiés comme

prioritaires sont ceux de la Baconne, du Piron, du Plessis, de la Romme, de la Suetie et de la Suine. Au sein de ces bassins versants, la priorité est ensuite donnée au cours d'eau ayant une altération de nature hydromorphologique.

Organigramme du SMBVAR en 2021

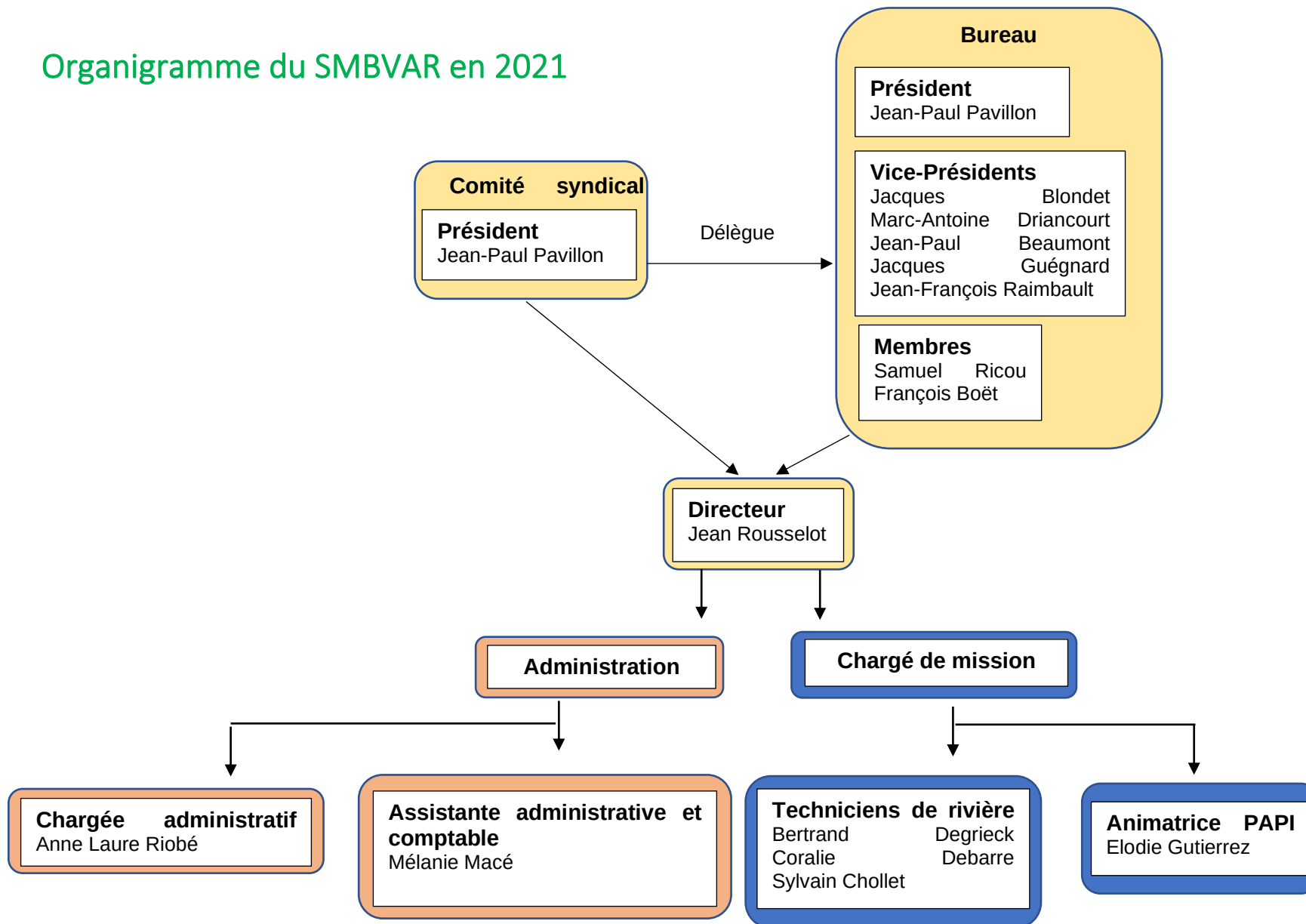


Table des matières

Table des figures.....	VII
Table des tableaux.....	VIII
Introduction.....	1
Matériel et Méthode.....	3
I. Les masses d'eau présentent sur le territoire du SMBVAR.....	3
II. Sites d'étude.....	3
III. Protocoles.....	4
IV. Chronologie.....	10
Résultat.....	10
I. Contexte et climat.....	10
II. Travaux effectués.....	13
III. Relevés hydrologiques.....	14
IV. Phytosociologie.....	15
V. Avifaune.....	19
VI. Odonate.....	21
VII. Mammifère terrestre.....	22
VIII. Amphibien.....	22
Discussion.....	23
I. Critique des travaux.....	23
II. Proposition d'amélioration des travaux.....	25
III. Critique de la méthode.....	26
IV. Retour sur la méthodologie.....	26
Conclusion et perspectives.....	27
I. Conclusion.....	27
II. Perspectives.....	27
Bibliographie.....	28
Liste des annexes.....	30
I. Cahier de protocole des indicateurs de suivis du CTMA (Loger & Tao, 2017).	1
II. Cartes des transects de flore et des points de relevé hydrologique pour chaque site.....	9
III. Tableau de la signification des indices d'Ellenberg (Forum des Marais Atlantiques, 2015).....	14
IV. Tableau des relevés suivant leurs habitats.....	15
V. Méthode par quadrillage.....	16
VI. I.P.A de la boire de la Frémondrière et du Marais de Montreuil-Juigné.	17

Table des figures

Figure 1. Carte des états écologiques des masses d'eau superficielles sur le territoire du SMBVAR en 2017.

Figure 2. Carte avec la position des différents sites suivis durant l'année 2021.

Figure 3. Délimitation de segments homogènes le long d'un transect (Leclerc 2011)

Figure 4. Carte du protocole I.P.A réalisée par Simon LOGERAIS. Source : stage Antoine SAGET (2014-2017).

Figure 5. Schéma des protocoles effectués a) pour l'état initial de la boire de la Frémondrière, b) pour le marais de Montreuil-Juigné, c) pour les sites suivants : Sené, Tourte, Corzé, Grez-Neuville et d) pour les îles du moulin d'Ivray et le marais de Davier (il faut juste changer la prospection de huit fois à cinq fois).

Figure 6. Débit des quatre rivières durant les années des suivis et la moyenne disponible sur le site hydro.eaufrance.fr pour les mois de janvier à juillet.

Figure 7. Graphique montrant les températures moyennes mensuelles en °C (à gauche) et le cumul des précipitations mensuelles en mm (à droite) à la station de Angers-Beaucouzé lors des suivis avant, après travaux et la moyenne 30 ans.

Figure 8. Boite à moustache des valeurs des relevés hydrologiques sur les sites étudiés. A) les valeurs de température avant travaux b) les valeurs d'oxygène avant travaux. c) et d) les valeurs respectives de la température et d'oxygène après travaux.

Figure 9. Schéma simplifié d'un transect réalisé au parc Balzac avant et après travaux.

Figure 10. DCA des relevés floristiques effectués en 2021 pour les suivis après travaux. L'axe 1 correspond à l'humidité et l'axe deux correspond à la fertilité du sol.

Figure 11. Schéma représentant les différents habitats lors des états initiaux (a) et finaux (b) sur le site de Montreuil-Juigné (MJ) ; Corzé (Cz) ; Sené (Sn) ; Grez-Neuville (Gn) ; Parc Balzac (PB), Tourte (Tt), Marais Davier (MD), Moulin d'Ivray (MI) et la boire de la Frémondrière (Fr).

Figure 12. Carte des espèces nicheuses sur le site du marais Davier. BC : Bouscarle de Cetti ; FaTN : Fauvette à Tête Noire ; FC : Faisan de Colchide ; FG : Fauvette grisette ; MC : Mésange charbonnière ; MN : Merle Noir ; MP : Martin pêcheur ; PdA : Pinson des arbres ; PR : Pigeon Ramier ; PV : Pouillot Véroce ; TM : Troglodyte mignon. Carte Thomas Day 2021.

Figure 13. Carte des espèces présentes sur le site du marais de Davier. A gauche la carte réalisée en 2014 et à droite la carte réalisée en 2021.

Figure 14. Photo de la boire de Sené. Photo prise par Thomas Day le 15/07/2021 au niveau du coude la boire.

Figure 15. Photo d'une mare juste après le rejet de la station d'épuration. Photo prise par Thomas Day le 26/04/2021.

Figure 16. Photo de l'exutoire. Photo prise par Thomas Day le 26/04/2021 sur la boire de la Frémondrière.

Figure 17. Photo de l'exutoire du marais de Montreuil-Juigné amont. Photo prise le 29/04/2021 par Thomas Day

Table des tableaux

Tableau 1. Présentation des sites étudiés avec les intervenants et la date des états initiaux.

Tableau 2. Ordres de grandeur des aires minimales pour les étendues spatiales. Source : Meddour, 2011.

Tableau 3. Valeurs d'I.P.A suivant les différents contacts avec les individus de l'avifaune.

Tableau 4. Récapitulatif des différents protocoles réalisés suivant les sites étudiés.

Tableau 5. Conditions météorologiques idéales pour l'observation d'odonates (Source : SFO, non daté)

Tableau 6. Récapitulatif du nombre de points de relevés suivant les sites. MJ = Montreuil-Juigné ; Cz = Corzé ; Tt = Tourte ; PB = Parc Balzac ; Sn = Sené ; Gn = Grez-Neuville ; MD = Marais de Davier ; MI = Moulin d'Ivray ; Fr = Frémondrière

Tableau 7. Stations des mesures du débit mensuel des grands cours d'eau (Maine, Mayenne, Sarthe et Loir). La distance des stations et des sites est annotée. Source : Hydro.eaufrance.fr.

Tableau 8. Travaux effectués sur les différents sites étudiés.

Tableau 9. Résultats des tests de willcoxon (Sené, Balzac et Grez-Neuville) et de Kruskal-wallis (Montreuil-Juigné, Corzé, Tourte, Frémondrière) sur les valeurs des relevés avant, après travaux et entre les deux.

Tableau 10. Espèces présentes et les espèces indicatrices des zones humides des différents sites étudiées. En rouge, ce sont les espèces contactées durant l'état après travaux et en noir les états initiaux. Fr = Frémondrière ; MJ = Marais de Montreuil-Juigné ; Cz = Corzé ; Sn = Sené ; Tt = Tourte ; Gn = Grez-Neuville ; MI = Moulin d'Ivray ; MD = Marais Davier ; PB = Parc Balzac.

Tableau 11. Indice d'azote (F), de nutriment (N), de Shannon (H') et Pielou (J') sur le site de Montreuil-Juigné (MJ) ; Corzé (Cz) ; Sené (Sn) ; Grez-Neuville (Gn) ; Parc Balzac (PB) et Tourte (Tt). Les sites du marais de Davier et des îles du Moulin d'Ivray ne sont pas représentés car il n'y a pas les informations sur les plantes (stage effectué en 2014). EC =Ecart-type.

Tableau 12. Moyenne des deux indices d'abondance pour les deux états (initial et final) suivant le compartiment "lit", "Prairie" et "berge". H' correspond à l'indice de Shannon et J' correspond à l'indice de Pielou. « Av tx » signifie Avant travaux et « Ap tx » signifie Après travaux.

Tableau 13. Présence /absence de l'avifaune sur le site du marais Davier avant et après les travaux. Le milieu préférentiel est aussi annoté grâce à la base de données de Storchová and Hořák (2018).

Tableau 14. Présence des odonates au sein de chaque site d'étude avant et après travaux. Cz =Corzé ; Sn = Sené ; Gn = Grez-Neuville ; Mj = Montreuil-Juigné ; Md = Marais de Davier ; fr = Frémondrière ; Bz = Balzac.

Tableau 15. Liste des espèces d'amphibiens rencontrées durant les prospections de 2021.

Tableau 16. Synthèse des résultats obtenus d'après les suivis effectués avant et après travaux. Les appréciations ont été faites par le stagiaire.

Introduction

Les Basses Vallées Angevines (BVA) situées en Maine et Loire à proximité de la ville d'Angers est l'une des zones humides les plus riches d'Europe. Doté de vastes prairies alluviales, marais, étangs et d'un réseau hydrographique dense (trois rivières et de nombreux chenaux secondaires), le site peut en hiver former un lac d'une superficie de 20 à 30 km de long pour 6 km de large durant 50 à 200 jours par an. Ce régime hydrographique abrite une faune et une flore tout aussi singulière. De l'avifaune (Tarier des prés ; Barge à queue noire ; Râle des genêts) à la botanique (Fritillaire pintade ; Cardamine des prés ; Inule d'Angleterre) en passant par les mammifères semi-aquatiques (Loutre d'Europe ; Castor d'Eurasie ; Campagnol amphibie), de nombreuses espèces menacées à travers le monde sont présentes dans les BVA. Par conséquent, ces dernières sont reconnues et protégées au niveau mondial (RAMSAR), européen (ZICO et Natura 2000), national (ZNIEFF) et départemental (ENS). Ce classement montre l'importance de ce site pour la biodiversité.

Cependant, les BVA ne sont pas seulement qu'une niche de biodiversité, elles permettent aussi l'épuration de l'eau, la régulation hydraulique, l'expansion naturelle de crue, de corridor écologique, stockage de carbone etc. Il est donc nécessaire de sauvegarder durablement cette zone grâce aux différents classements cités dans le paragraphe précédent mais aussi par des outils législatifs afin d'agir sur les BVA.

Ainsi, au début du XXI siècle est créé la Directive Cadre sur l'Eau (Union Européenne) qui instaure l'obligation de protéger et de restaurer la qualité des eaux et des milieux aquatiques dans l'ensemble de l'Union européenne. Des lois françaises sont édictées comme la loi LEMA en 2006, le Grenelle de l'environnement en 2009 puis en 2010 et des contrats territoriaux ont été rédigés dans l'objectif de répondre à la DCE tout en respectant les règles induites par les classements cités plus tôt.

Par conséquent sur le territoire des BVA, un premier contrat territorial a été mis en place sur la période de 2014-2018 : Contrat Territorial Milieux Aquatiques sur les Basses Vallées Angevines (CTMA BVA). Ce contrat est le résultat d'une concertation avec l'ensemble des acteurs afin de cibler des sites de restauration sur le Loir, la Sarthe, la Mayenne et la Maine. Actuellement, un nouveau contrat (Contrat Territorial Eau des Basses Vallées Angevines et de la Romme : CT'Eau BVAR) a été signé en 2021 pour une durée de cinq ans.

Le CTMA BVA (2014-2018) a défini différentes zones à restaurer dont des annexes hydrauliques appelées « boire ». Ce mot, d'origine ligérienne, désigne d'anciens bras fonctionnels qui sont reliés au bras principal soit par l'aval soit par l'amont, rarement par les deux côtés et qui ne sont pas en eau toute l'année (LOIRE ESTUAIRE, 2003). Ces boires par leur fonctionnement, vont présenter des variations environnementales tout au long de leurs vies qui leur permettent d'être considérées comme des écosystèmes à part entière (Dejaifve, 2003). Le CTMA BVA a donc agit sur trois fonctions essentielles de ces annexes :

- La fonction hydraulique : Zone d'expansion des crues ; rechargement des nappes ; connexions hydrauliques entre réseaux. Cette fonction a été impactée par le taux d'envasement et un encombrement végétal conséquent.
- La fonction biologique : Capacité d'accueil de la faune et la flore. La végétation des berges est le principal facteur de perturbation.
- La fonction épuratrice : Capacité de filtration, décantation et assimilation par la végétation. Pauvreté de la végétation et envasement du réseau hydraulique en sont les causes principales.

Afin d'évaluer la restauration engendrée par les travaux, des suivis sont nécessaires. Ces derniers sont des protocoles nécessitant un certain nombre de descripteurs appelés indicateurs. Ces suivis commencent à être appliqués lors des travaux de restauration mais cela n'a pas toujours été le cas. En effet, ces derniers demandent des moyens monétaires, humains mais aussi des savoirs faire qui n'étaient pas toujours évident de trouver créant des suivis au cas par cas (Suding, 2011). Aujourd'hui de nombreux

protocoles existent suivant les milieux étudiés et les travaux effectués (Forum des Marais, 2015 ; Grimault, Hubert et al. 2018 ; Besnard & Salles, 2010), cela permet d'homogénéiser les résultats et facilite les comparatifs.

Le rapport se place trois ans après les travaux de neuf sites à travers les Basses Vallées Angevines. L'objectif est donc de comparer les états initiaux avec les suivis après travaux en réitérant les mêmes protocoles, de donner une critique des travaux et des perspectives d'amélioration pour les suivis. Enfin, un état initial a aussi été réalisé dans le cadre du CT'Eau BVAR.

I. Les masses d'eau présentent sur le territoire du SMBVAR

La figure 1 présente l'état écologique des masses d'eau superficielles sur le territoire du SMBVAR.

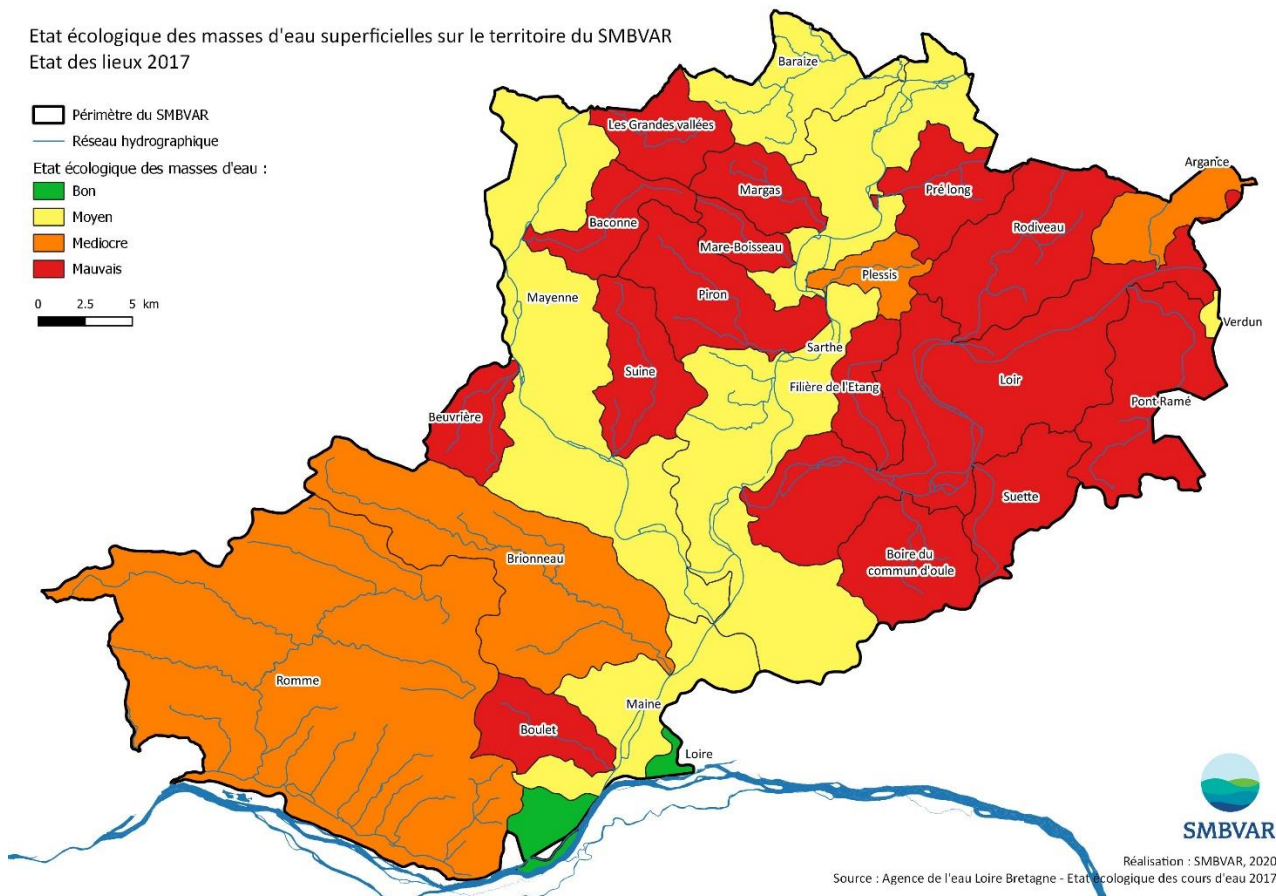


Figure 6. Carte des états écologiques des masses d'eau superficielles sur le territoire du SMBVAR en 2017.

La figure 1 indique que les eaux superficielles du bassin angevin sont dans un état écologique moyen à médiocre.

Les principales causes de ce mauvais état sont :

- La dégradation de la morphologie par : recalibrage des cours d'eau, perte de zones humides des cours d'eau (86 % des masses d'eau).
- Les dysfonctionnements hydrologiques : dégradation de l'état quantitatif des nappes, prélèvements d'eau, présence de plans d'eau, drainage des terres, imperméabilisation des sols, continuité écologique, perte de haies/talus, recalibrage des cours d'eau, perte de zones humides (86 % des masses d'eau).
- Les apports diffus de pesticides (86 % des masses d'eau).

II. Sites d'étude

Durant ce stage, neuf sites ont été suivis (Figure 2). Les états initiaux, les projets de restauration, le fonctionnement de ces sites sont très diversifiés ce qui amène à plusieurs protocoles. En effet, sur neuf sites, trois sont des marais, un est une île et cinq sont des boires. De plus, quatre stagiaires de différents

organismes (ville d'Angers, Maison de la rivière, Département, SMBVAR) ont réalisé les états initiaux (tableau 1).

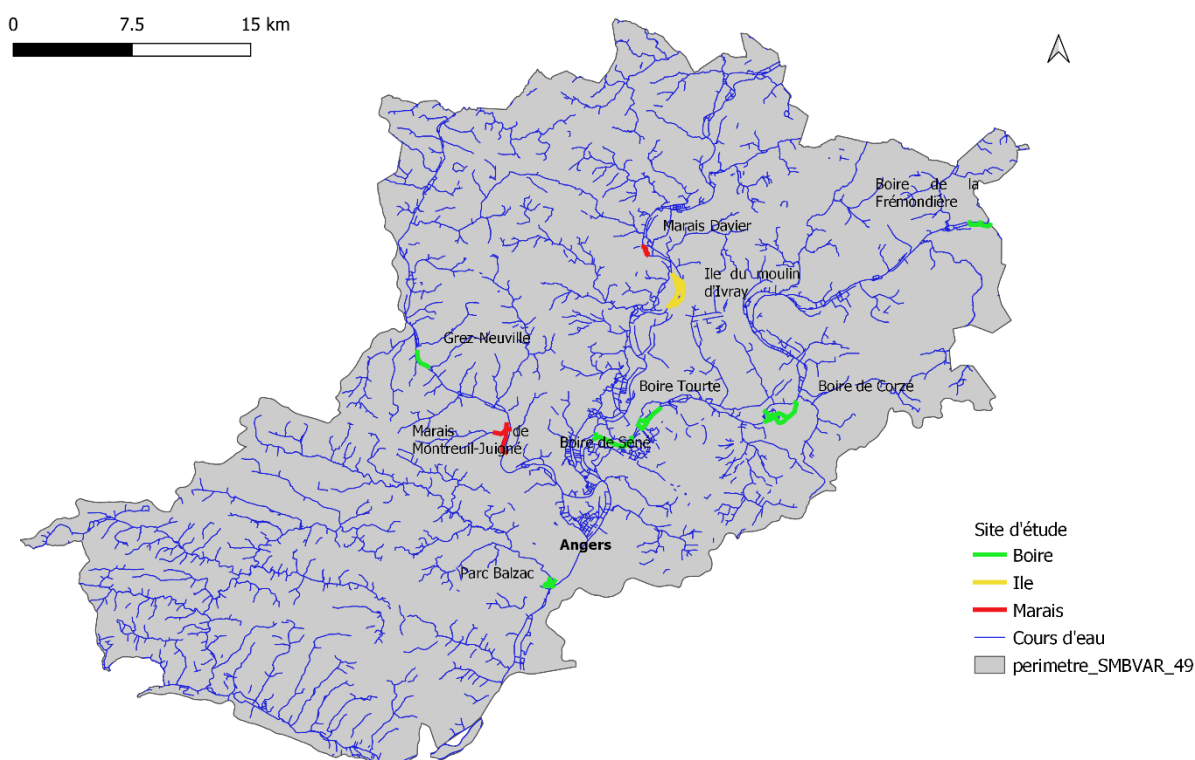


Figure 7. Carte avec la position des différents sites suivis durant l'année 2021.

Tableau 6. Présentation des sites étudiés avec les intervenants et la date des états initiaux.

Site	Longueur	Cours d'eau associé	Stagiaire	Année
Boire de Sené	2.55 km	Loir	Emma Yao	2017
Boire Tourte	2.5 km	Loir	Mathilde Fuentes	2018
Boire de Corzé	5 km	Loir	Emma Yao	2017
Boire de la Frémondrière	1.5 km	Loir	Thomas Day	2021
Boire du Parc Balzac	400 m	Maine	Emma Yao	2017
Frayère de Grez-Neuville	1 km	Mayenne	Emma Yao	2017
Marais de Montreuil Juigné	18 ha	Mayenne	Emma Yao	2017
Marais de Daviers	25 ha	Sarthe	Antoine Saget	2014/2017
Les îles du Moulin d'Ivray	46 ha	Sarthe	Alexis Pacaud	2014

III. Protocoles

La mise en place des protocoles a été initiée par Loger & Yao en 2017 et améliorée par Mathilde Fuentes en 2018. Les protocoles réalisés en 2017 sont détaillés en annexe 1 et concernent différents compartiments : flore, faune et le régime hydrique.

1. Flore

Un inventaire floristique inspiré du rapport technique du Conservatoire Botanique National de Brest (Delassus, 2015) permet, grâce à une approche phytosociologique de dresser l'état initial de la flore. L'échantillonnage est réalisé sur une végétation bien développée et doit être effectué durant des périodes optimales : mai, juin et juillet.

La technique d'échantillonnage consiste à réaliser des transects et identifier des formations végétales différentes mais homogènes appelées strates (Delassus, 2015). Ainsi sur un transect il peut y avoir un certain nombre de strates qui sont indépendantes les unes des autres.

L'identification des transects se fait après une visite générale du site. Deux à quatre transects sont établis selon la taille du site et la nature des travaux. La longueur d'un transect dépend de la diversité des formations végétales rencontrées (Loger & Yao, 2017). Les transects répondent à différents critères :

- Réaliser perpendiculaire au sens de l'écoulement de la boire.
- Représentatif de la végétation globale du site.

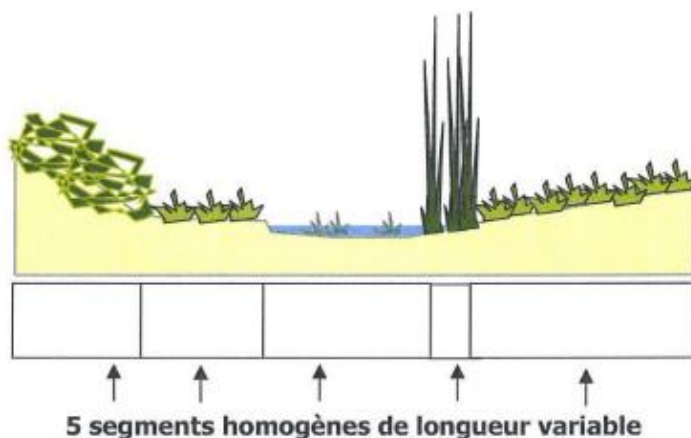


Figure 8. Délimitation de segments homogènes le long d'un transect (Leclerc 2011)

Une fois le transect positionné, un relevé est effectué sur chaque strate présente sur ledit transect. Un relevé est considéré comme représentatif s'il est effectué sur une surface au moins égale à l'aire minimale. En d'autres termes, une surface relativement grande pour accueillir la quasi-totalité des espèces présentes dans l'association. Afin de simplifier l'échantillonnage, il existe des ordres de grandeur de l'aire minimale suivant la formation végétale rencontrée (Rachid MEDDOUR, 2011).

Tableau 7. Ordres de grandeur des aires minimales pour les étendues spatiales. Source : Meddour, 2011.

Formations étendues spatialement	Etendues
Végétations annuelles de dalles rocheuses, des fissures de rochers	Quelques cm ²
Végétations flottantes de lentilles d'eau	10 cm ²
Prairies, les pelouses maigres ou de montagne, les végétations aquatiques, roselières, mégaphorbiaies	10 à 25 m ²
Communautés de mauvaises herbes, les végétations rudérales, celles des éboulis, des coupes forestières	25 à 100 m ²
Landes	100 à 200 m ²
Forêts	300 à 800 m ²
Formations à caractères moins linéaire	
Ourlets et lisières herbacées	10 à 20 m
Végétations herbacées ripuaires	10 à 50 m
Haies	30 à 50 m
Végétations des eaux courantes	30 à 100 m

Au sein d'un relevé, chaque espèce est identifiée et quantifiée selon un coefficient défini par l'échelle de Braun-Blanquet.

Afin de comparer les relevés et les transects avant et après travaux plusieurs indices sont développés :

Site

La richesse spécifique et l'abondance des espèces globales et indicatrices de zones humides défini suivant Lacroix et al. en 2009 sur chaque site.

Transect

Les indices d'Ellenberg concernant l'humidité (F) et l'azote (N) sont obtenus à l'aide de la banque de données Baseflore (Julve, 1998) et des indices de recouvrement de Braun-Blanquet des espèces (seulement celles dont le recouvrement est supérieure à 1). Un indice d'humidité et d'azote est obtenu suivant les formules suivantes, puis comparé au référentiel d'Ellenberg (donné en annexe 3).

$$\text{Humidité moyenne} = F(\text{relevé}) = \sum(F \cdot r) / \sum(r)$$

$$\text{Fertilité moyenne} = N(\text{relevé}) = \sum(N \cdot r) / \sum(r)$$

Avec F la valeur d'humidité, N la valeur d'azote du référentiel d'Ellenberg obtenu sur baseflore et r le recouvrement moyen.

Deux indices d'abondance sont aussi calculés : l'indice de diversité de Shannon H' et d'équitabilité de Piélou J'.

$$\text{Indice de Shannon} = H' = -\sum(P_i \cdot \log P_i)$$

Avec P_i la proportion de l'espèce : P_i = n_i/N ; n_i = nombre d'individus d'une espèce dans le relevé et N = nombre total d'individus dans le relevé.

$$\text{Indice de Piélou} = J' = H' / H_{\max}$$

Avec H_{max} = log S et S = nombre total d'espèces (richesse spécifique).

L'indice de Shannon dépend de la répartition des espèces. Si une seule espèce domine alors l'indice sera proche de 0. *A contrario*, si les espèces sont présentes en quantité égale alors H' est à son maximum. L'indice de Piélou restreint les valeurs entre 0 et 1 en prenant en compte la valeur de diversité maximale H_{max}. Lorsque J' approche de 0 cela indique qu'une espèce est dominante. Si J' approche de la valeur 1 alors l'abondance est équitable entre les espèces.

Les relevés

Les relevés sont étudiés à l'aide du logiciel JUICE (logiciel de gestion, d'analyse et de classification de données écologique). Cela permet entre autres de les regrouper par ressemblance d'indice d'Ellenberg. L'objectif est de comparer les relevés entre eux et de mettre en évidence des types d'habitats définis suivant le code Corine Biotope (Bissardon & Guibal, 1997). Ceci est réalisé grâce à l'outil TWINSpan « Two-way Indicator Species Analysis ». Enfin, une Analyse Détendancée des Correspondances (DCA) permet de mettre en évidence les résultats.

L'ensemble des états initiaux utilisés la méthode de Braun-Blanquet et le calcul d'Ellenberg afin d'évaluer la flore.

Trois sorties sont donc programmées en mai, juin et juillet afin de réaliser les mêmes transects. Certains sites comme la boire du Parc Balzac, ont des transects supplémentaires à la demande du syndicat.

2. Avifaune

Durant les états initiaux des différents sites, quatre méthodes sont réalisées : Prospection, I.P.A, I.P.A modifié et Méthode par quadrillage.

Prospection

A chaque sortie, l'ensemble des oiseaux observés ou entendus est noté afin d'en dresser un inventaire non exhaustif. Les sites concernés sont : Corzé, Sené, Tourte, Grez-Neuville, Parc Balzac et le marais de Montreuil-Juigné.

Cette méthode est réitérée sur les boires pour le suivi des travaux. Concernant le marais de Montreuil-Juigné, du fait de sa complexité et de son importance, la méthode des I.P.A est réalisée lors du suivi.

Protocole Indice Ponctuel d'Abondance (I.P.A)

La méthode des I.P.A est une méthode « relative » et permet de comparer les abondances relatives des espèces entre elles, suivant leurs habitats ou la temporalité. C'est une méthode, mise au point par Blondel, Ferry et Frochot dans les années 1970.

La méthode consiste à se placer à différentes positions appelées station ou point d'écoute et à rester immobile pendant 20 minutes. Les points d'écoute ne doivent pas se superposer et sont séparés sur une distance de 100 à 300 mètres (suivant l'habitat et les espèces ciblées). Durant le laps de temps, l'observateur prend en compte l'ensemble des individus contactés (vu et entendu). Enfin, un indice (I.P.A) est donné pour chaque espèce contactée (Tableau 3).

Tableau 8. Tableau des valeurs d'I.P.A suivant les différents contacts avec les individus de l'avifaune.

Contact	Valeur I.P.A
Oiseau vu ou entendant crient	0.5
Mâle chantant	1
Couple observé	1

Deux passages sont effectués l'un avant le 25 avril et un autre après le 25 avril. Une durée de quatre à six semaines doit être respectée entre les deux. Pour chaque espèce, c'est l'I.P.A le plus élevé qui fait office d'I.P.A final (par exemple : une mésange noire a un I.P.A de 4.5 le 10 avril et un I.P.A de 10 le 15 mai. L'I.P.A de la mésange noire est donc de 10 divisé par le nombre de point d'écoute) (Mourgaud, 1996). Enfin, il faut réaliser ce protocole suivant certaines conditions météorologiques : beau temps, pas de vent et compris dans une fenêtre de temps située entre 30 min et 4 heures après le lever du soleil. Le site de la boire de la Frémondrière et celui du marais de Montreuil-Juigné sont concernés par cette méthode.

Protocole Indice Ponctuel d'Abondance (I.P.A) 2014

Lors de l'état initial de 2014, l'observateur : Simon Logerais a effectué quelques changements sur la méthode proposée ci-dessus.

- Cinq minutes d'écoute au lieu de 20 minutes
 - Cinq passages effectués en février et juin, soit un par mois.
- De plus, dans un souci d'accessibilité au site, seulement une partie du site du marais de Davier a été échantillonnée (Figure 4). Dix points d'écoute ont été effectués en 2014, et onze points d'écoute sont effectués en 2021 (rajout d'un point au niveau de la connexion entre le marais et la boire).



Figure 9. Carte du protocole I.P.A réalisée par Simon LOGERAIS. Source : stage Antoine SAGET (2014-2017).

Méthode par quadrillage

Une méthode par quadrillage est décrite en annexe 5 présentant les îles du Moulin d'Ivray mais n'est pas détaillée dans ce rapport. Cependant, du fait de certains problèmes d'accessibilité au site, ce dernier n'a pas pu être analysé correctement..

Excepté pour le marais de Montreuil-Juigné, chaque site suivra la méthode effectuée lors de l'état initial (tableau 4). Le choix de faire un protocole « stricte » plutôt qu'une prospection permet de diminuer le facteur chance et d'améliorer la répétabilité de la méthode afin de comparer l'avant et l'après travaux.

Un point d'écoute supplémentaire est ajouté pour le marais Davier.

Tableau 9. Tableau récapitulatif des différents protocoles réalisés suivant les sites étudiés.

Sites	Etat initial	Suivi après travaux
Marais Davier	I.P.A (2014)	
Iles du Moulin d'Ivray	Méthode par quadrillage	
Boire de Sené Boire de Corzé Boire de Grez-Neuville	Prospection	
Marais Montreuil-Juigné	Prospection	I.P.A (2021)
Boire du Parc Balzac Boire Tourte	Prospection	
Boire de la Frémondrière	I.P.A (2021)	-

3. Mammifère terrestre

Les sites sont prospectés au cours des différentes sorties sur le terrain. La recherche d'habitat et d'indices sont privilégiés à celle de l'individu en lui-même.

4. Amphibien

L'inventaire des amphibiens n'a pas vocation à être exhaustif sur le nombre d'espèces mais seulement de noter la présence/absence d'individu afin de définir des mesures d'évitement.

Trois sorties sont prévues, dont une nocturne. Le protocole est décrit précisément en annexe 1 mais il a été réalisé à partir du protocole PoPAmphibien.

Etant donné que les suivis se font après les travaux, que l'expert était peu disponible et lors des états initiaux aucune espèce « importante » n'a été trouvée, le suivi a été plus laxiste dans l'objectif de se concentrer sur d'autres compartiments.

Trois passages prévus :

- Février/mars
- Mai/juin
- Juin/juillet

Le premier passage est difficile à mettre en place car le stage commence durant cette période, c'est pourquoi seuls deux passages ont été réalisés durant les états initiaux. De plus, le deuxième passage, se fait obligatoirement de nuit.

Les sites marais Davier et les îles du moulin d'Ivray n'ont pas bénéficié de suivi amphibien lors des états initiaux. Ce protocole a donc été ajouté lors des suivis après travaux.

5. Odonate

Pour ce taxon, deux sorties sont prévus afin de prospecter le site : une en juin et une autre en juillet. Pour chaque sortie, un appareil photo et un filet de capture sont nécessaires. L'observateur se doit de rester au minimum 30 minutes sur le site et durant des périodes météorologiques optimales (tableau 5).

Tableau 10. Conditions météorologiques idéales pour l'observation d'odonates (Source : SFO, non daté)

		Température		
		17°C	17°C-22°C	>22°C
Nébulosité	>3/4	Non	Oui	Oui
	<3/4	Oui	Oui	Oui
Pluie		Non	Non	Non
Force du vent	<4 Beaufort	Non	Oui	Oui
	4 Beaufort	Non	Oui exceptionnellement	
	>4 Beaufort	Non	Non	Non

Dans le cadre de suivi de restauration, la richesse spécifique suffit et une comparaison avant / après travaux est effectuée.

6. Relevés hydrologiques

Le suivi hydrologique permet de déterminer la hauteur d'eau, la température et l'oxygène dissous durant la période du stage. Les deux derniers paramètres sont essentiels à la dynamique des écosystèmes aquatiques et renseignent sur la qualité de ces derniers (Bunn and Arthington, 2002)

Les trois paramètres sont donc suivis tous les 15 jours sur des points préalablement choisis lors des états initiaux. De plus l'oxygène dissous peut varier fortement en fonction de la température, de la matière organique ou tout simplement des conditions météorologiques. C'est pourquoi les relevés sont effectués à la même heure (lorsque c'est possible).

Les points de relevés sont choisis par leur accessibilité et leur pertinence vis-à-vis du site. Par exemple sur une petite boire deux points peuvent être suffisant : une à l'amont et une à l'aval du site.

Méthode d'échantillonnage

L'échantillonnage se fait à l'aide de la sonde thermo Scientific Orion Star A223 avec un embout RDO/DO Meter. Un parcours initial est réalisé au début du stage et doit être respecté tout du long afin d'éviter d'éventuelles perturbations.

Analyse

L'analyse entre les différents points se fait i) au sein d'un même site et ii) du site avant et après travaux. Les différences entre les valeurs sont déterminées via les tests de Wilcoxon (= 2 points de prélèvement) et de Kruskal-Wallis (> 2 points de prélèvement). Les tests ont été effectués sur le logiciel R.

Les points de prélèvements sont les mêmes que lors des états initiaux, excepté pour le marais de Montreuil-Juigné où trois points ont été ajoutés afin d'évaluer l'efficacité du merlon.

Tableau 6. Récapitulatif du nombre de points de relevés suivant les sites. MJ = Montreuil-Juigné ; Cz = Corzé ; Tt = Tourte ; PB = Parc Balzac ; Sn = Sené ; Gn = Grez-Neuville ; MD = Marais de Davier ; MI = Moulin d'Ivray ; Fr = Frémondrière.

Site	MJ	Cz	Tt	PB	Sn	Gn	MD	MI	Fr
Nombre de points	7	5	3	2	2	2	-	-	5

IV. Chronologie

Ci-dessous (Figure 5), le schéma de la frise chronologique pour chaque protocole réalisé sur l'ensemble des sites

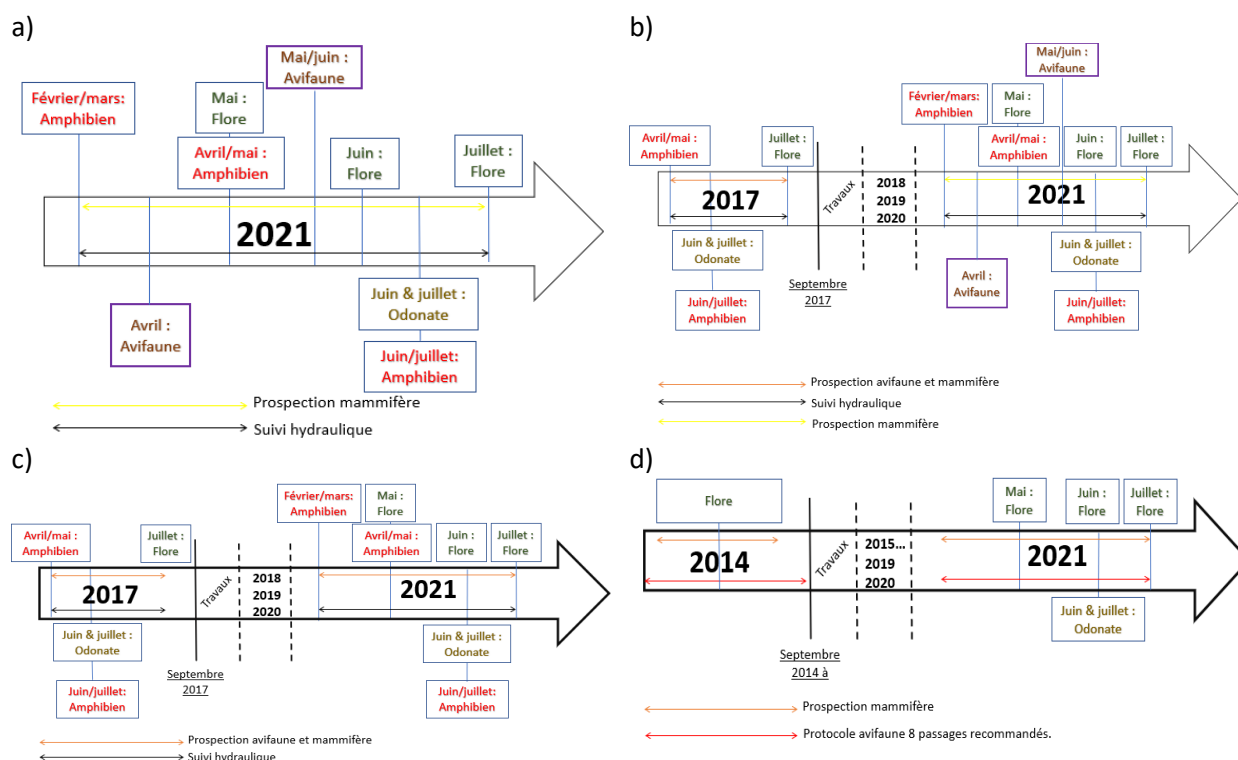


Figure 10. Schéma des protocoles effectués a) pour l'état initial de la boire de la Frémondrière, b) pour le marais de Montreuil-Juigné, c) pour les sites suivants : Sené, Tourte, Corzé, Grez-Neuville et d) pour les îles du moulin d'Ivray et le marais de Davier (il faut juste changer la prospection de huit fois à cinq fois).

Résultats

I. Contexte et climat

Avant de comparer les résultats, un aperçu du climat est nécessaire. Trois données ont été retenues : la pluviométrie, la température générale de l'air et le débit des grands cours d'eau. Concernant les deux premières données, elles sont issues du site infoclimat.fr et sont mesurées sur deux stations : Anger-Beaucouzé et Angers-Marcé. Pour la donnée du débit, elle est mesurée à différentes stations présentes au plus proche des sites étudiés (Tableau 7). Le débit est quant à lui obtenu sur le site : www.hydro.eaufrance.fr.

Tableau 7. Tableau des stations qui mesure le débit mensuel des grands cours d'eau (Maine, Mayenne, Sarthe et Loir). La distance des stations et des sites est annotée. Source : Hydro.eaufrance.fr.

Cours d'eau	Station	Localisation	Site étudié	Distance des sites
Maine	M4101990	Angers	Parc Balzac	<5km
Sarthe	M0680610	Saint Denis D'Anjou	Ile du Moulin d'Ivray	28
			Marais Davier	26
Mayenne	M3630910	Chambellay	Marais de Montreuil-Juigné	20
			Greze-Neuville	12
			Boire de Corzé	28
Loir	M1531610	Durtal	Boire Tourte	35
			Boire de Sené	40

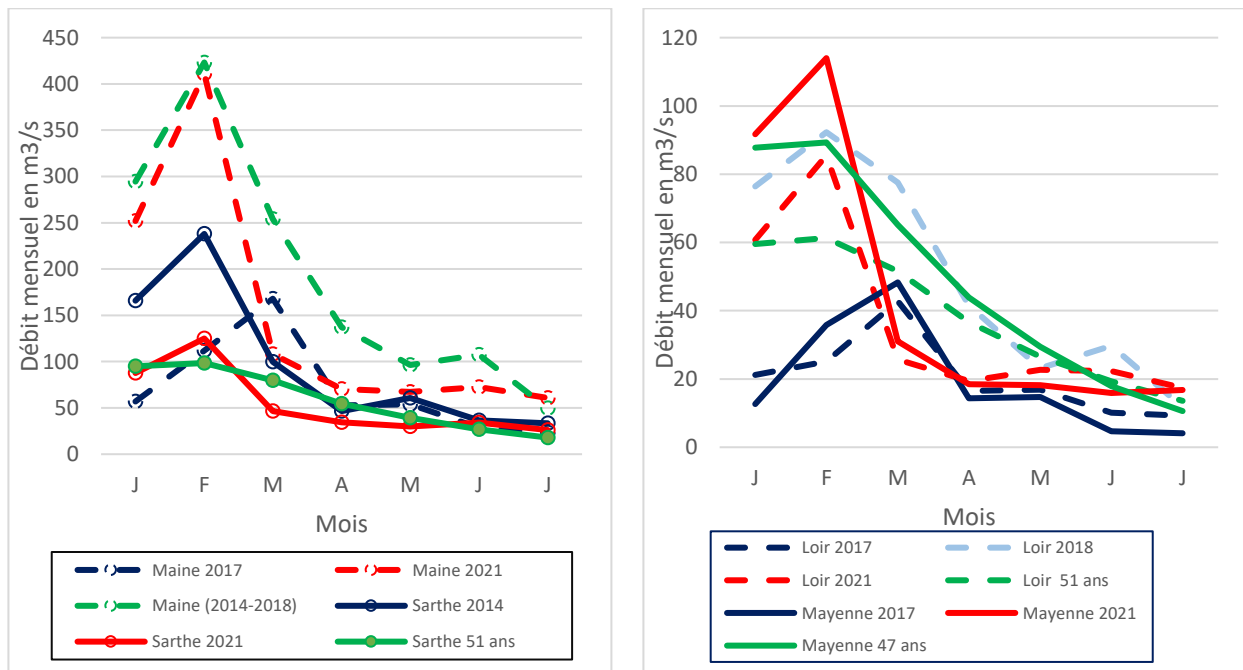


Figure 6. Débit des quatre rivières durant les années des suivis et la moyenne disponible sur le site hydro.eaufrance.fr pour les mois de janvier à juillet.

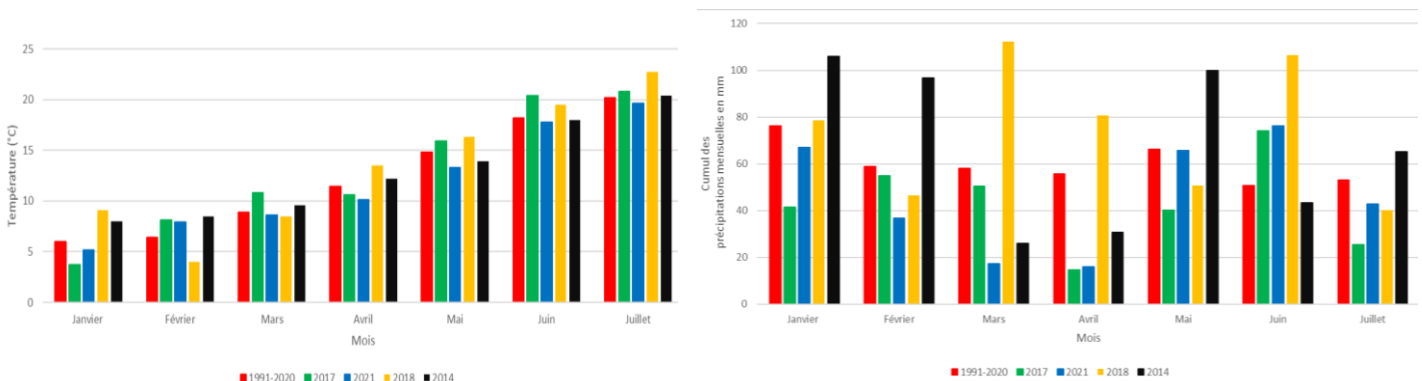


Figure 7. Graphique montrant les températures moyennes mensuelles en °C (à gauche) et le cumul des précipitations mensuelles en mm (à droite) à la station de Angers-Beaucouzé lors des suivis avant, après travaux et la moyenne 30 ans.

Les trois graphiques (Figure 6 et 7) mettent en lumière la difficulté de réitérer les mêmes protocoles dans des conditions similaires. En effet, même si la température semble être homogène, les précipitations sont très différentes d'une année sur l'autre. Exemple avec le mois de mars pour l'année 2018 et 2021, il y a un écart de 86 mm d'eau entre les deux années.

Les débits semblent indiquer une crue importante en janvier/février 2021, avec une baisse sévère en mars pour ensuite être légèrement supérieurs aux années des suivis initiaux (exception de la Sarthe qui semble se comporter normalement).

II. Travaux effectués

Le tableau 8 montre la liste des travaux effectués en 2018/2019 sur les sites étudiés.

Tableau 8. Travaux effectués sur les différents sites étudiés.

Site	Cours d'eau associé	Travaux généraux
Boire de Sené	Loir	Remplacement et aménagement de trois ouvrages.
Boire Tourte	Loir	Retrait des peupliers et clôturage de la boire.
Boire de Corzé	Loir	Curage ; Aménagement d'ouvrage ; Entretien de la ripisylve et retrait de la jussie.
Boire du Parc Balzac	Maine	Redimensionnement du lit et aménagement d'un pont cadre.
Frayère de Grez-Neuville	Mayenne	Création d'un exutoire ; Entretien de la ripisylve ; Réaménagement d'une passerelle pour piéton
Marais de Montreuil-Juigné	Mayenne	Création d'un merlon ; Clôturage du marais ; Retrait de la jussie ; changement de vannage.
Marais de Davier	Sarthe	Suppression de peupleraie ; Reconnexion du marais avec la boire
Les îles du Moulin d'Ivray	Sarthe	Suppression de peupleraie ; Entretien de la ripisylve. Terrain mis en pâture.

Au vue des travaux, certaines hypothèses peuvent être avancées :

- Pas de changement particulier : Boire de Sené.
- Changement de végétation : Parc Balzac, Montreuil-Juigné, Marais de Davier et les îles du moulin d'Ivray.
- Changement dans les relevés hydrologiques : Boire de Corzé, Grez-Neuville et plus généralement l'ensemble des sites.
- Changement de l'avifaune : Marais de Davier, Tourte, les îles du moulin d'Ivray.

Attention : Le marais Davier, le moulin d'Ivray sont des sites dont les états initiaux ont été réalisés en 2014 dans une autre structure. Des données ont été perdues notamment sur la flore. De même, Emma Yao en 2017, n'a pas mis l'emplacement précis de ces relevés floristiques et de ces transects. Pour être plus précis, les transects sont annotés sur des cartes mais elle n'a pas écrit à quoi correspondait tel ou tel transect (juste une énumération : transect A, transect B et sur la carte juste : Transect). C'est aussi le cas pour les relevés hydrologiques.

III. Relevés hydrologiques

La localisation des points est disponible en annexe 2.

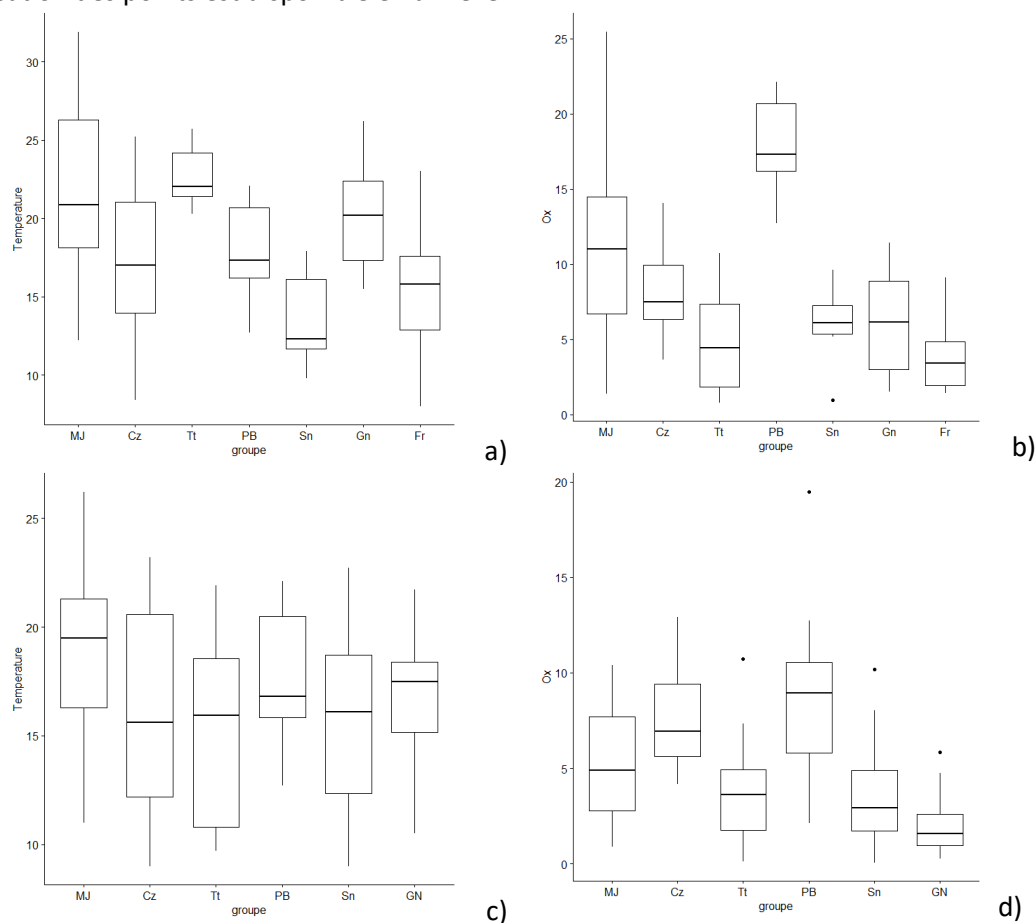


Figure 8. Boite à moustache des valeurs des relevés hydrologiques sur les sites étudiés. A) les valeurs de température avant travaux b) les valeurs d'oxygène avant travaux. c) et d) les valeurs respectives de la température et d'oxygène après travaux.

Avant travaux, la température semble avoisiner les 20°C avec un minimum situé sur la boire de Sené aux alentours de 12/13°C. Après travaux, la température semble généralement plus basse avec une tendance aux alentours de 17/18°C (Figure 8).

Concernant l'oxygène dissous une baisse de cette variable est observée sur les sites suivants : MJ (12>5) ; PB (17>9) ; Sn (7>4) et Gn (6>3). Seule la boire de Corzé semble conserver sa concentration en oxygène dissous avant et après travaux (environ 7mg/L)

Le tableau 9 se concentre sur les tests Willcoxon et Kruskal-wallis effectués au sein de chaque boire.

Tableau 9. Résultats des tests de willcoxon (Sené, Balzac et Grez-Neuville) et de Kruskal-wallis (Montreuil-Juigné, Corzé, Tourte, Frémondrière) sur les valeurs des relevés avant, après travaux et entre les deux.

	Test avant		Test après		Test total	
	T°C	Oxygène	T°C	Oxygène	T°C	Oxygène
MJ total	0.28	0.01	0.83	0.11	0.43	0.001
Corzé	0.54	0.06	0.83	0.10	0.83	0.04
Tourte	0.21	0.65	0.94	0.99	0.03	0.75
Balzac	0.32	0.32	0.76	0.66	0.75	0.001
Sené	0.34	0.31	0.06	0.55	0.56	0.07
Grez-Neuville	1.00	0.89	0.16	0.23	0.16	0.05
Frémondrière	0.04	0.04				

Dans un premier temps, lors d'une valeur d'un test inférieur à 5% cela indique que les points de relevés sont significativement différents entre eux. Une différence peut signifier que la continuité est rompue à cause d'une irrégularité du lit par exemple.

Ainsi, lors des tests effectués sur les valeurs avant travaux (tableau 9), un site est concerné par une différence significative au niveau de sa teneur en oxygène dissous entre les points. C'est le cas du marais de Montreuil-Juigné (0.01). Lors des tests après travaux, aucune différence significative est observée. La boire de la Frémondrière possède une différence en son sein au niveau de la température et de l'oxygène dissous (0.04).

IV. Phytosociologie

Au total ce sont 136 relevés qui ont été réalisés pour un total de 143 espèces. Au sein de ces espèces, 53 sont indicatrices des zones humides dans le département du Maine-et-Loire.

Le choix a été fait de ne pas reproduire à l'exactitude les anciens relevés. En effet, lorsque la communauté végétale variait grandement sur le transect, les relevés ont été plus conséquents (exemple avec la figure 9 qui montre un transect sur la boire du Parc Balzac). Cela a pour principale conséquence d'augmenter la surface prospectée.

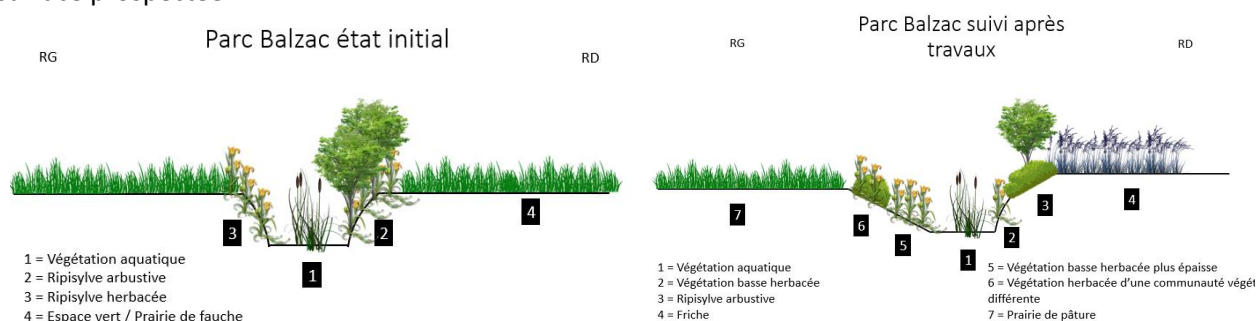


Figure 9. Schéma simplifié d'un transect réalisé au parc Balzac avant et après travaux.

Le choix expliqué ci-dessus, rend la comparaison plus complexe mais donne un meilleur aperçu de la végétation présente. Théoriquement, la flore de certains sites est plus impactée par les travaux (Parc Balzac, Marais Davier, Boire Tourte).

1. La richesse spécifique

La richesse spécifique est celle de l'ensemble des transects réalisés sur le site et la détermination des espèces indicatrices de zones humides s'est fait grâce à la publication de Lacroix et al. (2009).

Tableau 10. Espèces présentes et les espèces indicatrices des zones humides des différents sites étudiés. En rouge, ce sont les espèces contactées durant l'état après travaux et en noir les états initiaux. Fr = Frémondrière ; MJ = Marais de Montreuil-Juigné ; Cz = Corzé ; Sn = Sené ; Tt = Tourte ; Gn = Grez-Neuville ; MI = Moulin d'Ivray ; MD = Marais Davier ; PB = Parc Balzac.

	MJ aval	MJ amont	MJ total	Cz	Sn	Gn	PB	Tt	MD	MI	Fr
Espèce	26 39	20 22	34 49	39 41	35 28	35 48	29 54	54 43	42 38	29 29	44
ZH	14 23	10 7	18 25	17 20	17 17	18 19	12 19	24 24	14 10	5 5	15

Les résultats sont hétérogènes à travers les sites (tableau 10) et sont induits par les travaux effectués, l'observateur ou encore le climat. La richesse spécifique tend à montrer trois résultats :

- Le premier est une hausse des espèces généralistes et indicatrices des zones humides (MJ ; Gn ; PB ; Cz).
- Le deuxième est, au contraire, une baisse de la richesse spécifique globale et des espèces indicatrices de zone humide (MI, MD). Concernant les îles du Moulin d'Ivray, cela s'explique en grande partie par des transects non prospectés à cause de l'inaccessibilité du site.

- Le troisième est une baisse de la richesse spécifique globale mais le même nombre d'espèces indicatrices de zone humide (Sn et Tt).

2. Indices d'Ellenberg et d'abondance

Quatre indices ont été réalisés afin d'observer des différences avant et après travaux (tableau 11). Les relevés sont rassemblés suivant le lieu où ils ont été effectués. C'est-à-dire, que les relevés fait sur la berge seront comparés avec ceux de la berge, ceux réalisés dans le lit de la boire seront comparé à ceux effectués sur le lit de la boire etc. l'objectif dans cette démarche est d'éviter de perdre de l'information en comparant des milieux relativement différents.

Tableau 11. Présentation des indices d'azote (F), de nutriment (N), de Shannon (H') et Piélou (J') sur le site de Montreuil-Juigné (MJ) ; Corzé (Cz) ; Sené (Sn) ; Grez-Neuville (Gn) ; Parc Balzac (PB) et Tourte (Tt). Les sites du marais de Davier et des îles du Moulin d'Ivray ne sont pas représentés car il n'y a pas les informations sur les plantes (stage effectué en 2014). EC =Ecart-type.

	MJ			Cz			Sn			GN			PB				Tt		EC	
	Pr	B/M	Pl	Pr	B	L	Pr	B	L	Pr	B	L	Pr	B	L	Pl	B	L	Pr / B	Lit
F	6.55	8.30		7.15	7.60	10.90	6.00	7.80	7.70	7.65	8.65	9.30	6.58	10.50			7.48	9.47	0.80	1.25
	7.20	7.69	6.37	7.02	8.25	11.00	6.84	6.94	8.00	6.90	6.67	8.77	6.92	6.68	8.23	6.20	7.22	9.67	0.48	1.23
N	8.80	8.10		5.85	7.00	4.85	5.50	6.70	7.50	7.75	7.40	6.70	6.98	7.50			6.56	7.30	0.99	1.12
	6.45	7.89	7.67	6.60	5.80	7.50	6.90	6.26	7.65	6.87	6.83	7.57	6.96	6.53	8.00	6.93	6.80	5.50	0.36	0.99
H'	1.16	1.30		1.90	1.31	1.03	1.70	1.80	0.90	1.62	1.12	1.99	1.66	0.82			2.10	1.04	0.34	0.48
	0.98	1.32	1.26	1.26	1.40		1.58	1.45	0.46	1.07	0.61	0.79	1.61	1.44	0.56	1.77	1.74	0.70	0.35	0.15
J'	0.58	0.70		0.78	0.56	0.82	0.60	0.80	0.50	0.72	0.62	0.83	0.69	0.37			0.81	0.80	0.10	0.21
	0.51	0.65	0.69	0.56	0.66		0.70	0.63	0.35	0.60	0.37	0.63	0.69	0.65	0.80	0.83	0.70	0.54	0.11	0.19

Humidité

Le premier résultat logique montre que les espèces identifiées au sein du compartiment « Lit » ont un indice d'humidité plus élevé que les autres compartiments (moyenne de 9.35 pour le compartiment « lit » et 7.16 pour les compartiments « berge » et « prairie »).

Les indices entre les prairies et les berges sont relativement homogènes (écart-type de 0.8 pour les états initiaux (prairie et berge) et 0.5 pour les états après travaux). Cette homogénéité peut traduire une berge très faible en termes de variation de hauteur et peu différenciée de la prairie.

De manière générale, l'indice d'humidité reste stable pour la majorité des compartiments. L'indice se situe entre 6 et 8 pour les compartiments « prairie » et « berge », c'est-à-dire qu'il s'agit d'un sol constamment humide et bien aéré (Annexe 3). Concernant les états initiaux, le maximum est atteint à Grez-Neuville avec 8.65 (berge) et le minimum à Sené avec un indice de 6.00 (prairie). A noter toutefois que les indices qui tendent vers 9 (>8) sont indicateurs de site humide, souvent dans des eaux saturées et des sols mal aérés (Annexe 3) (berge de Corzé au suivi après travaux par exemple).

Le compartiment « lit » est un peu plus hétérogène avec des indices allant de 8 (Sn) à 11 (Cz).

Enfin la flore présente au sein du compartiment « plateau » a l'indice le plus bas au sein du site étudié MJ : 6.37< 7.20 et 7.69 et PB : 6.20 < 6.92, 6.68 et 8.23. Malgré tout, les indices indiquent des sols constamment humides.

Azote

L'azote est aussi homogène au sein des compartiments et des sites. Il se situe, pour l'ensemble des compartiments, aux alentours de 6-8. Il s'agit donc de plantes souvent trouvées dans des endroits fertiles (Annexe 3). Deux valeurs sont en dessous de la moyenne : 4.85 (Sn) et 5.5 (Tt) au sein du compartiment « lit ». Cela met en évidence un site à fertilité intermédiaire (Annexe 3).

Il y a une différence plus faible au sein des sites lors de l'état final que lors de l'état initial (0.36<0.99 ; 0.22<1.22).

Indice Shannon et Piélou

Les deux indices de biodiversité Shannon et Piélou sont plus faibles lors des états finaux que lors des états initiaux (Tableau 12).

Tableau 12. Moyenne des deux indices d'abondance pour les deux états (initial et final) suivant le compartiment "lit", "Prairie" et "berge". H' correspond à l'indice de Shannon et J' correspond à l'indice de Piélou. « Av tx » signifie Avant travaux et « Ap tx » signifie Après travaux.

		Pr/B	L
H'	Av Tx	1.45	1.24
	Ap Tx	1.23	0.65
J'	Av Tx	0.63	0.71
	Ap tx	0.57	0.51

La boire de Corzé ne possède pas d'indice de diversité pour son compartiment « lit » du fait que seule une espèce a été dénombrée sur un relevé.

Il n'y a pas eu de changement drastique concernant l'humidité, l'azote du sol ou des deux indices de diversité avant et après les travaux. L'humidité traduit un sol constamment humide et bien aéré pour les berges et les prairies. L'azote traduit un sol fertile. Enfin les deux indices d'abondance montrent une répartition relativement homogène avec la dominance de quelques espèces. Cette dominance est plus forte après travaux.

3. Les relevés et Corine Biotope

La figure 10 représente le résultat de la DCA réalisée à partir des relevés phytosociologiques. L'axe un représente l'humidité (DCA 1) et l'axe deux, les nutriments (DCA 4). Ainsi, neuf groupements ont été obtenus à partir du logiciel JUICE et ont été associés à des habitats de Corine Biotope. Le groupe 6 possède plusieurs habitats en son sein.

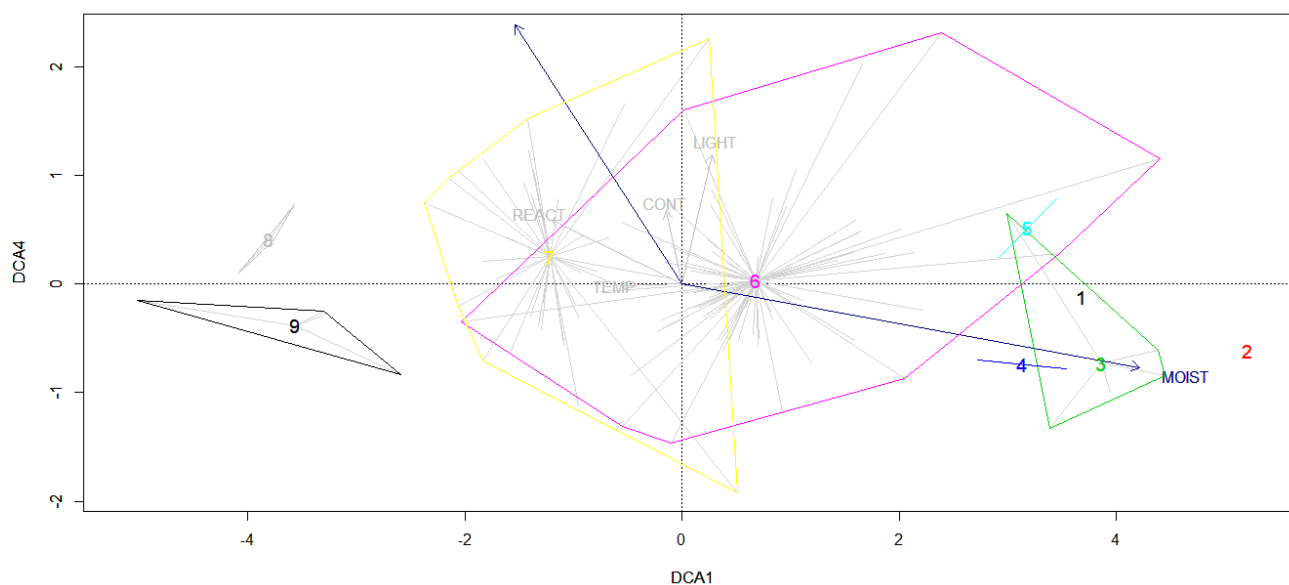


Figure 10. DCA des relevés floristiques effectués en 2021 pour les suivis après travaux. L'axe 1 correspond à l'humidité et l'axe deux correspond à la fertilité du sol.

Groupement 1, 2, 3, 4 et 5

Les groupements 1, 2, 3, 4 et 5 sont les plus humides et représentent des relevés effectués dans les boires ouvertes. Ce groupe correspondrait à un habitat de type « végétation immergée des rivières » (CB 22.4) : régions de lacs, d'étangs, de marais ou de canaux occupés par une végétation flottante ou constamment immergée.

Le groupe 1 dominé par *Lemna minor* serait donc une communauté de Lemnacées (CB : 22.411) (*Lemna*, *Spirodela*, *Wolffia*), de petites fougères (*Azolla* naturalisées) ou d'Hépatiques (*Riccia*, *Ricciocarpus*). Cet habitat se retrouve sur la boire de Grez-Neuville.

Le groupe 2 est un habitat de type « tapis flottant de végétaux à grandes feuilles » (CB : 22.431) dominé par des formations de plantes aquatiques enracinées à grandes feuilles flottantes, souvent accompagnées d'une strate d'espèces immergées (*Ceratophyllum*, *Myriophyllum*, *Potamogeton*) et, occasionnellement des *Utricularia* flottant librement. Ces formations sont caractéristiques des grands bassins d'eau permanents. Habitat trouvé à Corzé et à Tourte.

Les groupes 3 et 4 sont principalement dominés par de la jussie (*Ludwigia peploides*) et d'autres espèces tels *Lemna minor*, *ceratophyllum demersum* etc. Etant donné que *Ludwigia peploides* n'est pas déterminant pour le code Corine Biotope, le choix est fait de laisser les relevés en tant qu'habitat de type « végétation immergée des rivières (CB : 22.4). De même, le groupe 5 est principalement dominé par des algues vertes et est donc considéré comme les groupes 3 et 4. Ces habitats correspondent à des relevés présents sur le marais de Montreuil-Juigné, Corzé (algue), Sené, Tourte (algue), Grez-Neuville et le Parc balzac.

Groupe 6 et 7

Le groupe 6 et 7 correspond principalement aux relevés effectués sur les berges. Le groupe 6 semble être un amas d'habitats dont « Ourlet à riverain mixte », , « Végétation à *Glyceria maxima* », « Phragmitaie » et « Pâturage à grand jonc ». Le groupe 7 serait quant à lui un habitat « Bois de frênes et d'aulnes des rivières à eaux stagnantes ».

Le groupe 6 semble être un gradient d'habitats avec une grande majorité de relevés faisant partie de l'habitat (CB : 37.715) « Ourlet à riverain mixte ». Ce sont des formations, longeant les cours d'eau de plaine. Cet habitat est le plus répandu et est présent sur l'ensemble des sites étudiés.

Le groupe 6 semble aussi avoir des habitats plus spécifiques comme l'habitat « Végétation à *Glyceria maxima* » (CB : 53.15) présent sur le marais de Montreuil-Juigné. Ce sont des peuplements de *Glyceria maxima*, plutôt basses, constituant habituellement des bandes étroites dans ou le long de fossés ou de petits ruisseaux, souvent dans des systèmes prairiaux, exigeant une inondation relativement constante par des eaux eutrophes et avec une flore associée riche. Cet habitat est présent sur le marais de Montreuil-Juigné et la boire de la Frémondrière.

Un autre habitat spécifique est la « Phragmitaie » (CB : 53.11) présent sur le terrain en friche sur le site de la Frémondrière. Ce sont des roselières pauvres en espèces qui grandissent dans des eaux stagnantes ou à écoulement lent. Il existe aussi l'habitat « Pâturage à grand jonc » (CB : 37.241) présent sur la boire de Grez-Neuville (ce sont des colonies de joncs sur des pâtures intensément pâturées).

Enfin, le groupe 7 correspond à l'habitat « Bois de frênes et d'aulnes des rivières à eaux stagnantes » (CB : 44.332). Ce sont des formations de bois riverains d'*Alnus glutinosa* ou de *Fraxinus excelsior*, sur des sols eutrophes humides ou des terrasses alluviales, levées de terres et zones inondables des cours inférieurs des rivières des régions atlantiques ou sub-atlantiques des régions côtières occidentales du continent européen, avec *Salix cinerea* et *Urtica dioica*, souvent riches en hautes herbes. Cet habitat correspond à des relevés effectués sur le marais de Montreuil-Juigné, Grez-Neuville, Marais de Davier, Parc Balzac et les îles du moulin d'Ivray. Ils correspondent à des relevés effectués en haut des berges voire des prairies.

Groupe 8

Le groupe 8 se démarque du groupe 7, principalement par la présence de l'espèce invasive : *Robinia pseudoacacia*. Trois relevés sont concernés par cet habitat : deux sont présents sur le marais de Montreuil-Juigné et un sur le marais de Davier.

Groupe 9

Le groupe 9 correspond à des relevés réalisés en haut de berge avec une majorité d'arbuste comme *Prunus spinosa*, *Crataegus monogyna* mais aussi d'*Hedera helix*. Le groupe 9 correspondrait ainsi à l'habitat « Fourrés » (CB : 31.8). C'est une formations pré- et postforestières, la plupart du temps décidues, d'affinités atlantiques ou médio-européennes, caractéristiques de la zone de forêts de décidues, mais colonisant aussi des stations fraîches, humides ou perturbées de la zone forestière sempervirente méditerranéenne. Cet habitat est présent sur deux sites : la boire de la Frémondrière et Grez-Neuville.

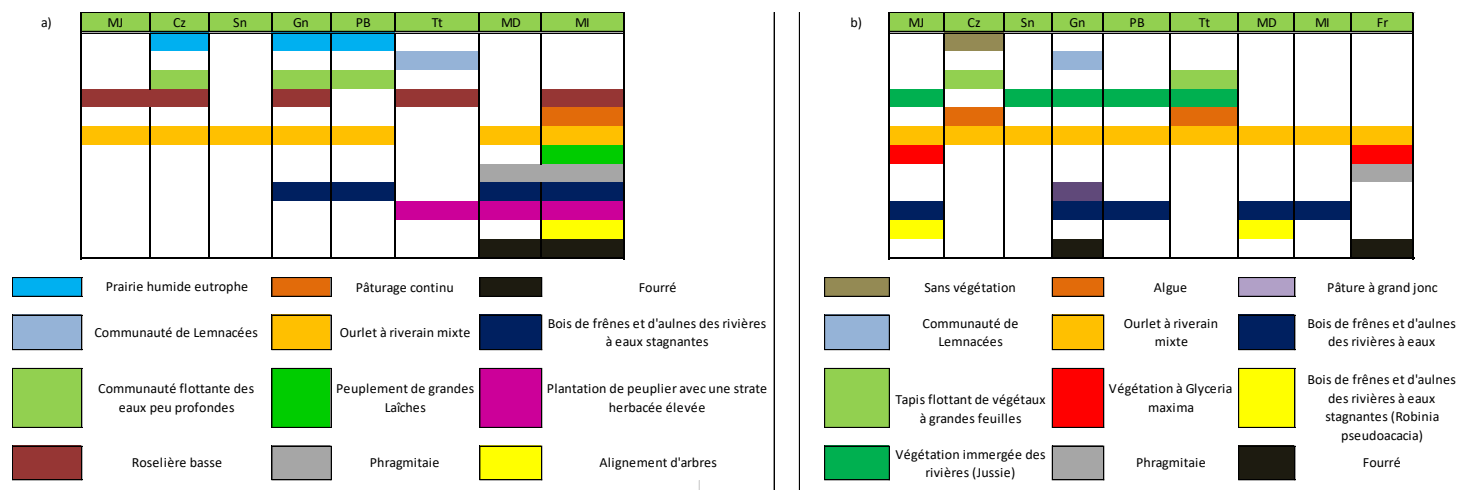


Figure 11. Schéma représentant les différents habitats lors des états initiaux (a) et finaux (b) sur le site de Montreuil-Juigné (MJ) ; Corzé (Cz) ; Sené (Sn) ; Grez-Neuville (Gn) ; Parc Balzac (PB), Tourte (Tt), Marais Davier (MD), Moulin d'Ivray (MI) et la boire de la Frémondrière (Fr).

Un tableau regroupant l'ensemble des relevés suivant les habitats est présent dans l'annexe 4. La figure 11 présente schématiquement les différents habitats retrouvés sur chaque site avant et après travaux. Le constat général montre une hausse de l'habitat « ourlet riverain mixte » au dépend des habitats de peupleraie pour la boire Tourte. L'habitat « ourlet riverain mixte » fait partie d'un grand ensemble désignant les prairies humides et est constitué entre autres des espèces : *Senecio fluviatilis*, *Calystegia sepium*, *Eupatorium cannabinum*, *Epilobium hirsutum*, *Sonchus palustris*, *Urtica dioica*.

V. Avifaune

Concernant l'avifaune, la prospection effectuée lors de l'état initial est sous-estimée comparé à celle effectuée après les travaux. Par exemple sur la boire de Corzé seul l'Aigrette est observée en 2017. De plus, la méthode des plans quadrillés pour les îles du Moulin d'Ivray n'a pas été réalisée entièrement à cause du soucis d'accessibilité. Ainsi, seul l'I.P.A du marais de Davier est présenté ci-dessous car c'était l'un des objectifs de la restauration du marais de Davier. Concernant les I.P.A de la boire de la Frémondrière et du marais de Montreuil-Juigné, ils sont disponibles en annexe 6.



Figure 12. Carte des espèces nicheuses sur le site du marais Davier. BC : Bouscarle de Cetti ; FaTN : Fauvette à Tête Noire ; FC : Faisan de Colchide ; FG : Fauvette grisette ; MC : Mésange charbonnière ; MN : Merle Noir ; MP : Martin pêcheur ; PdA : Pinson des arbres ; PR : Pigeon Ramier ; PV : Pouillot Véloce ; TM : Troglodyte mignon. Carte Thomas Day 2021.

Au total, ce sont 42 espèces observées (Tableau 13) dont 23 individus nicheurs répartis en 11 espèces présentes sur le site (Figure 11). Une grande majorité de ces individus sont des Pigeons ramiers (5) et des Troglodytes mignons (4).

En dehors des individus nicheurs, la présence du Bruant des roseaux, Râle des genêts et de la Cisticole des joncs indiquent que le milieu abrite une faune des prairies humides qui était l'enjeu majeur des travaux. Malgré le fait qu'aucune de ces espèces ne soit considérées comme nicheuse (erreur qui peut provenir de l'observateur), cela indique le potentiel de cette zone. Enfin, un couple de Martin pêcheur est observé à l'aval du site et de nombreux couples de Faisan de Colchide ont été repérés au cours des sorties.

1. Comparaison entre les deux états.

Espèces nicheuses

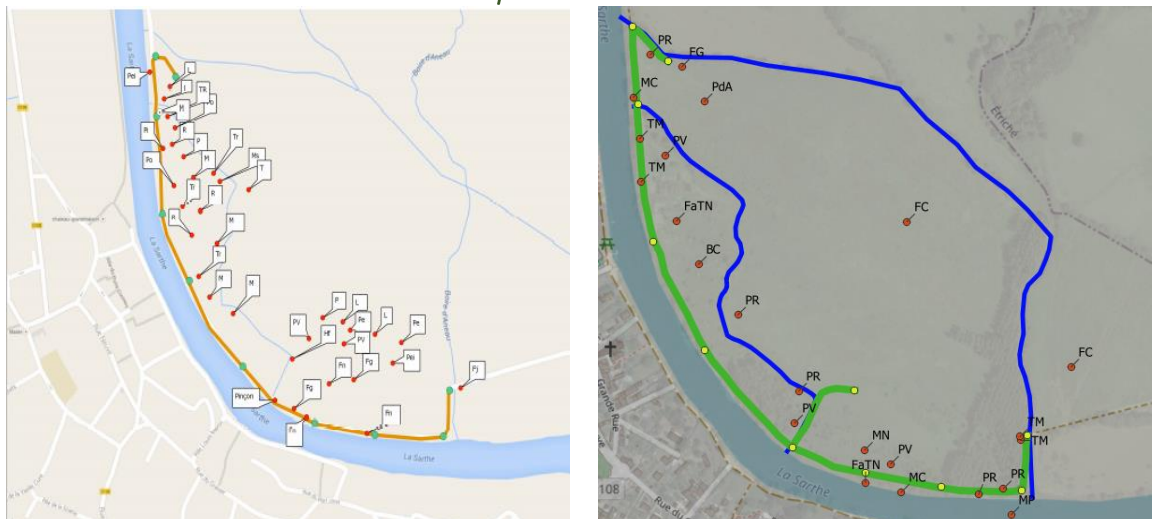


Figure 13. Carte des espèces présentes sur le site du marais de Davier. A gauche la carte réalisée en 2014 et à droite la carte réalisée en 2021.

Les cartes montrent une différence entre les deux états. Lors de l'état initial réalisé par Simon LOGERAIS, les espèces nicheuses semblent être réparties tout le long du chemin, avec une grande densité à l'amont et au coude de la boire. Les espèces avec le nombre d'individu nicheurs les plus élevées sont : le Lorient d'Europe et le Troglodyte mignon (4) ; la Fauvette à tête noire et le Rossignol philomèle (3). Le Lorient, le Troglodyte mignon et la Fauvette à tête noire sont des individus privilégiant les peupleraies (Mourgaud, 1996).

Cette densité ne se retrouve pas lors du suivi après travaux. En effet, les individus nicheurs semblent être moins présents et plus espacés (23<37). Au niveau du coude de la boire, aucune espèce nicheuse n'a été retrouvée malgré l'ajout d'un point d'écoute. Les espèces les plus présentes en tant que nicheuses sont : le Pigeon ramier (5) ; Troglodyte mignon (4) et le Pouillot véloce (3).

2. Présence / absence

Un tableau de présence / absence des espèces est réalisé entre les deux suivis (tableau 13). Grâce à la base de données de Storchová and Hořák, (2018) sur les milieux préférentiels de plus de 300 oiseaux d'Europe, l'avifaune du site a été classée. Pour une meilleure lecture, les milieux ont été réduit au nombre de trois :

- **Forêt** : regroupe les forêts de conifères et de décidues, bois, arbustes
- **Prairie humide** : regroupe les marais, prairies humides, lacs, mers, tourbières
- **Généraliste** : dès qu'un oiseau peut être présent dans les deux milieux et/ou s'il peut être présent en ville.

Tableau 13. Présence/absence de l'avifaune sur le site du marais Davier avant et après les travaux. Le milieu préférentiel est aussi annoté grâce à la base de données de Storchová and Hořák (2018).

Espèce	Milieu préféré d'après Storchová and Hořák (2018) et simplifié par Thomas Day	Etat initial	Etat final	Espèce	Milieu préféré d'après Storchová and Hořák (2018) et simplifié par Thomas Day	Etat initial	Etat final
Accenteur mouchet	Forêt	X		locustelle tachetée	Prairie humide		X
Aigrette garzette	prairie humide	X	X	Lorient d'Europe	Forêt	X	X
Bouscarle de Cetti	prairie humide		X	Martin pêcheur	prairie humide	X	X
Bruant des roseaux	prairie humide	X	X	Martinet noir	Général	X	X
Buse variable	Forêt	X	X	Merle noir	Général	X	X
Canard colvert	prairie humide	X	X	Mésange à longue queue	Forêt		X
Cisticole des joncs	prairie humide		X	Mésange bleue	Général	X	X
Cornelle noire	Général	X	X	Moineau domestique	Général	X	X
Coucou gris	Général		X	Mésange charbonnière	Général	X	X
Courlis cendré	prairie humide	X		Mouette rieuse	prairie humide	X	X
Cygne tuberculé	prairie humide		X	Pic épeiche	Général	X	X
Epervier d'Europe	Forêt	X		Pic épeichette	Forêt	X	
Etourneau sansonnet	Forêt	X	X	Pic vert	Forêt	X	X
Faisan de colchide	prairie humide	X	X	Pie bavarde	Général		X
Fauvette à tête noire	Forêt	X	X	Pigeon ramier	Général	X	X
Fauvette des jardins	Forêt	X	X	Pinson des arbres	Général	X	X
Fauvette grisette	Forêt	X	X	Pouillot fitis	Forêt	X	
Geai des chênes	Forêt	X	X	Pouillot véloce	Forêt	X	X
Grand cormoran	prairie humide		X	Râle des genêts	Prairie humide		X
Grande aigrette	prairie humide		X	Rossignol philomèle	Forêt	X	X
Grive musicienne	Général	X	X	Rougegorge familier	Forêt		X
Héron cendré	prairie humide	X	X	Sterne naine	prairie humide		X
Hirondelle rustique	Général	X	X	Sterne pierregarin	prairie humide	X	
Huppe fasciée	prairie humide	X		Tourterelle des bois	Forêt	X	
Hypolaïs polyglotte	Forêt		X	Troglodyte mignon	Forêt	X	X
Richesse spécifique		37	42	Espèce prairie humide		10	15
Espèce boisée		16	14	Espèce généraliste		11	13

Le nombre d'individu des prairies humides augmente de 50% entre les deux états.

VI. Odonate

Deux sorties ont été effectuées afin de réaliser une liste non exhaustive des odonates présents sur chaque site. Les îles du Moulin d'Ivray n'ont pas été prospectées à cause de l'inaccessibilité du site.

Tableau 14. Présence des odonates au sein de chaque site d'étude avant et après travaux. Cz =Corzé ; Sn = Sené ; Gn = Grez-Neuville ; Mj = Montreuil-Juigné ; Md = Marais de Davier ; fr = Frémondrière ; Bz = Balzac.

Etat initial									Suivi après travaux								
	Cz	Sn	Tt	Gn	Mj	Md	Fr	Bz		Cz	Sn	Tt	Gn	Mj	Md	Fr	Bz
Aeshna affinis	X			X	X			X	Aeshna affinis	X	X		X	X			
anax imperator			X				X		anax imperator	X		X			X		X
Calopteryx splendens	X	X					X		Calopteryx splendens	X	X	X	X	X	X		X
Chalcolestes viridis	X	X			X		X		Calopteryx virgo virgo		X						
Coenagrion puella							X		Chalcolestes viridis		X	X	X				
Erythromma lindenii	X						X	X	Coenagrion mercuriale					X			
Gomphidae sp.			X						Coenagrion puella	X							
Ishnura elegans		X	X	X	X		X	X	Erythromma lindenii	X	X	X		X			X
Lestes barbarus			X				X		Erythromma viridulum	X		X					
Lestes dryas			X						Ishnura elegans	X	X	X	X	X	X		X
Libellula fulva	X								Lestes barbarus			X					
Liibellula depressa	X								Libellula fulva			X			X		
Onychogomphus f. forcipatus		X							Libellula quadrimaculata					X			
Orthetrum albistylum			X		X				Liibellula depressa	X			X				
Orthetrum cancellatum			X				X		Orthetrum albistylum				X				
Platycnemis latipes							X		Orthetrum brunneum		X						
Platycnemis pennipes	X	X		X	X		X	X	Orthetrum cancellatum	X		X	X	X			X
Sympetrum sanguineum	X	X	X	X	X		X	X	Platycnemis latipes	X	X		X				
Sympetrum striolatum					X				Platycnemis pennipes	X	X	X	X	X	X		X
Richesse spécifique	8	6	8	4	7	0	11	5	Sympetrum sanguineum	X	X	X	X	X	X		X
									Sympetrum striolatum					X	X		
									Sympecma fusca					X			X
									Richesse spécifique	12	10	11	9	12	6	0	8

Les prospections montrent une augmentation globale de la richesse spécifique avant et après travaux (8<12 ; 6<10 ; 8<11 ; 4<9 ; 7<12 ; 5<8). Cependant, aucune espèce protégée n'a été trouvée lors du suivi après restauration. Enfin, lors de l'état initial l'espèce *Onychogomphus f.forcipatus* a été trouvée au sein de la boire de Sené mais n'a pas été retrouvée lors du suivi après restauration.

VII. Mammifère terrestre

Les traces de mammifère terrestre se sont cantonnées aux traces de Chevreuil, Lièvre et Sanglier, exception faite sur la boire de Corzé où des traces de Castor d'Europe ont été observées. Le Castor est une espèce protégée en France et présente sur le Loir.

La présence de l'Ecrevisse de Louisiane et du Ragondin sont aussi observées sur l'ensemble des sites excepté sur le site de la Frémondrière. Ces deux espèces sont classées comme étant des espèces invasives et donc dangereuses pour la biodiversité.

VIII. Amphibien

Quatre espèces d'amphibiens ont été contactées lors des prospections. Cependant cette liste est non exhaustive. En effet, le climat a perturbé les dates de sortie et peu d'espèces ont été trouvées. Les deux espèces de *Pelophylax* ont surtout été entendues durant les sorties de jours. Quant à *Rana dalmatina* ce sont ses pontes qui ont permis de justifier sa présence.

Tableau 15. Liste des espèces d'amphibiens rencontrées durant les prospections de 2021.

	<i>Pelophylax ridibundus</i>	<i>Pelophylax esculentus</i>	<i>Rana dalmatina</i>	<i>Rana temporaria</i>
Boire de Sené	X	X	X	
Boire Tourte	X	X		X
Boire de Corzé	X	X	X	
Boire du Parc Balzac	X	X		
Frayère de Grez-Neuville	X	X		
Marais de Montreuil-Juigné	X	X		
Marais de Davier				
Les îles du Moulin d'Ivray				
Frémondrière*	X	X		

Discussion

I. Critique des travaux

Les travaux ont été de nature différente au sein des sites étudiés, ainsi les attendus ne sont pas les mêmes. De plus, réaliser un suivi après trois ans peut sembler prématuré pour certains sites. D'autres résultats peuvent être observables bien des années après les travaux (Baudry, 2002).

Dans tous les cas, le tableau 16 résume les conséquences qu'ont eu les travaux trois ans après sur les sites étudiés. Ces conséquences sont appréciés selon l'observateur.

Tableau 16. Synthèse des résultats obtenus d'après les suivis effectués avant et après travaux. Les appréciations sont subjectives et dépendent de l'observateur.

	Flore				Faune				Abiotique		Travaux		
	Richesse spécifique	Indice d'Ellenberg	Jussie	Corine biotope	Avifaune	Mammifère terrestre	Amphibien	Odonate	T°C	Oxygène			
Sené											non validé		
Corzé												Validé	
Tourte												Validé	
Marais de Montreuil-Juigné												Non validé	
Grez-Neuville											Non validé		
Parc Balzac													Semi-validé
Marais Davier													Validé
Moulin d'Ivray											Pas de données		

Conséquence inattendue

Aucun changement

Forte amélioration de l'indice

Conséquence indirecte

Faible amélioration de l'indice

Pas assez de données

Faible diminution de l'indice

Amélioration de l'indice

La jussie, déjà présente sur le site avant travaux, s'est développée au sein de la boire de Sené, le marais de Montreuil-Juigné et la boire de Grez-Neuville. Ce développement n'est pas forcément dû aux travaux mais étant donné que cela perturbe l'écoulement, les travaux n'ont pas été validés.

Enfin, la présence de l'Inule d'Angleterre est avérée pour les sites suivant : Parc Balzac et Tourte.

1. Travaux dont les objectifs non pas été atteint

La boire de Sené, le marais de Montreuil-Juigné et la boire de Grez-Neuville n'ont pas atteints leurs objectifs respectifs, à cause notamment de la hausse de l'abondance de la jussie qui entraîne une perturbation de l'écoulement.

Concernant le marais amont de Montreuil-Juigné, le merlon mis en place n'est pas assez grand pour dévier pleinement le ruisseau Fontaine. Ce qui a pour conséquence une stagnation de l'eau dans le marais et donc un comblement de l'exutoire.

De même, les exutoires de la frayère de Grez-Neuville sont rapidement émergés ce qui a pour conséquence le développement de la jussie mais aussi des lentilles d'eau au sein du lit. Ce développement, notamment de la jussie a pour effet indirect de diminuer la concentration en oxygène dissous dans l'eau, observable sur la boire de Sené (figure 14), la frayère de Grez-Neuville ou encore la boire du parc Balzac (cf. paragraphe ci-dessous).



Figure 14. Photo de la boire de Sené. Photo prise par Thomas Day le 15/07/2021 au niveau du coude la boire.

2. Travaux dont une partie des objectifs ont été atteints

Le redimensionnement de la berge a permis l'essor de plusieurs communautés végétales permettant d'atteindre l'un des objectifs voulus. Cependant, l'abondance de la jussie est devenue tellement importante que la continuité écologique en est perturbée. Les efforts d'arrachage manuelle de cette dernière ne donnent, pour l'instant, pas d'effet positif durable.

3. Travaux dont les objectifs ont été atteints

Trois sites semblent avoir atteint leurs objectifs, la boire Tourte, la boire de Corzé et le marais Davier.

Concernant la boire Tourte, malgré le fait que la richesse spécifique ait baissé, l'habitat « peupleraie » a laissé place à l'habitat « Ourlet riverain mixte » qui est un habitat des prairies humides. Ce changement aurait pu se traduire par un changement de la communauté d'avifaune s'il avait été fait lors de l'état initial. Toutefois, la présence du Bruant jaune, Bruant proyer, Héron cendré et des canards colverts suggère une avifaune spécialisée des milieux humides. Enfin, l'irrégularité du lit semble avoir disparue car la hauteur de l'eau reste stable de même que sa température tout au long des six mois de suivi. Température qui est beaucoup plus basse que lors de l'état initial.

La continuité écologique semble aussi rétablie comme le montre la concentration en oxygène dissous qui est homogène au sein de la boire de Corzé, de même que la hauteur de l'eau. Enfin, la présence de traces de Castors à l'amont de la boire couplée à la très bonne gestion de la jussie permet de valider les travaux effectués sur la boire.

Concernant le marais de Davier, l'avifaune se modifie avec des oiseaux privilégiant les milieux humides et délaissant les milieux boisés. De plus, malgré le fait que la richesse spécifique de la flore ait diminué, il faut prendre en considération le temps de formation du milieu, ce dernier est en phase de transition (Baudry 2002).

4. La boire de la Frémondrière

Le site de la boire de la Frémondrière est un milieu fermé, avec une irrégularité au niveau du lit comme le montre la hauteur de l'eau (des endroits assecs en juillet). L'exutoire est encombré (Figure 16) et une stagnation de l'eau est observée à l'endroit du rejet de la station d'épuration (Figure 15).

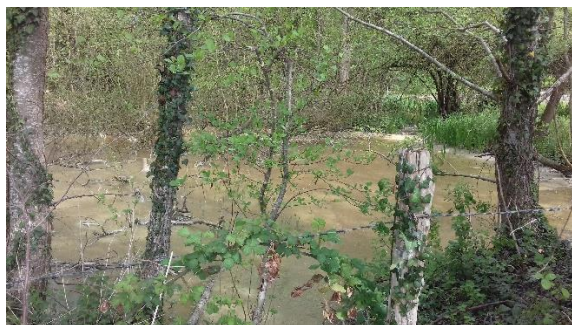


Figure 15. Photo d'une mare juste après le rejet de la station d'épuration. Photo prise par Thomas Day le 26/04/2021.



Figure 16. Photo de l'exutoire. Photo prise par Thomas Day le 26/04/2021 sur la boire de la Frémondrière.

II. Proposition d'amélioration des travaux

Certains aménagement peuvent être pris en compte vis-à-vis des sites étudiés :

Marais de Montreuil-Juigné : l'idéal serait d'augmenter la hauteur du merlon afin qu'il fasse pleinement effet. Cependant, les agriculteurs sont contre cette solution qui inonderait leurs terrains. Concernant l'exutoire, le fait que les vaches passent à son niveau (cf. figure 17), peut potentiellement obstruer le passage de l'eau en créant une « barrière ». Le clôturage pourrait se faire des deux côtés du marais amont.

Boire de Grez-Neuville : la végétation présente dans les exutoires obstrue ces derniers, empêchant l'eau de circuler. Une des solutions serait de retirer cette végétation et de créer un passage à gué avec des pierres pour éviter que le bétail modifie le linéaire de l'exutoire. Cependant cette solution ne semble pas être durable car la végétation risque de repousser, obligeant à répéter ces travaux. Un autre cas de figure serait que la jussie se répande en dehors de la frayère. Une des solutions avancées par le syndicat est de créer un ombrage afin de réduire l'influence de la jussie.



Figure 17. Photo de l'exutoire du marais de Montreuil-Juigné amont. Photo prise le 29/04/2021 par Thomas Day

En fin de compte, la jussie est le problème majeur des annexes hydrauliques au niveau de la Loire et de ses influences (Ruau, 2009). En plus de rentrer en compétition avec d'autres espèces, la jussie perturbe les facteurs abiotiques nécessaires à la biodiversité. Dans les sites étudiés, cette perturbation se traduit par une baisse de l'oxygène dissous.

Pour le moment aucune solution viable n'a été trouvée. Les cas de réussites vis-à-vis de cette plante envahissante dépendent des conditions de chaque site et du degré d'investissement des acteurs (delbart et al., 2012). Ouvrir un milieu comme il a été fait pour certains sites, peut engendrer une prolifération de la jussie qui va trouver des conditions favorables à son développement. Des stations témoins sont nécessaires afin de valider cette hypothèse. Ainsi, une des solutions préconisée est la surveillance et la prise en charge précoce du développement de cette plante.

III. Critique de la méthode

Les deux stages de suivis (état initial et final) ont été réalisés par deux observateurs. Le biais induit par ce changement est certainement le plus important (dû à l'effort d'échantillonnage notamment). Cependant, les budgets actuels ne permettent pas d'employer une personne à temps plein ou de déléguer cette charge à des associations.

Dans un second temps, le suivi après travaux est effectué seulement trois ans après le suivi initial et ne sera pas reconduit ultérieurement. Idéalement un suivi tous les deux ans sur une échelle de 10 ans est recommandé (Forum des marais atlantique, 2015, Besnard & Salles, 2010) mais est financièrement impossible (concernant le SMBVAR) à mettre en place sur ce genre d'opération. Ainsi, certains sites étudiés dans ce rapport n'ont pas encore atteint leur état final et sont en période de transition (Marais Davier).

Concernant les protocoles en eux-mêmes, la faune est un compartiment plus sensible à l'observateur que la flore. En effet, différents facteurs externes (météo, luminosité, horaire, etc.) et internes (concentration, connaissance, etc.) peuvent influencer sur les résultats et par conséquent sur le suivi (Besnard & Salles, 2010). De plus, en augmentant les compartiments (oiseau, insecte, mammifère, poisson, chiroptère, amphibien etc.) cela augmente la charge de l'observateur, de ses connaissances nécessaires et ainsi peut influencer les résultats indirectement. Dans le cas de ce stage, le suivi amphibien n'a pas nécessité un réel effort d'échantillonnage notamment à cause du peu de connaissance de l'observateur et du manque de temps du spécialiste.

La phytosociologie semble être un bon compromis pour l'étude de la végétation en restauration (Gallet et al. 2010). De plus, la flore est un bon indicateur de suivi et apporte de nombreuses indications sur le milieu (fertilité, humidité, habitat, diversité etc.).

IV. Retour sur la méthodologie

La méthodologie proposée par Emma Yao en 2017 est suffisamment complète afin de suivre un site en englobant les différents compartiments. Cependant, peut être que certains ajustements seraient envisageables.

- Les prospections : la rigueur de ces dernières dépend énormément de l'observateur. En proposant, un protocole comme un I.P.A pour l'avifaune, cela réduit le biais induit par l'observateur.
- La flore : en 2021, les transects ont été les mêmes que ceux effectués en 2017, mais ajouter d'autres transects après travaux peut être pertinent. En effet, lors de l'état initial l'observateur détermine par exemple deux cortèges floristiques différents au sein du site. Après travaux, le nombre de cortège floristique peut augmenter, et donc le nombre de transects doit être plus conséquent.
- Organisation :
 - En 2017, Yao Emma n'a pas indiqué où ont été réalisés les relevés mais seulement les indications suivantes : transect A, transect B etc. Cela rend la comparaison plus difficile.
 - Le fait de rassembler l'ensemble des données créées par les stagiaires puis de les mettre à disposition des nouveaux stagiaires permet une simplification de la mise en place lors des arrivés en février/mars.
 - Proposer à la fac d'Angers (Master zone humide) de réaliser le suivi amphibien dans l'objectif d'effectuer la prospection de février/mars.
 - Enfin, un site témoin pourrait être choisi afin de pouvoir comparer les états des différents sites dès l'état initial.

Conclusion et perspectives

I. Conclusion

L'objectif général des travaux effectués était d'ouvrir le milieu afin d'améliorer les fonctions des boires (hydraulique, biologique et épuratrice). Les protocoles mis en place en 2017 et réitérés en 2021 ont permis d'étudier sommairement cette évolution. Cependant, ce que le syndicat ne s'attendait pas à voir était le développement de la jussie qui a réduit, voire atténué la qualité des travaux effectués (Parc Balzac, Sené, Montreuil-Juigné). Sans station témoin, la relation entre les travaux et le développement de la jussie n'est pas établie.

La boire de Corzé est un exemple de gestion concernant les travaux de restauration. En effet, après ces derniers la commune a continué à travailler sur le site, notamment en faisant des campagnes annuelles d'arrachage de jussie qui a permis la disparition cette dernière. A noter toutefois que la boire de Corzé est une boire courante, c'est-à-dire qu'elle évite un barrage et donc qu'elle possède un certain débit. Débit qui empêche naturellement la jussie de se développer.

Enfin, les bénéfices des travaux effectués sur le marais de Davier et les îles du moulin d'Ivray sont encore peu visibles. Il semblerait que trois ans soit une période trop courte pour juger des effets d'un changement de milieu (bien que des changements soient observables comme l'avifaune).

II. Perspectives

Des nouveaux états initiaux ont été réalisés pour certains sites présents dans le Contrat territorial de 2021-2023. Sur ces états initiaux, de nouveaux protocoles sont appliqués qui semble amoindrir l'impact des observateurs. De plus, la LPO va suivre certains compartiments comme l'avifaune ou la prospection de certains mammifères terrestres, ce qui va permettre d'avoir une meilleure robustesse concernant les suivis. Cependant, le climat risque de varier de plus en plus, rendant les suivis plus difficiles à interpréter d'une année sur l'autre. Deux solutions sont possibles, dans un premier temps, réaliser un suivi plus régulièrement mais cela demande un certain budget. A moindre coût, l'idée d'une station témoin qui est recommandée lors de la mise en place des protocoles (Forum des marais atlantique, 2015, Besnard & Salles, 2010), pourrait pallier le biais « climat ». Il est néanmoins difficile de trouver une station témoin au vue de i) l'état des masses d'eau, ii) de la variation temporelle des sites et iii) du fait que chaque boire soit particulière.

Bibliographie

Baudry, J., 2002. Les échelles d'espace et de temps en écologie de la restauration. Rev. Ecol. (Terre Vie), supplément 9.

Besnard, A. & Salles J.M., 2010. Suivi scientifique d'espèces animales. Aspects méthodologiques essentiels pour l'élaboration de protocoles de suivis. Note méthodologique à l'usage des gestionnaires de sites Natura 2000. Rapport DREAL PACA, pôle Natura 2000. 62 pages.

Blondel J., Ferry C. & Frochot B., 1970. La méthode des indices ponctuels d'abondance (IPA) ou des relevés d'avifaune par « station d'écoute ». Alauda 38: 55-71.

Bunn, S.E., Arthington, A.H., 2002. Basic Principles and Ecological Consequences of Altered Flow Regimes for Aquatic Biodiversity. Environmental Management 30, 492–507.

Bissardon, M., Guibal, L., 1997. Corine Biotope Version originale Types d'habitats français. ENGREF. P.175.

DELASSUS L., 2015 - Guide de terrain pour la réalisation des relevés phytosociologiques. Brest : Conservatoire botanique national de Brest, 25 p., annexes (document technique).

Delbart, E., Mahy G., Monty A., 2013. Efficacité des méthodes de lutte contre le développement de cinq espèces de plantes invasives amphibies : *Crassula helmsii*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Ludwigia grandiflora*, *Ludwigia peploides* et *Myriophyllum aquaticum* (synthèse bibliographique). Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2013 17(1). p. 88-103.

Dejaifve, P-A, 2003. Qualité de l'eau dans les bras morts de la Réserve Naturelle du Val d'Allier. LPO & ONF. P.56

Forum des Marais Atlantiques, 2015. Mallette d'indicateurs de travaux et de suivis en zones humides. Agence de l'eau Loire-Bretagne et Conseil régional des Pays de la Loire, 189 pages.

Gallet S., Bioret F., Fichaut B., Sawtschuk J., 2010. La phytosociologie, outil pertinent pour le suivi de la restauration écologique ? Rev. For. LXII. 3-4.

Grimault, Hubert, Le Bihan, May, Mevel, Pecheux & Seguy, version provisoire, Août 2018. Aide à l'élaboration d'un programme pour le suivi des travaux de restauration de cours d'eau (continuité et hydromorphologie) : Guide à l'usage des gestionnaires de milieux aquatiques. Rapport de l'Agence Française pour la Biodiversité, Direction Interrégionale Bretagne, Pays de la Loire, 47 pages

Julve, Ph., 1998 ff. Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la Flore de France. Version 2020.

Loger L, Yao E. Cahier de protocole des indicateurs de suivis du CTMA. 2017 ; 10 p.

LOIRE ESTUAIRE, 2003. Cellule de Mesures et de Bilans. Mise en eau des annexes hydrauliques. Cahiers 2002 indicateurs n°1.

Meddour R., 2011. La méthode phytosociologique sigmatiste ou Braun-Blanqueto-Tüxenienne. Faculté de Sciences Biologiques et Agronomiques de Tizi Ouzou, Algérie; 40 p.

Lacroix P, Le Bail J. Déclinaison en Pays de la Loire de la liste des plantes indicatrices de zones humides inscrites à l'arrêté interministériel du 24 juin 2008. Conservatoire botanique national de Brest. 2009 ; 51 p.

Mourgaud, G., 1996. Étude comparative des passereaux nicheurs en prairie alluviale et en peupleraie dans les Basses Vallées Angevines. Crex, 1. P.25-31

Ruaux B., 2008. Les plantes envahissantes des corridors fluviaux : traits biologiques, impacts de *Ludwigia peploides* et *L. grandiflora* en Loire moyenne et implications pour la gestion. *Ecologie, Environnement*. Université François Rabelais - Tours. Français. P.149-158.

Storchová, L., Hořák, D., 2018. Life-history characteristics of European birds. *Global Ecology and Biogeography* 27, 400–406.

Suding, K.N., 2011. Toward an Era of Restoration in Ecology: Successes, Failures, and Opportunities Ahead. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 42, 465–487.

I. Sitographie

Basses Vallées Angevines | Zones Humides [WWW Document], n.d. URL <http://www.zones-humides.org/basses-vall%C3%A9es-angevines-0> (accessed 7.6.21).

Etat et qualité écologiques DCE | Le portail technique de l'OFB [WWW Document], n.d. URL <https://professionnels.ofb.fr/node/317> (accessed 3.12.20).

Les BVA et Natura 2000 | Basses Vallées Angevines [WWW Document], n.d. URL http://bassesvalleesangevines.n2000.fr/presentation_site (accessed 7.6.21).

Maine-et-Loire, D. de, n.d. Les basses Vallées Angevines [WWW Document]. URL <https://eau.maine-et-loire.fr/leau-en-anjou/milieux-remarquables/les-basses-vallees-angevines> (accessed 7.6.21).

Julve, Ph., 1998 ff. Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la Flore de France. Version 2020.

Liste des annexes

1. Cahier de protocole des indicateurs de suivis du CTMA (Loger & Tao, 2017).
2. Cartes des transects de flore et des points de relevés hydrologiques pour chaque site.
3. Signification des indices d'Ellenberg (Forum des Marais Atlantiques, 2015).
4. Tableau des relevés suivant leurs habitats
5. Méthode par quadrillage
6. I.P.A de la boire de la Frémondrière et du Marais de Montreuil-Juigné.

I. Cahier de protocole des indicateurs de suivis du CTMA (Loger & Tao, 2017).



Cahier de protocole des indicateurs de suivis du CTMA

Loger Lionel
Yao Emma

Suivi de boire année 2017

Master 2 Zones Humides Continentales et Littorales
Université d'Angers

Récapitulatif des indicateurs

Tronc Commun Fonctionnement Hydraulique	Tronc Commun Zones Humides	Tronc Commun Courant
Flore	Flore	Flore aquatique
Température	Température	Température
Oxygène	Oxygène	Oxygène
Amphibiens	Amphibiens	Granulométrie
Odonates	Odonates	Débit
Faunes diverses	Faunes diverses	
Suivi hauteur d'eau	Suivi hauteur d'eau	

Récapitulatif des passages

Indicateurs	Passages
Flore	1 fois par mois de mai à juillet
Température, Oxygène et Suivi hauteur d'eau	1 fois tous les 15 jours
Amphibiens	1 fois en avril-mai et 1 fois en juin
Odonates	1 fois avant le 15 juin, 1 fois entre mi-juin et fin juillet et 1 fois à partir du 1 ^{er} août
Faunes diverses	A faire lors des autres prospections

Protocoles de suivi des indicateurs

Troncs Communs Fonctionnalité Hydraulique et Zones Humides

I- Protocoles de suivi de la biodiversité

7. I.1- Flore

Introduction

Le protocole d'inventaire floristique de cette présente étude est inspiré du rapport technique du Conservatoire Botanique National de Brest (Delassus, 2015) et des rapports d'anciens stagiaires de la Fédération de Maine-et-Loire pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique (Leclerc, 2011 ; Bidet 2014 ; Defaye, 2016) ayant déjà travaillé sur la problématique d'états initiaux de zones humides dans le département.

Cette méthode d'inventaire est basée sur l'approche phytosociologique sigmatiste de Braun-Blanquet et consiste à des relevés phytosociologiques pour chaque association végétale contactée le long d'un transect. La phytosociologie sigmatiste repose sur le postulat suivant : l'espèce végétale et l'association végétale sont considérées comme les meilleurs intégrateurs de tous les facteurs écologiques (climatiques, édaphiques, biotiques et anthropiques) responsables de la répartition de la végétation (Béguin et al., 1979).

Dans le cadre de notre étude, cette inventaire permet donc d'identifier les différentes unités de végétation présentes, de connaître la biodiversité floristique par le calcul d'indice de biodiversité et de caractériser les paramètres environnementaux comme l'azote et l'humidité par le calcul d'indice d'Ellenberg du site avant et après la phase des travaux. Cet indice permet entre autres, de renseigner sur la fréquence d'inondation-exondation de la zone, la fertilité des sols ou sur de potentielles pollutions.

Le résultat de cette étude permettra d'en un premier temps, d'avoir un état de référence afin de caractériser, par la suite, les potentielles conséquences des travaux sur la flore. De plus, la dynamique de la végétation et des habitats ainsi que leurs relations avec les variables environnementales pourront être observés. L'inventaire permettra également d'apprécier les potentialités de certains sites en tant que frayères.

Mise en place du protocole

L'échantillonnage stratifié est la méthode qui permet de faire des relevés phytosociologiques ainsi, des prospections préliminaires sur le terrain sont utiles pour acquérir une vue d'ensemble de la diversité floristique et pour préparer les transects (Meddour, 2011). Les inventaires se font sur une végétation bien développée et doivent donc être effectués durant la période optimale de développement (Delassus, 2015). Ils sont réalisés aux mois de mai (session 1), juin (session 2) et juillet (session 3), de façon à couvrir la période entre la baisse quasi-totale des niveaux d'eau et après fauche et début de repousse des prairies humides, mais également pour prendre en compte les espèces les plus tardives (Leclerc, 2011 ; Bidet, 2014 ; Defaye, 2016).

1) Méthode d'échantillonnage

La technique d'échantillonnage consiste, le long d'un transect, à une identification de formations végétales différentes mais homogènes en leur sein (appelées strates) (Delassus, 2015). Chaque strate identifiée est échantillonnée indépendamment des autres strates, cependant il est préconisé d'organiser une stratification, de manière à obtenir un nombre de relevés à peu près équivalent pour chaque strates (Gillet, 2000).

2) Identification des transects

Les transects ont été définis après visite générale du site. Cette première étape ne nécessite qu'une « compétence visuelle » pour l'identification de la structure générale des formations végétales (Delassus, 2015). Deux à quatre transects sont établis selon la taille du site et la nature des travaux ; la longueur des transects varie en fonction du nombre de formations végétales rencontré.

Les transects sont choisis selon plusieurs critères et correspondent à un profil semblable à la Figure 1 :

- Ils sont réalisés dans le sens du profil en travers de la boire.
- Ils doivent être représentatifs de la végétation globale du site et rendre compte de l'hétérogénéité de l'habitat.

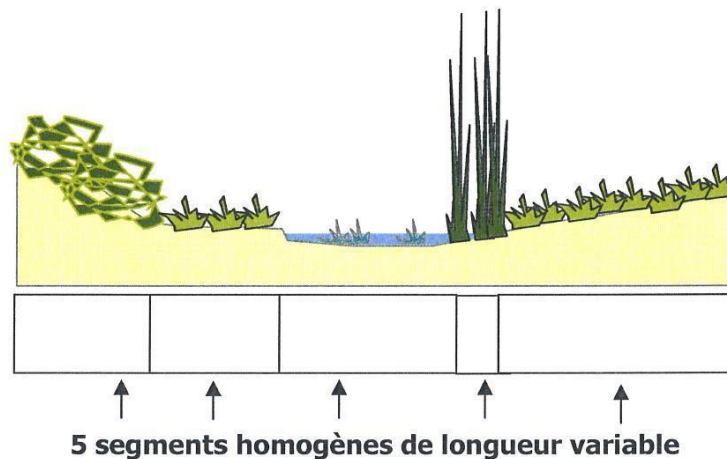


Figure 1 Délimitation de segments homogènes le long d'un transect (Leclerc, 2011)

3) Relevés

Un relevé ne sera considéré comme représentatif de l'association végétale que s'il est effectué sur une surface au moins égale à l'aire minimale, c'est à dire sur une surface assez grande pour contenir la quasi-totalité des espèces présentes dans l'association (Guinochet, 1973). Classiquement, cette aire minimale est définie à l'aide de la courbe aire-espèces. Cependant, afin de simplifier l'échantillonnage, il existe déjà des ordres de grandeur d'aire minimale en fonction du type de formation végétale présentés ci-dessous dans le Tableau 1 et Tableau 2.

Tableau 1 Ordres de grandeur des aires minimales pour les étendues spatiales (Gorenflot & De Foucault, 2005 ; Delpech, 2006)

Formations	Etendues
Végétations annuelles de dalles ou fissures rocheuses	Quelques cm ²
Végétations flottantes de lentilles d'eau	10 cm ²
Prairie, pelouses maigres ou de montagne, végétations aquatiques, roselières, mégaphorbiaies	10 à 25 m ²
Communautés de mauvaises herbes, végétations rudérales, celles des éboulis, coupes forestières	25 à 100 m ²
Landes	100 à 200 m ²
Forêts	300 à 800 m ²

Tableau 2 Ordres de grandeur des aires minimales pour les linéaires (Delpech, 2006)

Formations	Etendues
Ourlets et lisières herbacées	10 à 20 m
Végétations herbacées ripuaires	10 à 50 m
Haies	30 à 50 m
Végétations des eaux courantes	30 à 100 m

Les espèces rencontrées de chaque groupe végétal situé de part et d'autre du transect ont été déterminées puis quantifiées selon un coefficient d'abondance-dominance (l'importance de recouvrement de chaque espèce au sein du relevé) défini suivant l'échelle de Braun-Blanquet (cf. Tableau 3). Enfin, pour chaque espèce identifiée, la strate (herbacée, arbustive ou arborée) à laquelle elles appartiennent a été recensée afin d'obtenir la structure verticale de la végétation (Delassus, 2015).

Tableau 3 Coefficient de Braun-Blanquet (Braun-Blanquet J., 1932 ; Braun-Blanquet J. et al., 1952)

Coefficients	Recouvrement
+	< 1 %, espèces disséminées et peu abondantes
1	< 5 %
2	Entre 5 % et 25 %
3	Entre 25 % et 50 %
4	Entre 50 % et 75 %
5	Entre 75 % et 100 %

4) Analyse des données

Le traitement des données floristiques consistait dans un premier temps à rassembler les relevés phytosociologiques dans un tableau brut. Des indices de biodiversité ont été calculés à partir du logiciel JUICE, logiciel de gestion, d'analyse et de classification de données écologiques. L'indice d'équitabilité de Piélou traduit le degré de diversité spécifique atteint par rapport au maximum théorique (Blondel,

1979). Il se calcule par rapport à l'indice de Shannon et est compris entre 0 et 1. Afin d'évaluer l'humidité édaphique et le niveau trophique des boires, un indice d'Ellenberg moyen a été calculé à partir des indices de chaque espèce, pondérés par leur pourcentage de recouvrement. Puis, les données ont été « diagonalisées » dans le but d'ordonner les relevés en les regroupant par ressemblance. Le but est de comparer les relevés entre eux et de mettre en évidence les similitudes de groupements végétaux et donc de types d'habitats. Ceci est réalisé à partir de l'outil « Two-way Indicator Species Analysis » (TWINSpan). Par la suite, une méthode d'ordination a permis de vérifier la pertinence des résultats issus de la classification réalisée par TWINSpan mais aussi de procéder à leur interprétation écologique. Ainsi, l'Analyse Déterminée des Correspondances (DCA) met en évidence les éventuelles ressemblances entre les boires à partir de leurs communautés végétales (Hill & Gauch, 1980). Ce travail est fondé sur une analyse multivariée des correspondances qui séparent des groupes de relevés composés d'espèces censées correspondre à des conditions écologiques similaires. Les groupements issus de l'analyse ont été associés par la suite à des habitats de la classification CORINE Biotope (Bissardon & Guibal, 1997).

8. 1.2- Faune

Introduction

L'inventaire faunistique est réalisé dans le but d'avoir une vue d'ensemble de la biodiversité animale des différents sites à restaurer et permet d'identifier les sites potentiels de reproduction d'espèces vulnérables comme les amphibiens, les odonates et les poissons.

Amphibiens

La période d'inventaire des amphibiens en 2017 ne permettra pas de couvrir la totalité de la période optimale pour les observations.

Idéalement, 3 sessions dont 1 nocturne seront réalisées (RhoMeO ; Miaud) :

- Fin janvier/début février pour la reproduction des espèces précoces (Grenouilles rousses et agiles, Crapaud commun, Salamandre tachetée).
- Début mars jusqu'à courant mai pour les espèces plus tardives comme le Pélodyte ponctué, le Crapaud calamite ou la Rainette verte et également pour les tritons.
- Fin mai jusqu'à début juin pour les espèces les plus tardives comme les Grenouilles vertes, le Sonneur à ventre jaune et l'Alyte (Miaud, 2005).

Selon les rapports, les dates peuvent varier, à titre d'exemple, d'après l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et dans le cadre du programme RhoMeO, 3 visites annuelles sont prévues dont un passage courant février-mars, un 2^e passage courant avril-mai et un dernier passage au mois de juin.

Cependant et afin d'adapter les dates à la présence de stage, nous pourrons nous appuyer sur le tableau réalisé par la DREAL Pays de la Loire en 2016, regroupant la phénologie des amphibiens dans la région.

Pour cette année 2017, un passage de jour sera prévu courant mai et juin et un passage de nuit courant juin.

Méthode d'échantillonnage

L'inventaire des amphibiens combine plusieurs méthodes afin d'être le plus représentatif possible, le but étant d'être le plus exhaustif possible dans la liste des espèces présentes au niveau d'un site.

Ainsi, lors des visites diurnes, des observations et identifications visuelles des pontes, têtards et adultes pourront être réalisées. Cette méthode peut être complétée par l'identification au chant, et par des prospections à l'épuisette pour identifier les larves et têtards qui se développent. Des points d'écoute sont choisis afin de couvrir des zones potentielles de présence d'espèces.

Concernant la recherche d'amphibien à l'aide d'épuisette, la technique consiste à réaliser des

mouvements d'épuisette par « aller et retour » d'environ 1 m dans et à proximité des différents habitats (par exemple dans les plantes aquatiques de différentes espèces, le long des berges, etc.). Il peut être intéressant également de noter l'effort de pêche (par exemple la durée, nombre de coup d'épuisette, linéaire de berges échantillonnées, etc.) (Miaud, 2005).

Des prospections de nuit seront réalisées dans le but de prendre en compte les espèces plus actives la nuit. Le protocole consiste à une écoute des chants de 10 minutes maximum par points, complété par des observations visuelles à la lampe torche de 10 minutes en moyenne (Grossi J.L., mai 2010 ; Molière, J.-J., 2005). Les Amphibiens utilisent régulièrement des abris (bois, pierres, etc.), qui pourront être inspectés avec profit (Miaud, 2005).

Les chants sont enregistrés à l'aide d'un dictaphone sur téléphone puis identifiés à partir de sites internet.

Il a été choisi de ne pas mettre en avant l'importance des populations mais de bien dresser un inventaire des espèces présentes. Ainsi, les données collectées sont des informations de présence/absence des espèces (données qualitatives). Elles sont collectées sur un réseau de points d'observation placé de manière stratégique afin de suivre l'impact des travaux sur ce taxon et de mesurer la tendance d'évolution des peuplements d'une année à une autre.

Odonates

Les relevés consistent à la réalisation d'une liste d'espèces d'Odonates (au plus proche de l'exhaustif) présentes sur le site d'étude. Les inventaires peuvent être complétés par des prospections d'exuvie ou de larves. Les espèces, les stades biologiques et les comportements observés pourront être identifiés. L'inventaire permettra de relever la présence/absence des espèces observées, le but étant de faire un simple état des lieux.

Les relevés devront dans la mesure du possible être réalisés dans des conditions météorologiques optimales (cf. Tableau 4).

Tableau 4. Conditions météorologiques idéales pour l'observation d'odonates (Source : SFO, non daté)

		Température		
		<17°C	17°C-22°C	>22°C
Nébulosité	>3 /4	non	oui	oui
	< 3/4	oui	oui	oui
Pluie		non	non	non
Force du vent	< 4 Beaufort	non	oui	oui
	4 Beaufort	non	oui exceptionnellement	
	> 4 Beaufort	non	non	non

Méthode d'échantillonnage

Les odonates sont inventoriés sur un ensemble de point d'écoute réalisé sur des secteurs stratégiques et afin de concentrer les efforts, sur les secteurs comportant le plus de probabilité de présence du taxon.

II- Protocoles de suivi du milieu physique

Introduction

Le suivi hydraulique et hydrologique nous permettra de déterminer la hauteur des eaux, la température et l'oxygène dissous. Ces paramètres indiquent les variations de qualité dans les boires

(Bunn S *et al.* 2002). Des profils topographiques en travers des boires seront réalisés et serviront de point de suivi pour les prochaines études après travaux.

Hauteur d'eau, Débit, Température et Oxygène

Afin de suivre le plus rigoureusement la hauteur d'eau, le débit, la température et l'oxygène dissous, les points de relevé se feront aux mêmes endroits sur le site pour l'ensemble des paramètres et d'une session à une autre. Chaque site sera visité tous les 15 jours afin de relever les paramètres.

A noter que les débits et les hauteurs d'eau des cours d'eau associés aux boires seront relevés toutes les semaines à partir des stations de mesure les plus proches (cf. Vigicrues et Banque Hydro France).

L'oxygène dissous (en mg/l et/ou % de saturation) présente des teneurs variables en fonction de la température et de la quantité de matière organique présente dans l'eau. Des baisses importantes d'oxygène ont des conséquences préjudiciables sur la vie aquatique. Lors des prélèvements, pour les eaux calmes (lenticues) et stagnantes, les valeurs d'O₂ dissous et pourcentage de saturation peuvent varier fortement en fonction des conditions météorologiques et de l'heure de la mesure. Il est donc nécessaire d'indiquer ces paramètres lors du prélèvement (Dupieux, 2004).

1) Identification des points de relevés

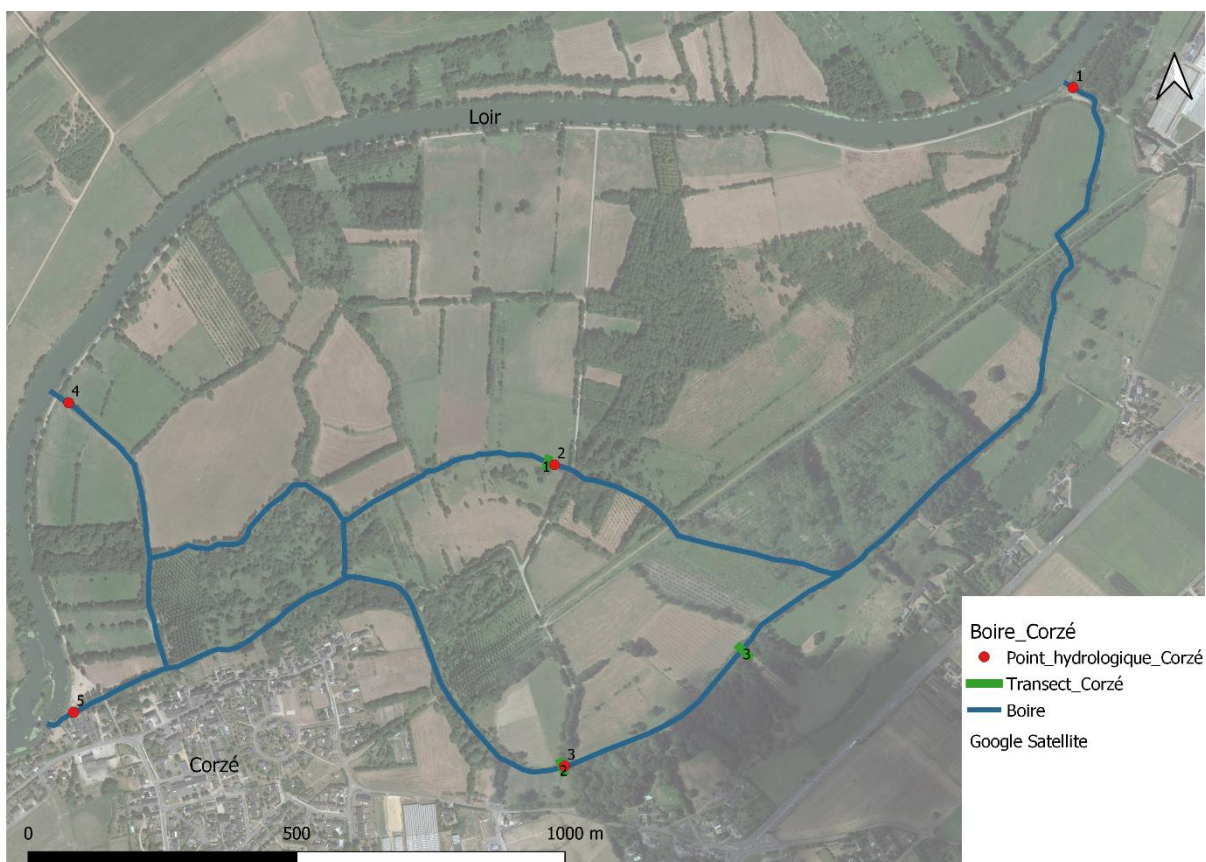
Les points de relevés sont faits de préférence dans un endroit accessible et représentatif du site (protocole IBGN et IBMR). Si la boire n'est pas trop grande, les points pourront se faire comme-ci : un à la connexion amont et un à la connexion aval. Il est intéressant de multiplier les points (dans une certaine limite) afin de mettre en évidence d'éventuelles variations spatiales des paramètres mesurés.

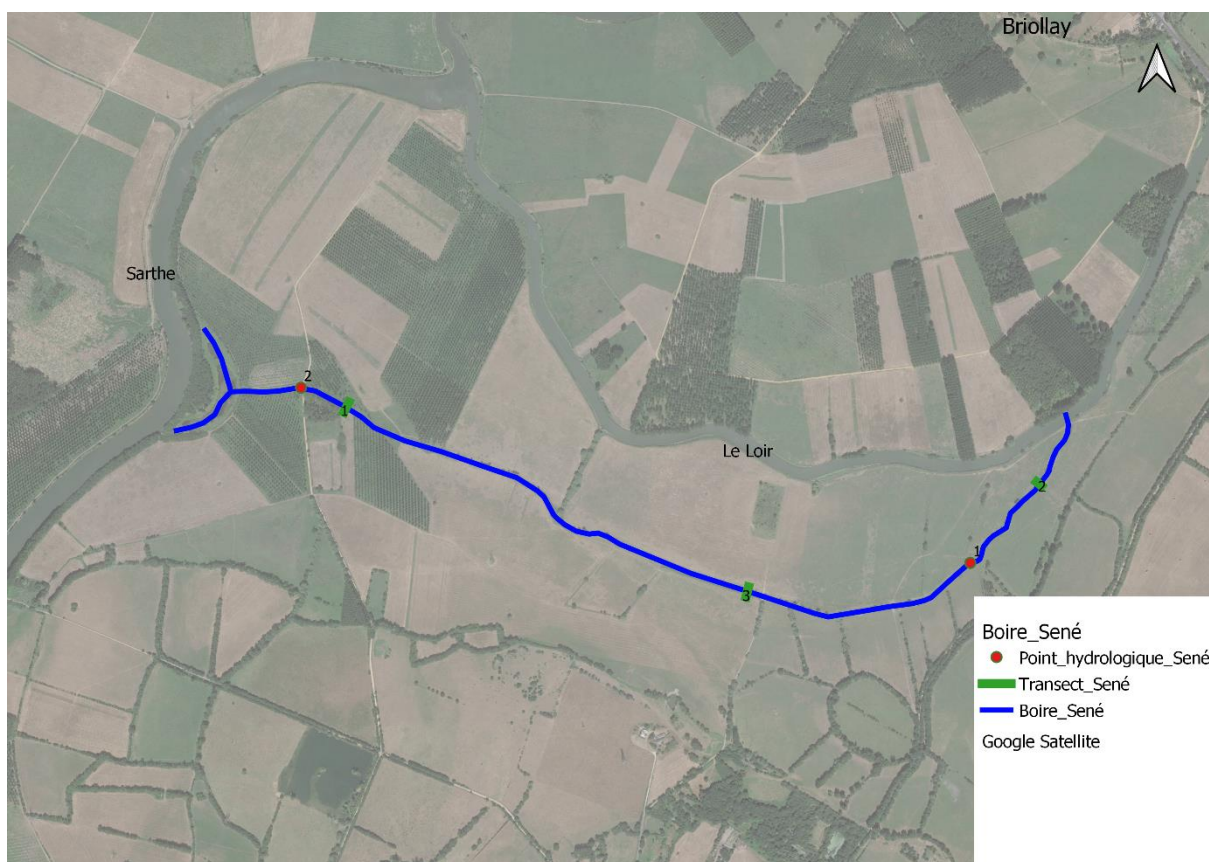
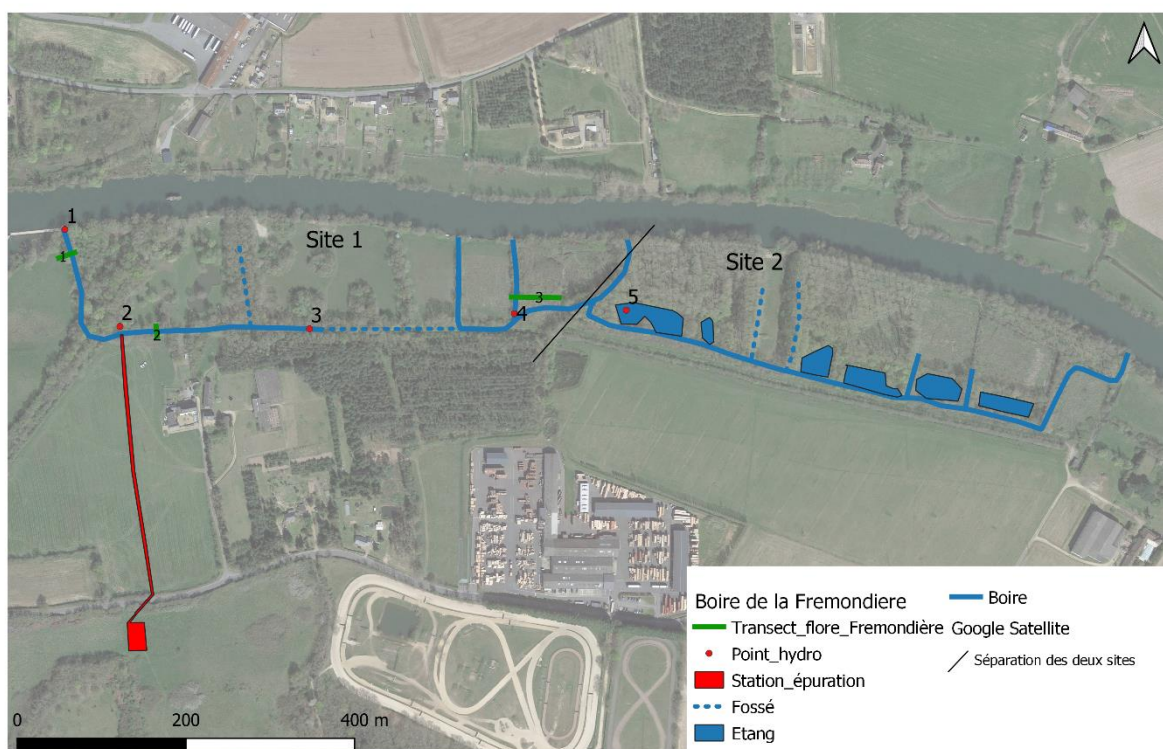
2) Méthode d'échantillonnage

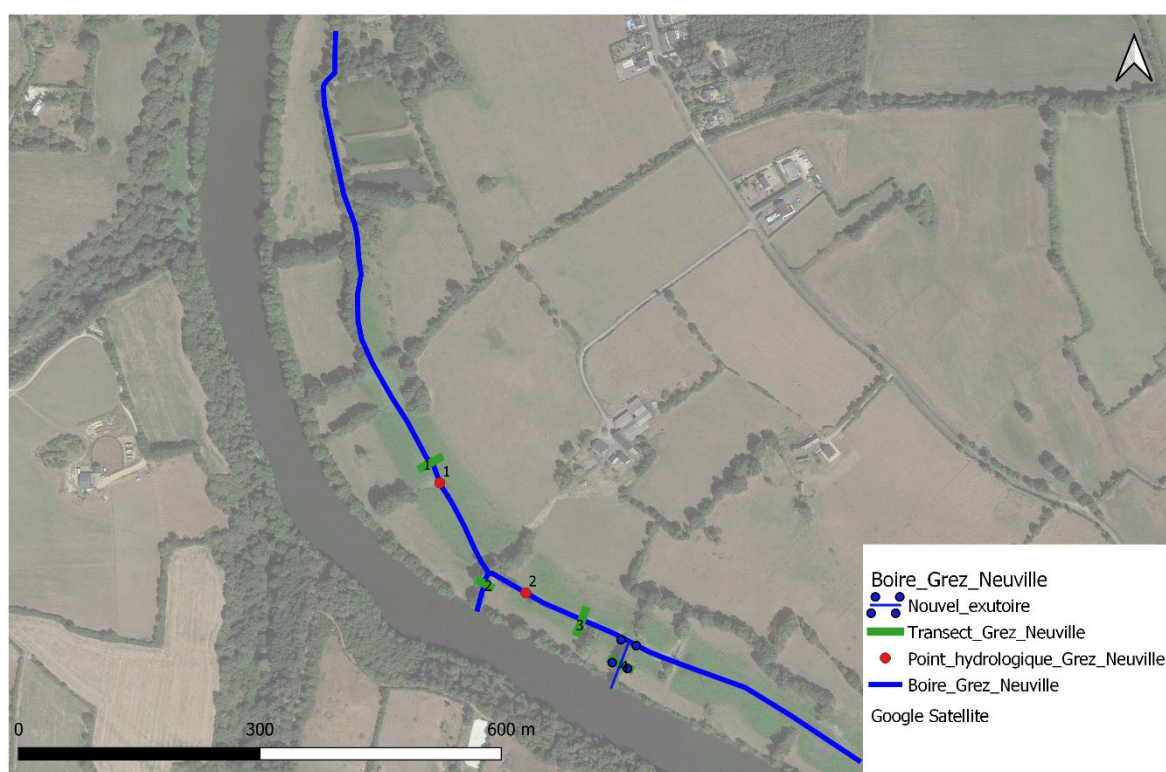
Il est préférable de respecter l'ordre dans lequel les sites ont été suivis à chaque campagne de prélèvements afin d'avoir les conditions d'ensoleillement et de température les plus identiques possibles pour éviter tout biais (Bidet, 2014).

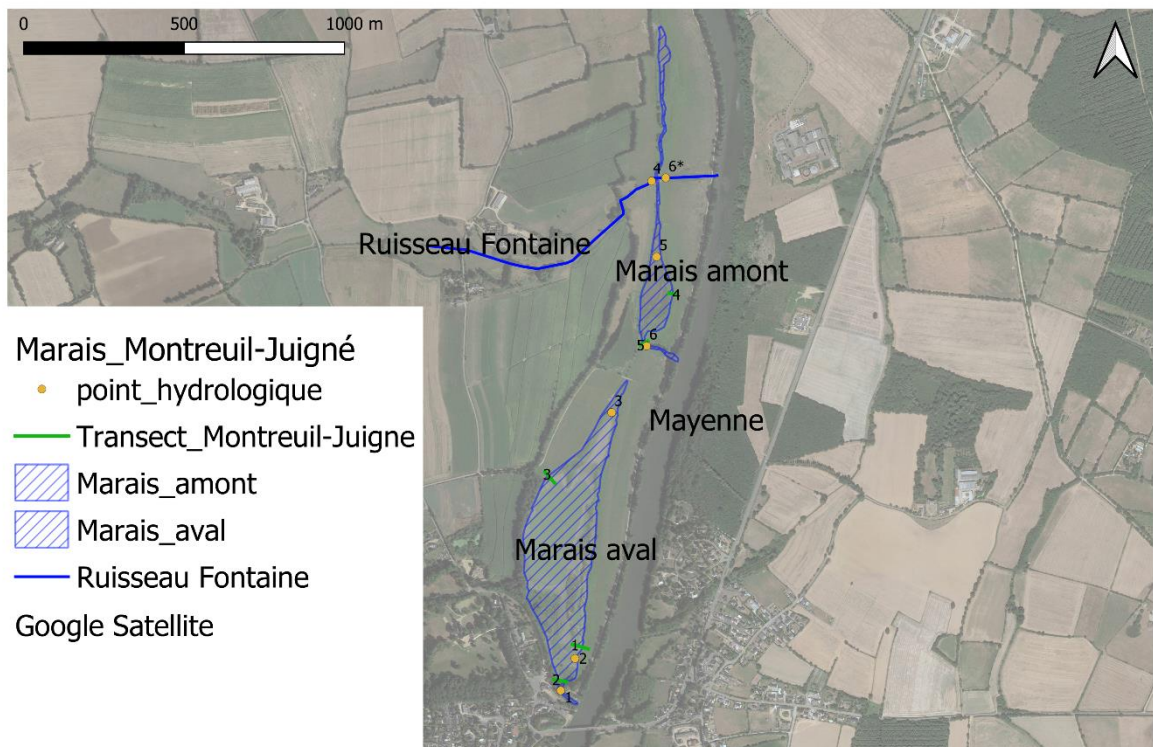
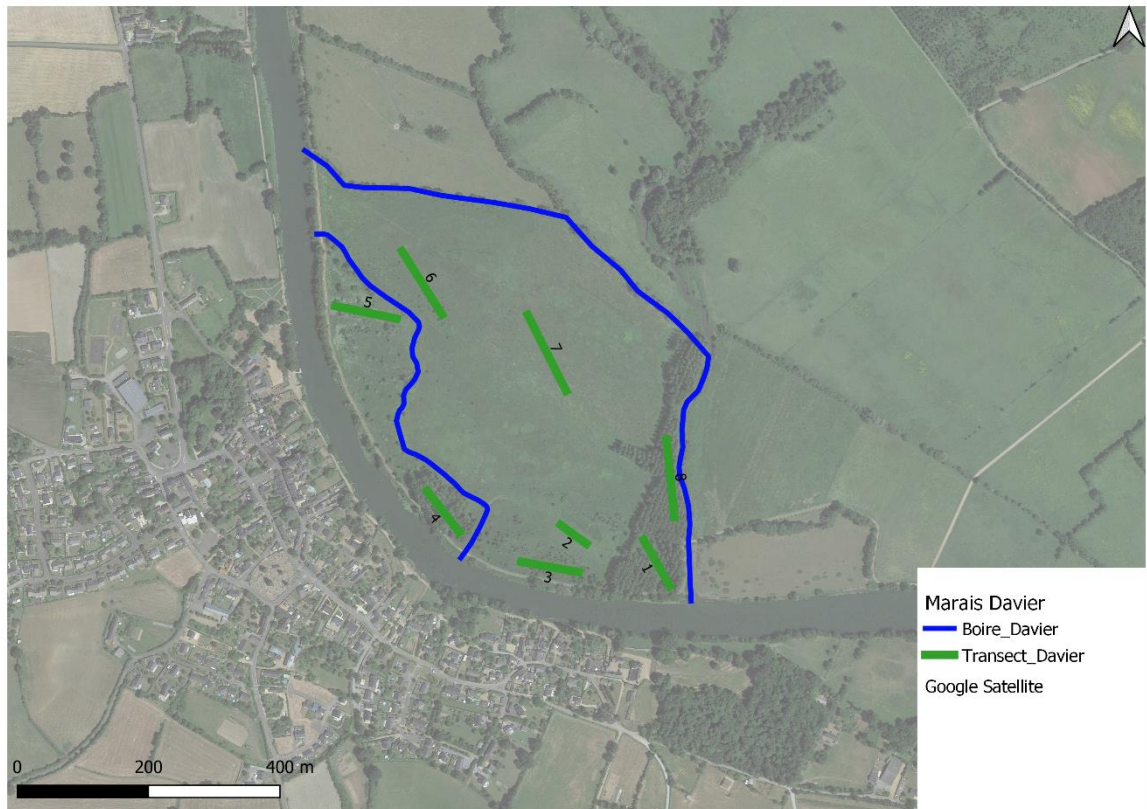
Les mesures ont été effectuées à l'aide de la sonde thermo Scientific Orion Star A223 avec un embout RDO/DO Meter fournie par la Fédération de pêche 49.

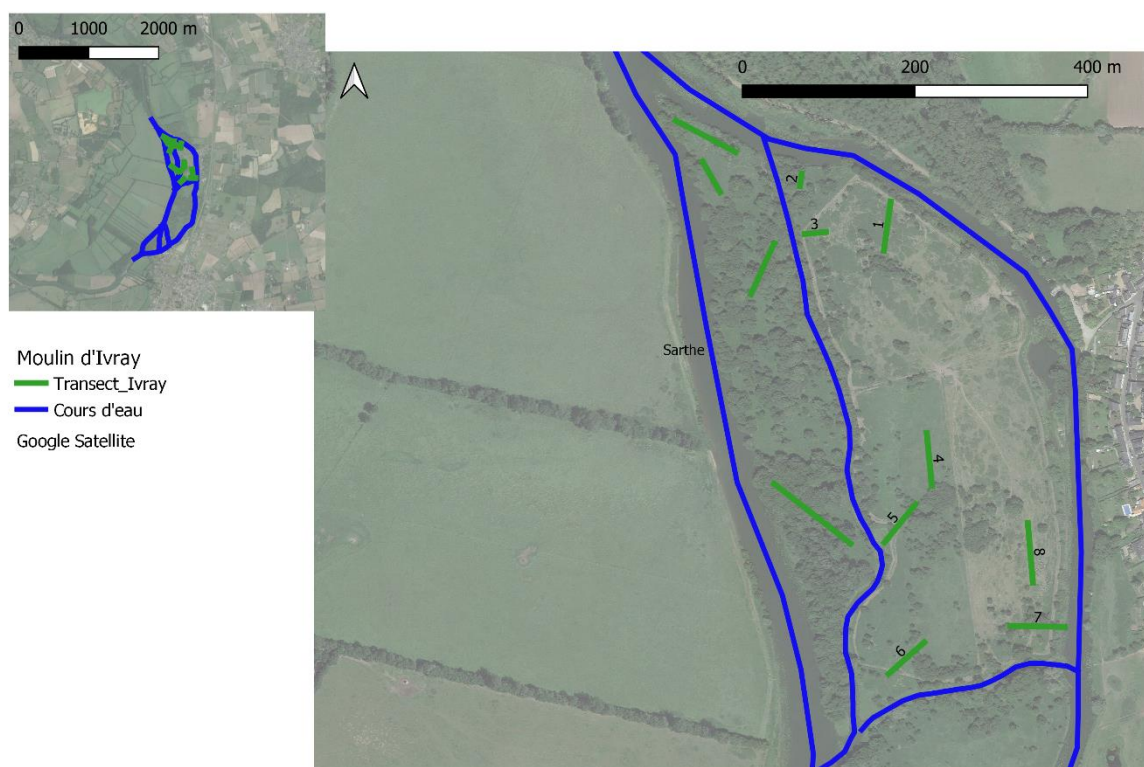
II. Cartes des transects de flore et des points de relevés hydrologique pour chaque site.











III. Tableau de la signification des indices d'Ellenberg (Forum des Marais Atlantiques, 2015).

Indice F	Valeur	Exemples d'espèces végétales
1	Indicateur de sécheresse extrême, réservé aux sols souvent à sec pendant un certain temps	<i>Corynephorus canescens</i> , <i>Helianthemum apenninum</i> , <i>Koeleria vallesiana</i>
2	Entre 1 et 3	<i>Clinopodium acinos</i> , <i>Saxifraga tridactylites</i> , <i>Sedum acre</i>
3	Indicateur de sites secs, plus souvent trouvé sur la terre ferme que dans les endroits humides	<i>Asplenium trichomanes</i> , <i>Centaurea scabiosa</i> , <i>Spergularia rubra</i>
4	Entre 3 et 5	<i>Arctium minus</i> , <i>Helictotrichon pratense</i> , <i>Iris foetidissima</i> , <i>Thymus polytrichus</i>
5	Indicateur de site humide, principalement sur les sols frais d'humidité moyenne	<i>Anthriscus sylvestris</i> , <i>Euphorbia amygdaloides</i> , <i>Hyacinthoides non-scripta</i> , <i>Solanum nigrum</i>
6	Entre 5 et 7	<i>Agrostis stolonifera</i> , <i>Empetrum nigrum</i> , <i>Rumex crispus</i>
7	Indicateur d'humidité, principalement ou constamment sur sol humide ou peu mouillé mais pas sur sol très humide	<i>Carex ovalis</i> , <i>Dactylorhiza maculata</i> , <i>Pulicaria dysenterica</i> , <i>Ranunculus repens</i>
8	Entre 7 et 9	<i>Cardamine pratensis</i> , <i>Equisetum telmateia</i> , <i>Phalaris arundinacea</i> , <i>Schoenus nigricans</i>
9	Indicateur de site humide, souvent dans des eaux saturées et des sols mal aérés	<i>Drosera rotundifolia</i> , <i>Myosotis scorpioides</i> , <i>Vaccinium oxycoccus</i> , <i>Viola palustris</i>
10	Indicateur de sites en eaux peu profondes qui peuvent ne pas être en eau stagnante pendant de longues périodes	<i>Alisma plantago-aquatica</i> , <i>Carex limosa</i> , <i>Ranunculus lingua</i> , <i>Typha latifolia</i>
11	Plante à racine sous-marine, mais avec une partie aérienne ou plante flottante à la surface	<i>Lemna minor</i> , <i>Nuphar lutea</i> , <i>Sagittaria sagittifolia</i> , <i>Schoenoplectus lacustris</i>
12	Plante submergée, en permanence ou presque constamment sous l'eau	<i>Isoetes lacustris</i> , <i>Potamogeton crispus</i> , <i>Ranunculus circinatus</i> , <i>Zostera marina</i>

Tableau 1 : Référentiel Ellenberg pour l'indice F.

Indice N	Valeur	Exemples d'espèces végétales
1	Indicateur de site extrêmement non fertile	<i>Agrostis curtisii</i> , <i>Clinopodium acinos</i> , <i>Drosera rotundifolia</i> , <i>Rubus chamaemorus</i>
2	Entre 1 et 3	<i>Aira praecox</i> , <i>Carex panicea</i> , <i>Linum catharticum</i> , <i>Scabiosa columbaria</i>
3	Indicateur de site plus ou moins fertile	<i>Centaurea scabiosa</i> , <i>Galium saxatile</i> , <i>Pimpinella saxifraga</i> , <i>Teucrium scorodonia</i>
4	Entre 3 et 5	<i>Agrostis capillaris</i> , <i>Cirsium palustre</i> , <i>Plantago lanceolata</i> , <i>Primula vulgaris</i>
5	Indicateur de site à fertilité intermédiaire	<i>Angelica sylvestris</i> , <i>Digitalis purpurea</i> , <i>Iris foetidissima</i> , <i>Trifolium pratense</i>
6	Entre 5 et 7	<i>Cirsium arvense</i> , <i>Glyceria fluitans</i> , <i>Poa trivialis</i> , <i>Rumex crispus</i>
7	Plantes souvent trouvées dans des endroits très fertiles	<i>Atriplex prostrata</i> , <i>Epilobium hirsutum</i> , <i>Stellaria media</i> , <i>Typha latifolia</i>
8	Entre 7 et 9	<i>Beta vulgaris</i> , <i>Galium aparine</i> , <i>Lamium album</i> , <i>Urtica dioica</i>
9	Indicateur de sols très riche en Nitrate, tel que les lieux de pâtures ou près des rivières polluées	<i>Arctium lappa</i> , <i>Artemisia absinthium</i> , <i>Hyoscyamus niger</i> , <i>Rumex obtusifolius</i>

Tableau 2 : Référentiel Ellenberg pour l'indice N.

IV. Tableau des relevés suivant leurs habitats

Sites	22.411	22.432	37.2	37.715	53.14	83.3211	31.81	53.11	38.11	84.1	53.21	44.332
MI				50, 33, 35, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66 et 67	58							
Cz		33, 39	34	32, 40	35, 36, 37, 38							
Sn		3, 8		1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12 et 13								
Gn			69, 70, 73	68, 71	72							
PB		78	74, 76	75, 79								
Tt	27				25, 26, 31 et 33	29, 30						
MD				X		X	X	X				
MI				X	X	X	X	X	X	X	X	X

Sites	Sans végétation	22.431	22.4 (Dominance Ludwigia pepioides)	22.4 (algue verte)	37.715	37.241	53.15	53.11	44.332	44.332 (Robinia pseudacacia)	31.8
MI			3, 14,		1, 5, 9, 11, 13, 15, 19	2, 4, 10, 12, 17			6, 16, 18	8, 7	
Cz	31	26		22	20, 21, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30						
Sn			34, 41		32, 33, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43						
Gn		55	65		61, 62, 63	53, 54, 56, 57, 64			58, 59		60
PB			92, 98, 107, 111		88, 90, 91, 93, 95, 96, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 110, 112, 113				94		
Tt		45		48	44, 46, 47, 49, 50, 51, 52						
MD					69, 84				66, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88	80	
MI					120, 121, 122, 124				114, 115, 116, 117, 118, 119, 123, 125		
Fr					125, 129, 130, 131, 132	133		134, 135, 136			126, 127, 128

V. Méthode par quadrillage

Cette méthode, réalisée par Alexis Pacaud sur le site des îles du moulin d'Ivray, est un inventaire exhaustif qui permet de déterminer la quantité d'oiseaux et leurs cantons respectifs.

1. Protocole

La mise en place de ce protocole est relativement simple. Il faut dans un premier temps relever tous les objets susceptibles d'être un abri pour l'avifaune : poteaux, clôtures, arbres abandonnés etc. Ensuite un itinéraire est conçu afin de couvrir toute la zone d'étude et les objets relevés. Les objets doivent être à moins de 100 mètres de l'itinéraire. Le parcours est effectué huit fois au cours du stage. Il doit se faire durant les premières heures de la journée et dans des conditions météorologiques favorables (pas de vent violent, de pluie ou de brouillard). Le sens du parcours doit être régulièrement inversé afin de ne pas induire de biais suivant l'heure de passage.

2. Représentation du parcours sur les îles du Moulin d'Ivray

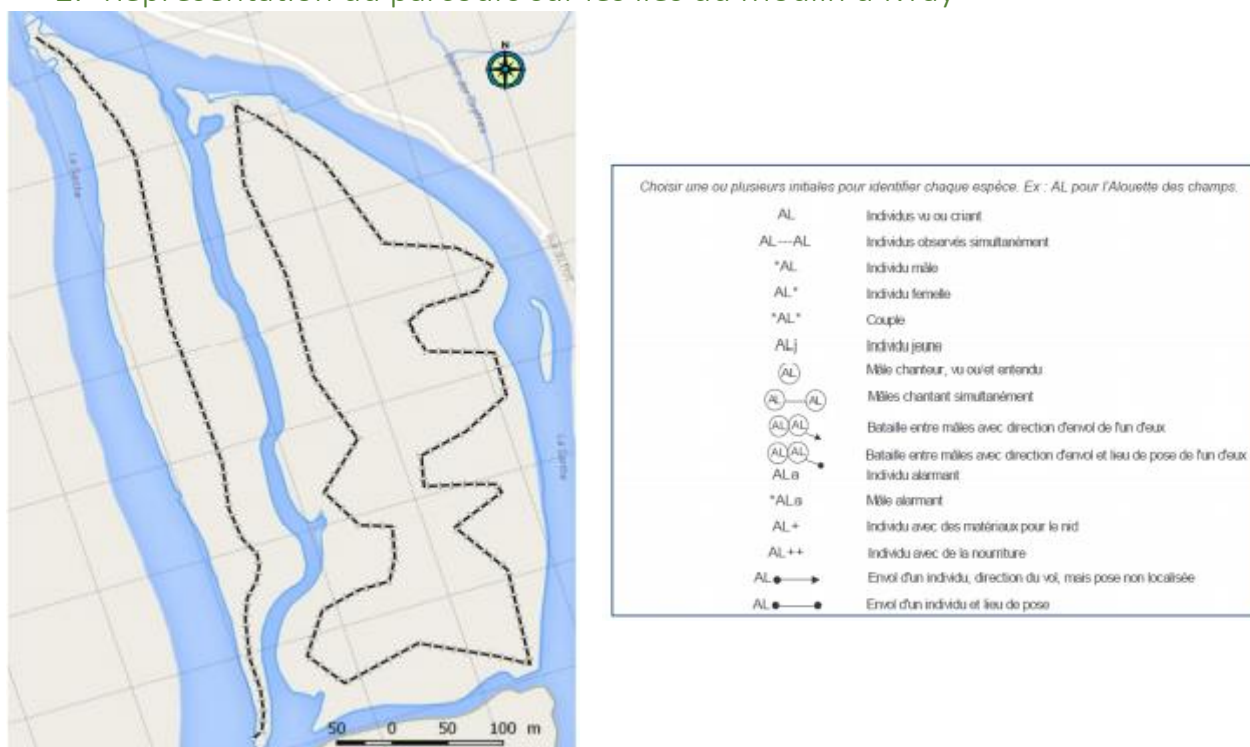


Figure 11. Parcours de la méthode des plans quadrillés et codes contacts utilisés pour cette méthode.
(Source : stage Alexis)

VI. I.P.A de la boire de la Frémondrière et du Marais de Montreuil-Juigné.

Site de la boire de la Frémondrière						
	IPA (20/04/2021)	IPA (09/06/2021)	IPA total		IPA (20/04/2021)	IPA (09/06/2021) IPA total
Aigrette garzette		0.5	0.07	Merle noir	2.5	3 0.43
Bouscarle de Cetti		3	0.43	Mésange à longue queue	2.5	7 1.00
Buse variable		1	0.14	Mésange charbonnière	1.5	4 0.57
Canard colvert	5.5	1	0.79	Mésange noire	1	0.14
Corneille	2	2	0.29	Mouette rieuse		1 0.14
Coucou	3	1	0.43	Pic vert	1	1 0.14
Fauvette grisette		1.5	0.21	Pigeon ramier	1	2 0.29
Geai des chênes		0.5	0.07	Pinson des arbres	3	6 0.86
Grimpereau des Jardins	2	1	0.29	Pouillot véloce	4	4 0.57
Grive musicienne	1		0.14	Rougegorge familier	1.5	4 0.57
Héron cendré		1.5	0.21	Sterne albifrons		0.5 0.07
Hirondelle des fenêtres	5		0.71	Tourterelle des bois		1 0.14
Loriot d'Europe		1	0.14	Troglodyte mignon	3	3 0.43

Site du marais de Montreuil-Juigné						
	03/04/2021	12/05/2021	I.P.A moyen		03/04/2021	12/05/2021 I.P.A moyen
Bécassine des marais	4		0.57	Hirondelle des fenêtres		1.5 0.21
Bourscarle de Cetti	1		0.14	Martin pêcheur		0.5 0.07
Bruant des roseaux		2	0.29	Mésange à longue queue		2.5 0.36
Canard colvert	5	9	1.29	Mésange bleue	1	0.14
Cormoran		0.5	0.07	Mésange charbonnière	2.5	1 0.36
Coucou gris	1	1	0.14	Mésange noire	2.5	0.36
Cygne	2	4.5	0.64	Moineau domestique		1 0.14
Etourneau sansonnet	1		0.14	Mouette rieuse	7.5	6 1.07
Fauvette à tête noire	2		0.29	Oie sauvage	0.5	0.07
Foulque macroule		4.5	0.64	Pic épeichette		0.5 0.07
Fuligule Milouin		3	0.43	Pigeon ramier	2	5 0.71
Geai des chênes	1.5		0.21	Pinson des arbres	5	3 0.71
Grèbe huppé		1.5	0.21	Pouillot fitis		1 0.14
Grimpereau des jardins	1		0.14	Pouillot véloce	3	3.5 0.50
Héron cendré	3	2	0.43	Poule d'eau	7.5	5.5 1.07
Héron garde bœuf	4	5.5	0.79	Sterne albifrons		0.5 0.07

(4^{ème} de couverture)
[A supprimer]



POLYTECH[®]
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Thomas Day
[2020-2021]

Suivi des actions de restauration des milieux aquatiques sur les Basses Vallées Angevines

Résumé : Le stage intervient trois ans après des travaux de restauration sur des annexes hydrauliques des cours d'eau suivants : Loir, Sarthe, Mayenne et la Maine. Il consiste, grâce à une série de protocole permettant de définir la flore et la faune de chaque site, à savoir si les travaux ont fonctionné. Le bilan du stage va mettre en lumière la problématique des plantes invasives qui prolifèrent sur certains sites à la suite de leur réouverture. La plante, la plus problématique étant la jussie. Hormis, le cas de la colonisation de la jussie, la majorité des sites développe une faune et flore supérieure ou du moins spécifique au milieu « prairie humide » lors des suivis après restauration que lors de l'état initial. Enfin, il arrive que la nature mette plus de temps à se régénérer que trois ans et donc que les suivis mettent en avant un état transitoire du site étudié et non l'état final.

Mots Clés : Suivi ; Restauration ; Basses Vallées Angevines ; Prairie humide ; Peupleraie ; Boire ; Biodiversité.

Syndicat Mixte des Basses Vallées Angevines et de la Romme.
83, rue du mail -BP 80011. 49020 Angers Cedex 2.

Tuteur académique :
Francesca Di Pietro

Tuteur entreprise
Bertrand Degrieck
Technicien de rivière