Etude de la dynamique de population des brochetons et de la fonctionnalité des frayères à brochets sur le Lac de Grand-Lieu en lien avec la gestion des niveaux d'eau.

Laura BEON

Date de soutenance : 13 septembre 2018

Maître de stage : Jean-Marc GILLIER - Directeur de la Réserve Naturelle Nationale du Lac de Grand-Lieu

Structure d'accueil : Société Nationale pour la Protection de la Nature.

La Chaussée – 44830 BOUAYE

Correspondant universitaire : Alexandre CARPENTIER

Master 2 Gestion des Habitats et des Bassins Versants

Université de Rennes 1

ANNEE UNIVERSITAIRE 2017/2018

Résumé / Abstract

Le lac de Grand-Lieu a pour particularité la présence de zones inondables importantes, riches d'une biodiversité remarquable, mais dépendant directement des niveaux d'eau. La gestion de ces derniers est un enjeu important du lac car de nombreux acteurs en sont tributaires.
C'est dans ce contexte que ce rapport traite de la mise en place d'une étude portant sur une espèce bio-indicatrice dont la reproduction est conditionnée par ces niveaux d'eau : le brochet (*Esox lucius).*
Un échantillonnage sur six frayères potentielles du lac a ainsi été réalisé dans le but d'observer et d'analyser le recrutement et l'évolution de la taille des brochetons en fonction de différents paramètres biotiques et abiotiques. Des individus ont été capturés sur l'ensemble des frayères mais les effectifs y sont très variables. Aussi, en se basant sur les résultats de deux années d'étude, il semblerait que le recrutement soit influencé par les niveaux d'eau, l'accessibilité à la frayère, la topographie et la végétation. L'évolution de la taille des brochetons serait, elle, dépendante principalement de la température de l'eau mais également de la densité en proies sur les frayères. Il semblerait que le brocheton ait une capacité d'adaptation au milieu suivant les années et les conditions environnementales. Le fait que de nombreux paramètres interviennent sur la dynamique de population du brocheton ne permet pas de tirer des conclusions précises sur la gestion des niveaux d'eau en comparant uniquement les résultats sur deux années. Cependant, le maintien de niveaux d'eau stables entre février et avril est une mesure nécessaire pour permettre le développement des brochetons.
Mots clés : Espèce bio-indicatrice, Niveaux d'eau, Frayères, Dynamique de population, Recrutement, Facteurs biotiques et abiotiques.

The main feature of Grand-Lieu Lake is the important surfaces of flood plains, where the biodiversity is remarkable, but conditioned by water level. Water management is an important lake's issue because many actors are water level dependent.
In this respect, this document deals with a study about one specie the breeding of which is conditioned by water level: the northern pike (*Esox Lucius*), which is a bioindicator specie.
A sampling on six spawning areas of the lake was made in order to observe and to analyse pike fingerlings' recruitment and size evolution in link with many biotic and abiotic parameters. Individuals were caught on every pike spawning area but figures are variable. On the basis of a two year study's results, it seems that the recruitment is influenced by water level, pike spawning area accessibility, topography and vegetation. Pike fingerlings size evolution would depend on water temperature and prey density. It seems that, according to years, pike has an adaptation capacity to environmental conditions. The fact that many parameters operate on the pike population dynamic doesn't permit to establish exact conclusion about water level management comparing only two years results. However, to maintain a water level stability between February and April is essential to allow pike fingerlings development.
Keywords: Bioindicator specie, Water level, Spawning area, Population dynamics, Recruitment, Abiotic and biotic factors.

Remerciements

Je tiens à remercier tout d'abord le directeur de la Réserve Naturelle Nationale du Lac de Grand-Lieu et maître de stage, Jean Marc Gillier, pour m'avoir acceptée en tant que stagiaire, m'avoir accueillie chaleureusement, m'avoir permis d'effectuer ce stage dans de bonnes conditions de travail et pour le temps qu'il m'a accordé.

Je remercie également Philippe Gallais et Sébastien Reeber pour leur précieuse aide sur le terrain, ainsi que les quatre pêcheurs m'ayant accueillie sur leur bateau : David Lefort, Dominique Guillet, Fabrice Batard ainsi que Frédéric Baudry.

Je remercie également Alexandrine Pannard, pour les informations fournies sur le protocole d'échantillonnage du zooplancton et pour les données de températures, et Héctor Rodriguez Pérez pour les informations fournies concernant les macro-invertébrés.

Enfin, je remercie Matthieu Le Bouter pour le prêt de son livre sur le brochet.

Glossaire

- **Degré-jour** : Le degré-jour est une unité utilisée pour mesurer la durée d'un cycle vital ou d'une phase particulière de croissance d'un organisme (par exemple, l'incubation d'œufs de poisson); obtenu en multipliant le temps par la température moyenne au cours de ce nombre spécifique de jours. Pour une période donnée (mois, année), c'est donc la somme algébrique des degrés-jours des différents jours de cette période.

- **Dynamique de population** : Étude de l'évolution de la structure des populations dans l'espace et dans le temps. Elle s'intéresse au développement numérique de toutes les populations d'êtres vivants. Elle s'intéresse aussi aux répartitions de poids, à la composition par âge des individus, à l'environnement, à la biologie des groupes mais aussi aux processus qui influent sur ces changements.

- **Entomophage :** Se dit des organismes qui se nourrissent d'insectes.

- **Espèce bio-indicatrice** : Organisme végétal, fongique ou animal dont la présence, l'absence ou l'état renseigne sur les caractéristiques d'un écosystème ou permet d'en évaluer les altérations. Les bio-indicateurs sont utilisés pour la surveillance de l'environnement.

- **Ichtyologique :** Relatif à l'ichtyologie : Branche de la zoologie qui a pour objet l'étude scientifique des poissons et des animaux marins.

- **Ichtyophage :** Se dit des organismes qui se nourrissent de poissons.

- **Recrutement** : Le recrutement est un phénomène qui s'inscrit dans l'écologie des populations et les principes régissant ses fluctuations. Le mot recrutement dérive de recrue (nouveau membre d'un groupe), il est donc lié aux nouveaux arrivants dans une population.

Sommaire

PRESENTATION DE L'ORGANISME : LA SNPN 1
PRESENTATION DE LA RNN DU LAC DE GRAND-LIEU 1
INTRODUCTION 2
I) MATERIEL ET METHODE 4
1. ESPECE ETUDIEE : LE BROCHET (*ESOX LUCIUS*, (LINNAEUS, 1758)) 4
a) Systématique et statut de protection 4
b) Répartition 4
c) Habitat 5
d) Cycle de vie 5
e) Exigences écologiques 6
f) Prédation 6
2. GESTION DES NIVEAUX D'EAU 6
3. AIRE D'ETUDE 7
a) Description des stations étudiées 7
4. ETUDE DES POPULATIONS DE BROCHETONS SUR LES FRAYERES 8
a) Objectifs 8
b) Méthodes de capture 9
c) Méthode de marquage et biométrie 9
5. PARAMETRES INFLUENCANT LA DYNAMIQUE DE POPULATION DES BROCHETONS 10
a) Objectif 10
b) Paramètres mesurés et méthodes 10
6. REPARTITION DES BROCHETONS APRES MIGRATION 11
a) Objectifs 11
b) Méthode 11
7. ANALYSES STATISTIQUES ET GEOGRAPHIQUES 11
a) Etude des populations de brochetons sur les frayères 11
b) Paramètres influençant la dynamique de population des brochetons 12
c) Répartition des brochetons après migration 12
II) RESULTATS 12
1. ETUDE DES POPULATIONS DE BROCHETONS SUR LES FRAYERES 12
a) CPUEs en fonction des sites d'échantillonnage 13
b) CPUEs en fonction des sessions d'échantillonnage et des méthodes de capture 14
c) CPUEs entre 2017 et 2018 par site d'étude et par session 15
d) Evolution de la taille des brochetons entre les sites et les sessions 16
e) Evolution de la taille des brochets en fonction des années de capture 18
f) Mortalité et recapture 18
2. ETUDE DES PARAMETRES INFLUENCANT LA DYNAMIQUE DE POPULATION DES BROCHETONS 18
a) Niveaux d'eau et durée de submersion 18
b) Topographie et ouverture des sites 19
c) Paramètres physico-chimiques 21

d) Végétation 22
e) Proies et Prédateurs 23
3. REPARTITION DES BROCHETONS APRES MIGRATION 25
III) DISCUSSION 26
1. ETUDE DES POPULATIONS DE BROCHETONS EN LIEN AVEC LES PARAMETRES BIOTIQUES ET ABIOTIQUES. 26
2. REPARTITION DES BROCHETONS SUR LES MILIEUX PERMANENTS 29
3. PROPOSITIONS DE GESTION ET AMELIORATIONS ENVISAGEABLES DE L'ETUDE 29
IV) CONCLUSION 30
BIBLIOGRAPHIE 31
ANNEXES 35
Annexe 1 : Périmètres de protection du lac de Grand-Lieu 36
Annexe 2 : Cycle de vie du brochet 37
Annexe 3 : Arrêté préfectoral pour la gestion des niveaux d'eau 38
Annexe 4 : Photographies des frayères 41
Annexe 5 : Arrêté préfectoral d'autorisation de pêche scientifique sur le lac de Grand-Lieu 43
Annexe 6 : Présentation des pièges 45
Annexe 7 : Position des filets et des nasses 46
Annexe 8 : Fiche de capture (Filets verveux) 48
Annexe 9 : Fiche de capture (Nasses) 49
Annexe 10 : Fiche station 50
Annexe 11 : Températures extérieures et du lac (2017) 51
Annexe 12 : Relevés floristiques 52

Présentation de l'organisme : la SNPN

La Société Nationale pour la Protection de la Nature (SNPN) est l'association de protection de la nature la plus ancienne de France, sa création remontant à 1854. Sa mission principale consiste à sauvegarder les milieux naturels et les espèces sauvages. En France, les premiers espaces protégés ont notamment été créés par la SNPN. Cette dernière participe également à des actions de restauration et de conservation des milieux mais aussi à des missions de sensibilisation et d'éducation dans un but d'amélioration des connaissances et du respect de la nature auprès du grand public (SNPN (a), s.d.). Pour cela, en plus d'animations diverses, trois supports ont été créés par l'association : un bimestriel : « Le Courrier de la Nature », une revue scientifique : « Revue d'écologie - La Terre et la Vie » ou encore la revue « Zones Humides Infos » (SNPN (b), s.d.). Deux réserves naturelles nationales sont également sous la gestion de la SNPN : la réserve de la Camargue et la réserve de Grand-Lieu. Aussi, le siège de l'association est situé à Paris et deux antennes sont situées en Camargue et à Bouaye.

Présentation de la RNN du Lac de Grand-Lieu

La Réserve Naturelle Nationale (RNN) du Lac de Grand-Lieu est située en Loire-Atlantique au sud de la Loire, sur la commune de Saint-Philbert de Grand-Lieu à 14 kilomètres environ au sud-ouest de Nantes. Le lac de Grand-Lieu fait partie d'un bassin versant d'une superficie de 830 km^2 et s'étend sur une surface fluctuant suivant la saison : environ 2500 hectares en été et jusqu'à plus de 6000 hectares en hiver, ce qui en fait le plus grand lac naturel de plaine de France en période hivernale. L'Ognon et la Boulogne sont les deux rivières alimentant le lac, l'Acheneau étant l'exutoire du lac. La RNN s'étend sur 2694 ha et quatre grands ensembles caractérisent ce lac : une zone d'eau libre, une zone couverte par des nénuphars durant une partie de l'année, des roselières boisées et enfin des prairies inondées pendant la période de hautes eaux. La remarquable diversité de l'avifaune, celle-ci s'élevant à 313 espèces sur le lac, en fait l'un des enjeux les plus importants du site. Un autre enjeu est la gestion des niveaux d'eau du lac, ces derniers dépendant directement du vannage de Bouaye situé sur l'Acheneau et étant assurée par le Syndicat d'Aménagement Hydraulique du Sud Loire (SAH) (Gillier & Reeber, 2018).

A l'origine, en 1947, le lac, qui appartenait alors à la Société Civile Immobilière, devait être asséché. Cependant, Jean-Pierre Guerlain ayant d'importantes parts sociales dans la SCI décida de conserver ce site dans un but principalement cynégétique. En 1980, suite à la donation de la propriété de Jean-Pierre Guerlain à l'Etat, la Réserve Naturelle Nationale de Grand-Lieu fut créée. La donation est faite à certaines conditions : l'interdiction du public sur le site, l'autorisation de la poursuite de la pêche professionnelle, le droit de chasse pour le donateur ainsi que la gestion du lac par la SNPN, celle-ci étant effective à partir de 1984.

Suite à cela, en0 1984, le lac de Grand-Lieu est identifié en tant que ZNIEFF de type I sur 6281 ha et en 1995, le lac est classé en tant que site RAMSAR. Puis en 2004 une Zone de Protection Spéciale (SNPN (c), s.d.) est mise en place par arrêté ministériel au titre de la Directive Oiseaux (DREAL, Pays de la Loire, 2014). En 2008, 650 hectares du lac de Grand-Lieu sont classés en tant que Réserve Naturelle Régionale (Cf. Annexe 1), celle-ci appartenant à la Fondation pour la Protection des Habitats et de la Faune Sauvage et gérée par la Fédération départementale des chasseurs de Loire Atlantique (Conservatoire du littoral, s.d.). En 2009, la rédaction du Document d'Objectifs Natura 2000 est achevée et en 2015, une Zone Spéciale de Conservation est désignée par arrêté ministériel au titre de la Directive Habitat (DREAL Pays de la Loire, 2016).

Introduction

Les zones humides sont caractérisées, selon le code de l'environnement, comme des milieux inondés de façon permanente ou temporaire et où les plantes hygrophiles représentent la végétation dominante (Art. L.211-1) (AFB, 2017). Ces milieux joue un rôle important que ce soit d'un point de vue hydrologique, écologique ou encore biogéochimique. Les zones humides ont en effet un rôle d'épuration mais aussi de captation du carbone et sont également des zones tampons permettant la régulation des inondations (Junk *et al.*, 2013 ; Tockner & Stanford, 2002). De plus, elles abritent une biodiversité remarquable qui leur est directement inféodée avec une richesse importante en oiseaux mais aussi en espèces ichtyologiques. En effet, ces milieux temporairement inondés sont des frayères intéressantes pour de nombreuses espèces et de ce fait, ont un gros potentiel piscicole (Bobbink *et al*., 2006). Ces différentes spécificités fournissent donc de nombreux services à l'homme et notamment des services d'approvisionnement et de régulation (Tockner & Stanford, 2002 ; Wang *et al*., 2011).

Cependant, depuis un siècle, les zones humides subissent une forte pression anthropique ; en Europe entre 60 et 90% d'entre elles ont été détruites ou fortement modifiées (Junk *et al.*, 2013) et cela malgré des programmes de restauration. Le drainage, effectué sur les parcelles agricoles afin d'obtenir des surfaces exploitables plus importantes, l'eutrophisation du milieu, (Casselman & Lewis, 1996 ; Junk *et al.*, 2013), la pollution, l'urbanisation, l'aménagement des cours d'eau, la présence d'espèces exotiques envahissantes (Tockner & Stanford, 2002) ou encore une gestion des niveaux d'eau mal adaptée (Nilsson *et al*., 2005) sont des menaces directes pour les zones humides .

Dans un but de conservation et d'utilisation limitée de ces milieux, une convention internationale a été créée : la convention de Ramsar. La ratification du traité par la France a été faite en 1971 (Ramsar, 2014). L'Observatoire National des Zones Humides a ainsi pu recenser 2,4 millions d'hectares de zones humides d'importance majeure en France (AFB, s.d.). Le lac de Grand-Lieu a été classé dans la liste des zones humides d'importance internationale le 1er février 1995. Il compte environ 2500 hectares de zones humides dont

1592 hectares de prairies humides et 962 hectares de roselières non boisées (Gillier & Reeber, 2018).

Sur le lac de Grand-Lieu, la surface et le temps d'inondation des prairies humides dépendent directement des niveaux d'eau qui sont gérés par le Syndicat d'Aménagement Hydraulique du Sud Loire grâce au vannage de Bouaye. Plus les niveaux d'eau sont importants, plus les surfaces inondées sont étendues. Le niveau d'eau du lac est un enjeu primordial car l'activité de nombreux acteurs en dépend. Aussi, les agriculteurs, les pêcheurs professionnels, les membres de la Fédération des Chasseurs de Loire-Atlantique ou encore les gestionnaires de la Réserve Naturelle Nationale ont chacun des attentes différentes vis-à-vis de ces niveaux d'eau. Des périodes d'exondation importantes durant le printemps et l'automne sont nécessaires pour les agriculteurs afin d'éviter une fauche ou un pâturage tardifs, à l'inverse les pêcheurs préfèrent une période d'inondation plus importante et les gestionnaires de la réserve privilégient des fluctuations inter-annuelles se rapprochant de variations naturelles. Ces variations permettent ainsi de favoriser suivant les années des cortèges floristiques et faunistiques différents. Afin de satisfaire au mieux l'ensemble des acteurs, un arrêté préfectoral, a été établi depuis 2015, celui-ci définissant les limites hautes et basses des niveaux d'eau du lac suivant les différentes périodes de l'année.

Il y a donc dans ce contexte une nécessité de vérifier que cette nouvelle gestion des niveaux d'eau est cohérente par rapport au fonctionnement écologique du lac. Pour cela, des indicateurs biologiques dépendant de ces niveaux d'eau doivent être déterminés et étudiés.

Le brochet, *Esox lucius*, est l'une des espèces indicatrices la plus pertinente vis-à-vis de ces niveaux d'eau. En effet, ce dernier a une sensibilité accrue face aux variations des niveaux d'eau car son cycle de vie nécessite la présence de milieux inondés lors de sa phase de reproduction (Chancerel, 2003). De plus, le brochet étant considéré comme une espèce clé de voûte, il joue un rôle important sur la composition, l'abondance, la distribution et l'équilibre des communautés ichtyologiques (Skov *et al*., 2002 ; Craig, 2008), et notamment des cyprinidés qui peuvent avoir un rôle dans l'eutrophisation du milieu (Chancerel, 2003).

Cette espèce a été étudiée à différentes reprises sur le lac, notamment en 2004 par Carpentier et en 2013 par Fonteneau et Paillisson. La première étude a été réalisée dans un but de qualification des différents milieux occupés par le brochet par les méthodes CSP et Inskip mais aussi d'évaluation des abondances de brochetons (juvéniles du brochet) migrants des frayères vers les milieux permanents. La deuxième étude, en plus de qualifier les zones de reproduction, s'est focalisée sur la quantification des abondances de brochetons sur deux frayères et sur leurs milieux attenants dans un but d'appréciation d'une opération de restauration.

D'après ces deux études, les frayères étudiées étaient de bonne qualité et de surface suffisante pour la reproduction du brochet. La présente étude va donc ici consister à échantillonner les brochetons, à l'aide de deux types de pièges passifs (nasses et filets verveux), sur six frayères potentielles du lac de Grand-Lieu avec pour objectifs de déterminer quel est l'état actuel de la dynamique de population du brocheton sur ces frayères et en quoi

certains facteurs peuvent être déterminants sur la fonctionnalité de ces dernières. En réponse aux résultats obtenus, une proposition de gestion des milieux sera faite en lien avec les niveaux d'eau.

Ces premiers résultats seront analysés et également comparés avec les résultats obtenus lors d'une étude réalisée par Drouin en 2017 sur l'écrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii*) lors de laquelle la présence et la taille des brochetons avaient été relevées. De plus, des pêches réalisées avec les pêcheurs professionnels du lac permettront d'observer la répartition des juvéniles une fois sortis des frayères.

Ce travail scientifique fera partie d'une étude sur le long terme dont l'objectif sera de comparer, suivant des années hydrologiquement différentes, la dynamique de population du brochet dans un but final de détermination de la cohérence des niveaux d'eau fixés sur le lac de Grand-Lieu.

I) Matériel et Méthode

1. Espèce étudiée : Le brochet (*Esox lucius*, (Linnaeus, 1758))

a) Systématique et statut de protection

Le brochet (Linnaeus, 1758) appartient à l'embranchement des Chordata. Il fait partie de la classe des Actinopterygii, soit les poissons à nageoires rayonnées, et de l'ordre des Esociformes. Il fait partie de la famille des Esocidae et appartient au genre *Esox* et à l'espèce *lucius* (Froese & Pauly, 2018). A l'échelle mondiale, le brochet est classé dans la liste rouge de l'IUCN comme étant une espèce à préoccupation mineure (NatureServe, 2013). Cependant, les populations de brochets sont en régression et cela pour de nombreuses raisons : la surpêche, la présence d'ouvrages hydrauliques (tels que les barrages), la pollution mais surtout la modification des régimes hydrauliques (Bruslé & Quignard, 2001). Aussi, en France, le brochet est classé comme étant une espèce vulnérable (Keith & Marion, 2002). Afin de protéger cette espèce, l'arrêté du 8 décembre 1988, prévoit l'interdiction de destruction ou d'enlèvement des œufs de brochets mais également l'interdiction de destruction, d'altération ou de dégradation de son habitat naturel. (Legifrance, 1988). L'article L432-3 stipule que la destruction de frayères, de zones de croissance ou d'alimentation de la faune est punie de 20000 euros d'amende, excepté dans le cadre d'une autorisation ou d'une déclaration (Legifrance, 2012). Concernant la pêche du brochet, en Loire Atlantique, seuls les individus ayant une taille supérieure à 60 centimètres peuvent être prélevés (DDTM, 2017).

b) Répartition

Le brochet est réparti sur une grande partie de l'hémisphère nord. En Europe, il s'étend de l'Atlantique à l'Est de la Sibérie (Harvey, 2009). En France, trois espèces de brochets sont présentes (Denys *et al.*, 2014) dont *Esox lucius* qui est retrouvé sur l'ensemble du territoire. Cette espèce est autochtone sur l'ensemble de la France excepté sur les cours

d'eau côtiers méditerranéens où elle peut avoir été introduite localement (Carpentier *et al*., 2011).

c) Habitat

Le brochet est une espèce limnophile, c'est-à-dire qu'il vit dans les eaux stagnantes, et apprécie des eaux claires et peu profondes avec une couverture végétale importante (Carpentier *et al*., 2011). Pour le brochet, les habitats varient en fonction du stade de développement. Lors de la reproduction, les frayères utilisées sont des zones inondées, telles que les prairies humides, présentant une hauteur d'eau comprise entre 0.2 et 1 mètre (Puissauve & Poulet, 2015). Ces zones doivent être inondées durant une période minimale de 40 jours consécutifs durant le printemps afin que les alevins puissent se développer. Les œufs et alevins sont en effet très vulnérables aux variations des niveaux d'eau car ils peuvent être piégés dans les frayères. Une phase d'exondation est cependant nécessaire en été pour que la végétation puisse se développer (Chancerel, 2003). La végétation qui caractérise les frayères est dominée par les graminées, les joncacées et les cypéracées (Bry, 1996). La perte de milieux humides, l'eutrophisation ainsi qu'une augmentation de la turbidité ont un impact négatif sur la couverture végétale et donc sur la disponibilité de l'habitat du brochet (Craig, 2008). En effet, la végétation est très importante (Craig, 2008) pour l'ensemble des stades de développement du brochet : c'est tout d'abord un support de ponte, puis pour le brocheton, un abri et un lieu où il se nourrit, et enfin pour le subadulte et adulte, une cache pour la chasse à l'affût (Chancerel, 2003).

d) Cycle de vie

Le brochet est une espèce migratrice holobiotique transversale c'est-à-dire qu'il reste en eau douce durant l'ensemble de son cycle de vie et qu'il effectue, lors de la reproduction, des migrations vers les zones de frayères (Baudoin *et al.*, 2014) . Ces migrations ont lieu entre février et mars lorsque les températures sont comprises entre 6 et 12°C (Harvey, 2009). Sur la frayère, la présence de macrophytes va permettre aux œufs libérés par la femelle de s'y fixer (Inskip, 1982). Une femelle de 55 cm possède environ 200 000 ovocytes, et les œufs sont répartis en faible densité (quelques dizaines d'œufs par m^2) (Bruslé & Quignard, 2001). La phase d'incubation est alors de 120 degrés-jours avant qu'il y ait éclosion des œufs (Dorier, 1938). Les alevins libérés vont ensuite rester fixés à la végétation durant environ 100 degrés-jours et vont se nourrir grâce à leur vésicule vitelline (Chancerel, 2003). Une fois cette vésicule résorbée, les alevins se détachent de leur support et entament un régime zooplanctonophage, principalement des copépodes et des cladocères (les rotifères étant de trop petites tailles) (Gres et al., 1996) pendant une dizaine de jours jusqu'à atteindre une taille de 25mm environ. Par la suite, leur régime alimentaire va évoluer rapidement et les juvéniles vont se nourrir de macro-invertébrés (par exemple des chironomes) avant de devenir ichtyophage à une taille d'environ 50mm, (Harvey, 2009) incluant un phénomène de cannibalisme (Inskip, 1982). Une fois une taille suffisante atteinte (entre 80 et 100mm), le juvénile quitte la frayère pour rejoindre les nurseries (Chancerel, 2003) où il va grandir, avant de rejoindre son domaine vital une fois adulte (Cf. Annexe 2). En phase adulte, le brochet est un poisson prédateur (Raat, 1988) qui se nourrit de façon opportuniste suivant l'abondance de

ses proies. Différentes espèces de poissons (majoritairement des cyprinidés), des amphibiens, des écrevisses, des oisillons ou encore des mammifères peuvent constituer son régime alimentaire (Bruslé & Quignard, 2001).

e) Exigences écologiques

Excepté la contrainte des niveaux d'eau et la présence de végétation, le brochet est une espèce tolérante vis-à-vis des conditions du milieu qu'il occupe. Cependant, différents facteurs tels que la température, l'oxygène dissous, la turbidité ou encore le pH peuvent avoir un impact sur la reproduction, l'activité ainsi que l'alimentation de l'espèce. Les températures optimales pour la période de fraie sont comprises entre 6 et 12°C (Carpentier *et al.*, 2011). Ensuite le développement du brocheton se fait de manière optimale pour des températures comprises entre 22 et 23°C (Harvey, 2009). Peu d'individus survivent en dessous de 5.8°C et au-dessus de 25.6°C (Hennessey, 2011). Concernant l'oxygène dissous, le brochet supporte de faible concentration, la concentration létale étant comprise entre 0.5 et 2.0 mg/L suivant la température (Harvey, 2009). Des retards de croissance peuvent cependant être observés pour des concentrations inférieures à 7mg/L (Chancerel, 2003). Enfin, le brochet est peu sensible au pH, cependant sa tolérance est comprise entre 5 et 9.5 (Chancerel, 2003 ; Harvey, 2009)

f) Prédation

Au stade d'œuf et de larve (inférieure à 30mm), l'espèce *Esox lucius* subit une forte prédation par différentes espèces de macro-invertébrés telles que les larves de libellules, les larves ou les adultes de coléoptères (Dysticidae, Hydrophilidae) ou encore des espèces d'hétéroptères au stade adulte comme *Notonecta sp.* ou *Ilyocoris cimicoides* (Le Louarn & Cloarec, 1997). Une fois adulte le brochet est un carnassier et subit peu de prédation. Une prédation aviaire peut-être présente suivant les sites et notamment par le cormoran (Carpentier *et al.*, 2007). Le phénomène de cannibalisme joue également un rôle sur le recrutement des brochetons, celui-ci étant plus important lorsqu'il y a un manque de ressources, d'abris, lorsque les densités sont importantes ou encore lorsque les écarts entre les tailles sont supérieurs à 20% (Herodet, 2006).

2. Gestion des niveaux d'eau

Les niveaux d'eau du lac de Grand-Lieu sont sous la gestion du Syndicat d'Aménagement Hydraulique du Sud Loire. Depuis 2015, un arrêté préfectoral fixe les conditions de niveaux d'eau à respecter au vannage de Bouaye et cela suivant les conditions hydrologiques du moment ainsi que suivant la saison (Cf. Figure 1 et Annexe 3). Des limites minimales et maximales ont été définies afin d'orienter la gestion de ces niveaux d'eau. Ces limites sont basées sur la cote locale, la Cote Buzay (CB) : 1 mètre de la Cote Buzay correspondant à 0.55 mètre de la Cote IGN 69 (NGF). Pour les mois de mars, avril et mai, la vitesse d'abaissement du niveau d'eau doit être de l'ordre de 1.5 cm/jour et, au début du mois de juin, le niveau d'eau doit être compris entre 1.60 mètre CB et 2.00 mètres CB. Entre juin et octobre cette vitesse d'abaissement est plus lente voire nulle (en fermant le vannage) pour atteindre des niveaux d'eau compris entre 1.40 et 1.70 mètre CB.

Ces mesures sont appliquées sur 10 ans mais modifiables en fonction des avancées scientifiques et des objectifs atteints ou non.

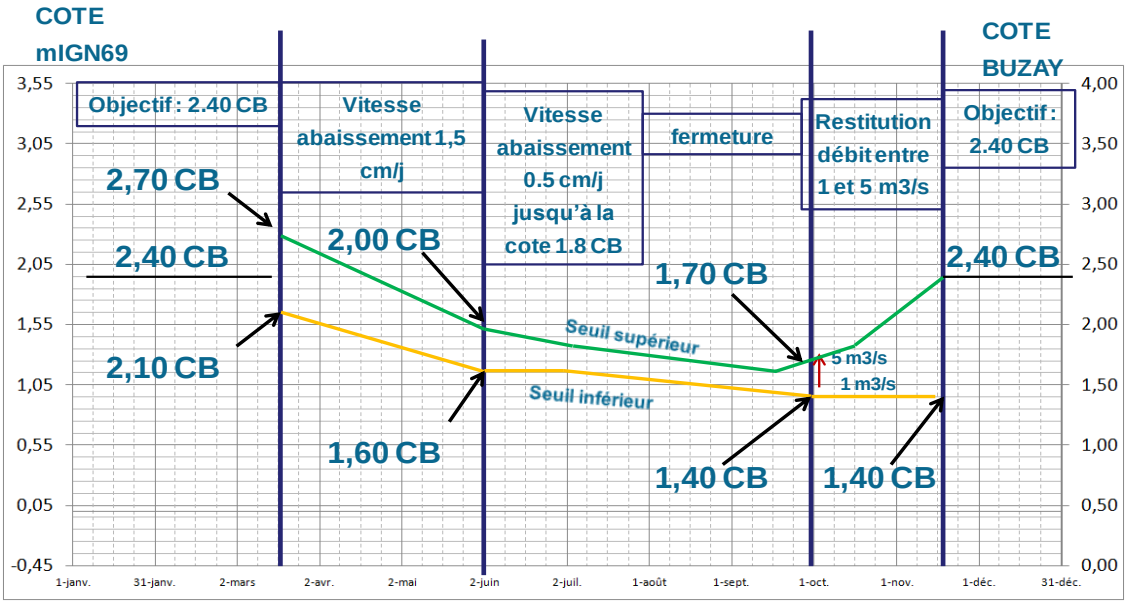


Figure 1 : Graphique représentant les cotes fixées par arrêté préfectoral sur le lac de Grand-Lieu.

3. Aire d'étude

a) Description des stations étudiées

Afin d'étudier la dynamique de population des brochetons suivant les milieux, six stations d'échantillonnage ont été retenues et sont réparties sur l'ensemble du lac de Grand-Lieu. Trois sites sont des roselières : Malgogne, l'Ile verte et Zinay. Les trois autres sites sont des prairies inondables : la Pré aux canes, les Grands bonhommes et la Sénaigerie (Cf. Annexe 4) qui sont gérées par fauche et/ou par pâturage. Parmi ces six sites, trois sont situés dans la Réserve Naturelle Nationale (Malgogne, Zinay et la Sénaigerie). Le site des Grands bonhommes est situé dans la Réserve Naturelle Régionale et les deux derniers sont situés hors des réserves. L'Ile verte appartient au Conservatoire du Littoral et est sous la gestion de la Fédération Départementale des Chasseurs et la Pré aux canes appartient à la SNPN et fait partie du site Natura 2000. La figure 2 représente la répartition de ces sites d'étude sur le lac. Le choix de ces sites s'est fait par la présence avérée de brochetons lors d'études faites précédemment et notamment l'étude de 2013 réalisée par Fonteneau et Paillisson, celle de Galet en 2014 et celle de Drouin en 2017. Dans une deuxième partie d'étude, 43 points seront également échantillonnés sur les parties permanentes du lac avec l'aide des pêcheurs professionnels.

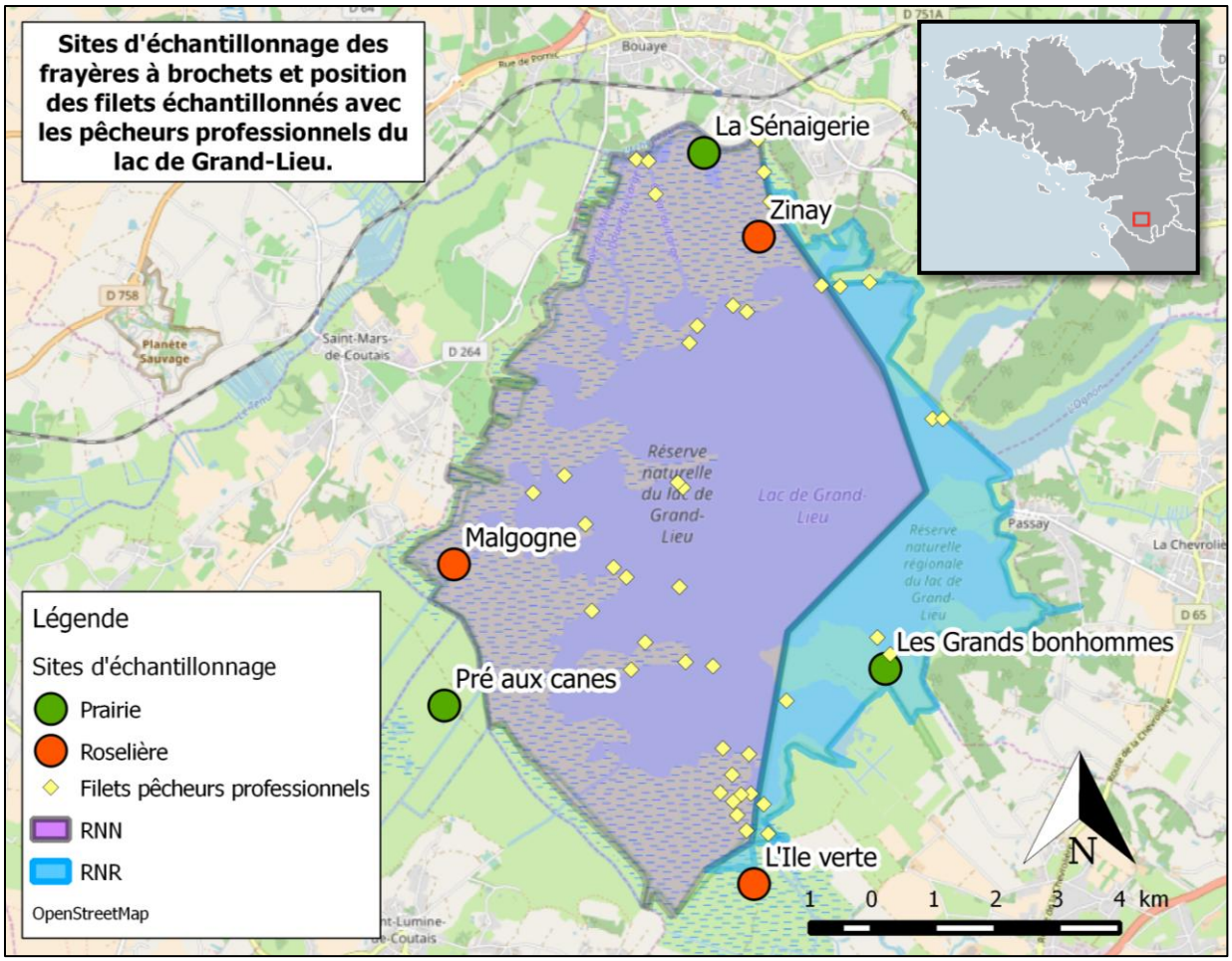


Figure 2 : Carte présentant la localisation des sites d'étude et des filets levés avec les pêcheurs professionnels.

4. Etude des populations de brochetons sur les frayères

a) Objectifs

L'étude des brochetons sur les différentes frayères a plusieurs objectifs. Dans un premier temps, le nombre d'individus capturés va permettre d'informer sur le recrutement de chaque frayère. A partir de ces effectifs, les Captures Par Unité d'Effort (CPUEs) seront également déduites. La CPUE est un indice correspondant au nombre d'individus capturés par engin de pêche et par unité de temps (Siron, 2015). Cet indice servira à comparer les résultats obtenus entre les différents sites d'échantillonnage, les sessions, le type de piège ou encore suivant les années. En effet, les données de 2017 obtenues par la méthode des nasses sur les brochetons lors de l'étude concernant les écrevisses de Louisiane seront exploitées ici. Celles-ci portent sur deux sessions d'échantillonnage uniquement et sur quatre des six sites étudiés cette année (Les Grands bonhommes, la Pré aux canes, Zinay et la Sénaigerie).

La CPUE est calculée grâce aux formules présentées ci-dessous suivant le type de piège :

$$\text{CPUE}_{\text{filets}} = \frac{\text{Nbre d'ind. capturés en 48h}}{\text{Nbre de filets utilisés sur 48h : 12}} \qquad \text{CPUE}_{\text{nasses}} = \frac{\text{Nbre d'ind.capturés en 48h}}{\text{Nbre de nasses utilisées sur 48h: 30}}$$

Un paramètre biologique sera également étudié : l'évolution de la taille des brochetons en fonction des sessions, des sites et des années.

b) Méthodes de capture

Les pêches scientifiques ne peuvent avoir lieu sur le lac de Grand-Lieu qu'après autorisation préfectorale (Cf. Annexe 5). La capture des brochetons se fait dans le cas présent grâce à des pièges passifs. Deux types de pièges sont utilisés : des filets verveux doubles maillant de 4mm et des nasses (mailles de 5.5mm) (Cf. Figures 3 et 4, Annexe 6). Six filets et quinze nasses sont disposés sur chaque site. Ils sont placés en fonction de la topographie, de la hauteur d'eau ainsi que de la végétation (Cf. Annexe 7). L'utilisation de deux types de pièges différents permettra d'en juger l'efficacité en comparant les CPUEs.

Figures 3 et 4 : Photographies représentant une nasse (3) et un filet verveux (4).

Les stations ont été échantillonnées sur trois sessions selon le tableau 1 ci-dessous. Les dates d'échantillonnage ont été déterminées en fonction des niveaux d'eau et de la période de fraie théorique. Aussi, la période entre avril et mai a été retenue pour effectuer les suivis sur les frayères à brochets. La première session a ainsi été réalisée entre le 9 et le 18 avril, la deuxième entre le 25 avril et le 4 mai, la dernière entre le 14 et le 24 mai. Lors de chaque session, chaque station est prospectée durant trois jours ; le premier jour étant le jour de pose des pièges passifs, le deuxième et troisième jour étant les jours de relève des pièges.

Tableau 1 : Dates d'échantillonnage suivant les sessions et les sites.

Sites	Session 1	Session 2	Session 3
Zinay/Sénaigerie	09/04/2018 -> 11/04/2018	25/04/2018 -> 27/04/2018	14/05/2018 -> 16/05/2018
Malgogne/Pré aux canes	11/04/2018 -> 13/04/2018	30/04/2018 -> 02/05/2018	16/05/2018 -> 19/05/2018
Grands bonhommes/Ile verte	16/04/2018 -> 18/04/2018	02/05/2018 -> 04/05/2018	22/05/2018 -> 24/05/2018

c) Méthode de marquage et biométrie

Chaque brocheton capturé est mesuré et marqué par l'ablation partielle d'une nageoire pelvienne afin qu'il ne soit pas comptabilisé lors de nouveaux échantillonnages. Ce type de marquage est adapté pour cette étude car elle s'étend sur quelques semaines. Or, après un certain temps, les nageoires des poissons se régénèrent, il est donc important de prendre ce facteur en compte avant de choisir cette méthode (INRA, 2006). La mesure du brochet est comprise entre l'extrémité de la mâchoire et l'échancrure de la nageoire caudale (Cf. Figure 5). L'ensemble des données est reporté sur une fiche terrain suivant le piège utilisé (Cf. Annexes 8 et 9).

Figure 5 : Photographie représentant la mesure d'un brocheton.

5. Paramètres influençant la dynamique de population des brochetons

a) Objectif

Deux études ont été réalisées en 2004 et en 2013 sur les frayères. Celles-ci ont été évaluées théoriquement grâce aux indices de CSP, d'Inskip et de l'ONEMA. Les frayères étaient alors considérées comme étant de bonne qualité. Ici l'objectif ne sera donc pas de qualifier les frayères mais plutôt de déterminer, en lien avec les résultats obtenus sur la dynamique de population du brocheton quels sont les paramètres pouvant influencer le recrutement et le développement du brocheton.

b) Paramètres mesurés et méthodes

Les principales caractéristiques des frayères sont notées sur une fiche station (Cf. Annexe 10). Les niveaux d'eau ont été relevés quotidiennement entre le mois de janvier et juillet en 2017 et 2018. La topographie a été mesurée depuis un bateau en couvrant au maximum, et suivant l'accessibilité, l'ensemble des zones étudiées pour une Cote Buzay de 2.34 mètres. L'ouverture des milieux a été observée par cartographie.

Lors de l'étude, les paramètres physico-chimiques des différentes frayères ont été relevés ainsi que des paramètres biologiques. L'oxygène dissous et le pH ont été mesurés à l'aide d'une sonde et cela chaque jour d'échantillonnage sur chaque site. Six sondes « Hobo » ont également été installées sur les six frayères dès le mois de février pour avoir les données de température toutes les heures. La température du lac a été mesurée, en 2017 et en 2018, grâce à une sonde « YSI » permettant l'enregistrement en continu de plusieurs paramètres.

Les paramètres biologiques qui ont été relevés sont la végétation, la présence de zooplancton, de cyprinidés, d'insectes prédateurs et d'écrevisses de Louisiane. Les relevés de végétation ont été faits sur 4 des 6 sites au mois de juillet, un problème d'accessibilité ayant eu lieu sur les Grands bonhommes et sur l'Ile verte. Ces relevés ont consisté à recenser toutes les espèces floristiques présentes sur les milieux de structure homogène en utilisant le coefficient de Braun-Blanquet. La surface totale prospectée, la hauteur maximale, moyenne et minimale de la végétation ont également été évaluées. Les deux autres frayères qui n'ont pu être prospectées directement ont été caractérisées grâce à une synthèse floristique réalisée par Ouest Am' en 2014, pour le site des Grands bonhommes et grâce à des relevés effectués en 2016 pour l'Ile verte. Le but ici est d'avoir un aperçu des espèces favorables pouvant servir de support de ponte au brochet et non d'avoir un relevé floristique très exhaustif des milieux. Concernant le zooplancton, il a été prélevé après filtration d'un volume d'eau, variable suivant la saturation du filtre, et il a ensuite été fixé grâce à de l'alcool à 70°. La filtration a été choisie pour retenir uniquement les cladocères et les copépodes qui ont été dénombrés et déterminés à l'aide d'une clé d'identification (Witty, 2004). Le résultat est exprimé en nombre d'individus par litre. Concernant, les larves et adultes d'insectes, ils ont été capturés directement par les pièges passifs utilisés pour la capture des brochetons, la capture au troubleau s'étant révélée inefficace. Ici aussi deux clés d'identification ont été utilisées (Richoux, 1982 ; Dethier, 1986). Lors de la relève des pièges, le dénombrement et l'identification des cyprinidés et des écrevisses de Louisiane capturés dans les pièges ont

également été réalisés. Les écrevisses ont été classées dans deux catégories : « écrevisses de grande taille » supérieures à 3cm et « écrevisses de petite taille » inférieures à 3cm.

6. Répartition des brochetons après migration

a) Objectifs

Une fois les frayères exondées, les brochetons migrent vers les milieux permanents. Aussi l'objectif ici sera d'observer si les individus réussissent à rejoindre ces milieux mais également d'identifier quels secteurs sur le lac sont privilégiés et quels sont les effectifs capturés.

b) Méthode

Le suivi se fera ici grâce à la participation des pêcheurs professionnels du lac. Sept pêcheurs travaillent sur le lac et ont des zones de pêche qui leur sont attribuées. Les pièges utilisés sont des filets verveux simples à trois poches, les mailles les plus petites étant de 11mm. Une paradière permet de guider les poissons vers ces poches (Cf. Figure 6). Un maximum de 13 filets verveux est posé par pêcheur. Le suivi a été fait avec quatre pêcheurs du 2 au 18 juillet, avec un total de 43 filets relevés. La méthode consiste à localiser les filets, dénombrer et mesurer l'ensemble des brochets capturés.

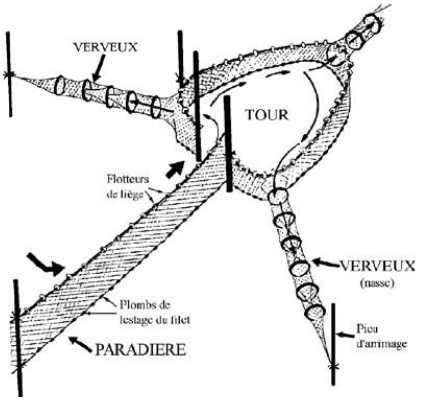


Figure 6 : Schéma représentant les filets des pêcheurs professionnels.

7. Analyses statistiques et géographiques

a) Etude des populations de brochetons sur les frayères

L'analyse des résultats sur les CPUEs et sur les paramètres biologiques du brocheton a été effectuée grâce au logiciel R (R Development Core Team(2013)).

- *Les CPUEs*

Les analyses statistiques se sont portées sur la comparaison des CPUEs moyennes en fonction des sessions, des stations, des années et suivant la méthode d'échantillonnage.

Pour cela, des tests de comparaison de moyennes non paramétriques ont été réalisés, les CPUEs ne suivant pas une distribution normale (Test de Shapiro : p-value <0.05).

Les CPUEs en fonction des sites ont été analysées par le test non paramétrique de Kruskal-wallis, les données étant indépendantes, et complétées par le test de Mann-Whitney, qui permet la comparaison deux à deux de chaque moyenne. La comparaison des CPUEs suivant la méthode d'échantillonnage a également été faite par le test de Mann-Whitney.

L'utilisation d'un test non paramétrique a également été utilisé pour la comparaison des CPUEs en fonction des années et des sites, l'analyse ne suivant pas une distribution normale (Test de Shapiro : p-value = 0.0005297). Aussi, un test de Wilcoxon a permis la

comparaison deux à deux de chaque moyenne, les données étant dépendantes. Ce test a également été utilisé pour comparer les CPUEs suivant les sessions d'échantillonnage.

- *La taille des brochetons*

Les tailles des brochetons en fonction des sites et des sessions ont été analysées par deux tests non paramétriques, les données ne suivant pas une distribution normale (Test de Shapiro : p-value < 2.2 e -16). Un test de Wilcoxon a été utilisé pour comparer les tailles en fonction des sessions et un test de Mann-Whithney a été utilisé pour comparer les tailles en fonction des sites. Pour comparer les tailles entre 2017 et 2018, le test de Wilcoxon a également été utilisé.

b) Paramètres influençant la dynamique de population des brochetons

La topographie et l'ouverture des six frayères ont été analysées par le logiciel de cartographie QGis. Pour tester la répartition des effectifs du zooplancton, des cyprinidés et des macro-invertébrés suivant les sites d'étude et les sessions, le test de Khi-2 d'ajustement a été utilisé. Enfin, pour les écrevisses de Louisiane, un test non paramétrique de comparaison de moyennes a été utilisé, les données ne suivant pas une distribution normale (Test de Shapiro: p-value < 2.2 e -16). Le test de Kruskal-wallis, complété par le test de Mann-Whitney, a donc été effectué pour les comparaisons de moyennes entre les sites par session. La comparaison des CPUEs par site en fonction des sessions a été réalisée par le test de Wilcoxon.

c) Répartition des brochetons après migration

La répartition des brochetons sur le lac a été observée grâce aux captures effectuées avec l'aide des pêcheurs professionnels. L'analyse spatiale de la répartition des brochetons a été faite grâce au logiciel de cartographie QGis.

II) Résultats

1. Etude des populations de brochetons sur les frayères

Lors des trois sessions d'échantillonnage et sur l'ensemble des sites étudiés, 288 individus ont été capturés (Cf. Tableau 2). A partir des données recueillies, le graphique présentant l'ensemble des captures en fonction des sites, des sessions et de la méthode de d'échantillonnage (nasse ou filet) a été réalisé (Cf. Figure 7). Suivant les sites, le nombre de captures varie de 0 à 10 lors de la première session, de 2 à 44 lors de la deuxième session et de 6 à 70 lors de la troisième session. Seul un site, Zinay ne présente aucune capture lors de la première session. Le nombre de captures par site varie, pour la méthode des filets de 0 à 51 et de 0 à 19 pour la méthode des nasses.

Tableau 2 : Nombre d'individus par site et par session en fonction du type de piège.

Sites	Filet	Nasse
Sénaigerie_1	1	0
Sénaigerie_2	38	6
Sénaigerie_3	23	8
Zinay_1	0	0
Zinay_2	2	0
Zinay_3	1	4
Malgogne_1	2	0
Malgogne_2	8	1
Malgogne_3	7	3
Pré aux canes_1	1	0
Pré aux canes_2	13	2
Pré aux canes_3	14	1
Ile verte_1	3	0
Ile verte_2	17	5
Ile verte_3	16	2
Les Grands Bonhommes_1	9	1
Les Grands Bonhommes_2	28	2
Les Grands Bonhommes_3	51	19

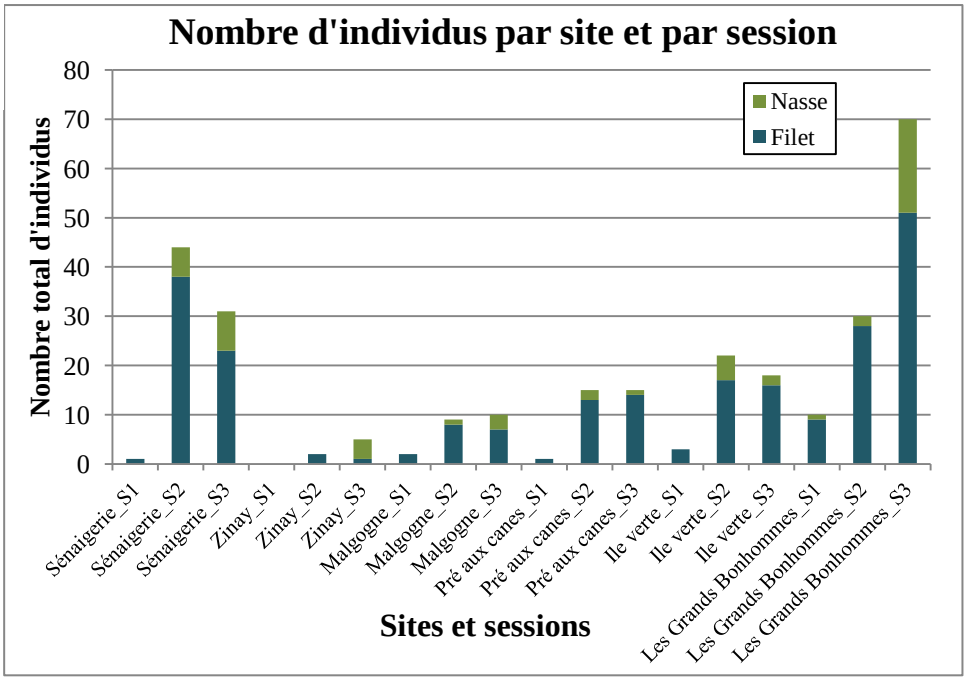


Figure 7 : Graphique représentant le nombre d'individus par site et par session (S1 : Session 1, S2 : Session 2, S3 : Session 3).

A partir de ces résultats, les CPUEs peuvent être calculées et celles-ci sont récapitulées dans le tableau ci-dessous en fonction de la méthode d'échantillonnage, de la session et des sites d'étude.

Tableau 3 : CPUEs moyennes (± erreur standard) par session, par site et par type de pièges.

	Session 1		Session 2		Session 3		Moyenne Sessions	
	CPUE filet	CPUE nasse	CPUE filet	CPUE nasse	CPUE filet	CPUE nasse	CPUE filet	CPUE nasse
Grands bonhommes	0,8±0,3	0,03 ± 0,03	2,0 ± 0,6	0,2±0,1	4,3±1,5	0,6±0,2	2,3±0,6	0,3±0,1
Ile verte	0,3±0,1	0,0 ± 0,0	1,3 ± 0,6	0,2±0,1	1,3±0,6	0,1±0,0	0,9±0,3	0,08±0,03
Malgogne	0,2±0,1	0,0 ± 0,0	0,7 ± 0,3	0,03±0,05	0,6±0,2	0,1±0,1	0,5±0,1	0,06±0,03
Pré aux Canes	0,1±0,1	0,0 ± 0,0	1,1 ± 0,3	0,1±0,0	1,2±0,3	0,03±0,03	0,8±0,2	0,03±0,02
Sénaigerie	0,1±0,1	0,0 ± 0,0	3,2 ± 0,8	0,2±0,1	1,6±0,5	0,4±0,2	1,6±0,4	0,2±0,1
Zinay	0,0±0,0	0,0 ± 0,0	0,3 ± 0,2	0,0±0,0	0,1±0,1	0,1±0,1	0,1±0,1	0,04±0,03
Total	0,2±0,1	0,0±0,0	1,4±0,2	0,1±0,0	1,3±0,3	0,2±0,1	1,0±0,1	0,1±0,0

a) CPUEs en fonction des sites d'échantillonnage

Les figures 8 et 9 montrent les différences de CPUEs suivant les sites d'étude. Sur les sites échantillonnés par les filets verveux (Cf. Figure 8), le site des Grands bonhommes a une CPUE moyenne significativement supérieure (p-value<0.05) à l'ensemble des autres sites excepté la Sénaigerie (p-value = 0.1519). A l'inverse, la CPUE de Zinay est la plus faible par rapport aux autres frayères (p-value<0.05). Enfin une différence significative est également observée entre Malgogne et la Sénaigerie (p-value = 0.009726), avec une CPUE moyenne 3 fois supérieure pour la Sénaigerie.

L'échantillonnage par les nasses présente également des différences de CPUEs significatives entre les sites (Cf. Figure 9). En effet, le site des Grands bonhommes présente ici aussi une CPUE significativement supérieure à l'ensemble des autres frayères excepté la

Sénaigerie (p-value = 0.3297). Le site de la Sénaigerie présente également une CPUE significativement supérieure aux sites tels que Malgogne (p-value = 0.02246), la Pré aux canes (p-value = 0.008456) et Zinay (p-value = 0.009375).

Les sites des Grands bonhommes et de la Sénaigerie présentent donc les CPUEs les plus élevées que ce soit par la méthode de capture par nasses ou filets. A l'inverse, le site de Zinay présente les CPUEs les plus faibles.

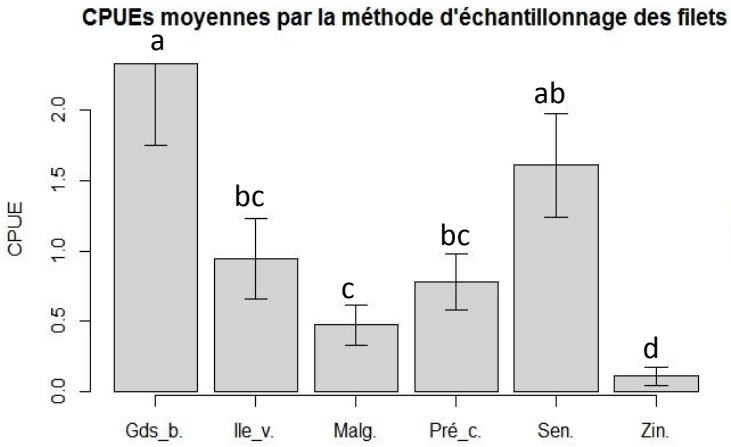


Figure 8 : Barplots représentant les CPUEs moyennes en fonction des sites d'étude par la méthode des filets verveux (Gds_b : Grands bonhommes, Ile_v : Ile verte, Malg : Malgogne, Pré_c : Pré aux canes, Sen : Sénaigerie, Zin : Zinay).

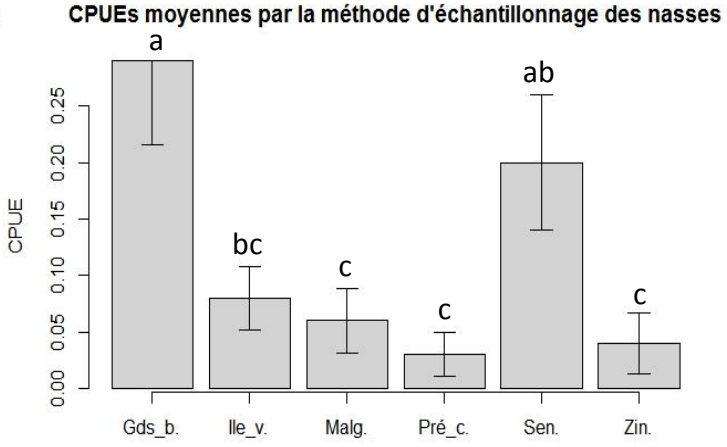


Figure 9 : Barplots représentant les CPUEs moyennes en fonction des sites d'étude par la méthode des nasses. (Gds_b : Grands bonhommes, Ile_v : Ile verte, Malg : Malgogne, Pré_c : Pré aux canes, Sen : Sénaigerie, Zin : Zinay).

b) CPUEs en fonction des sessions d'échantillonnage et des méthodes de capture

La figure 10 montre l'évolution des CPUEs en fonction des sessions de capture et de la méthode de piégeage. Concernant les différences entre les sessions, pour la méthode des filets, la CPUE moyenne de la première session, qui est de 0.2 ± 0.1 brocheton par filet, est significativement plus faible par rapport à la deuxième (p-value = 1.503 e -07) et la troisième session (p-value = 1.315 e -06), pour lesquelles les CPUEs sont respectivement de 1.4 ± 0.2 et 1.3 ± 0.3 individu par filet. Pour la méthode des nasses, le même constat est observé : les CPUEs sont, en moyenne, significativement plus faibles lors de la première session (CPUE = 0) par rapport à la deuxième session pour laquelle la CPUE est de 0.1 ± 0.0 (p-value = 1.987 e -05) et la troisième session pour laquelle la CPUE est de 0.2 ± 0.1 individu par nasse (p-value =3.161 e -07). Cependant, les CPUEs, par filets ou par nasses, ne présentent aucune différence significative entre la deuxième et la troisième session (p-value $_{filet}$ = 0.6387 et p-value $_{nasse}$ = 0.2271).

Les captures ont donc été principalement faites entre la fin du mois d'avril et la fin du mois de mai.

Afin d'évaluer quelle méthode de capture est la plus efficace entre les nasses et les filets verveux, une comparaison des CPUEs est également effectuée (Cf. Figure 10) : des différences significatives sont obtenues avec une CPUE moyenne plus importante par la méthode des filets par rapport à la méthode des nasses et cela pour la première session (p-value = 1.109 e-08), la deuxième (p-value = 2.2 e -16) mais également la troisième session (p-value = 1.366 e -11). Les filets ont donc une capacité de capture plus importante que les nasses quelle que soit la session d'échantillonnage.

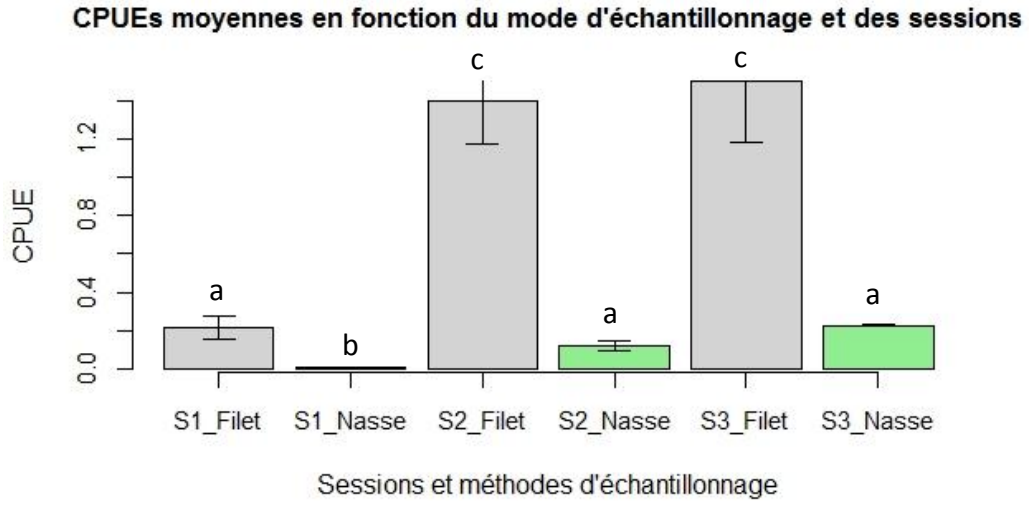


Figure 10 : Barplots réprésentant l'évolution des CPUEs suivant les sessions en fonction de la méthode de piégeage (S1 : 1ère Session, S2 : 2ème Session, S3 : 3ème Session).

c) CPUEs entre 2017 et 2018 par site d'étude et par session

Grâce à l'étude de 2017 portant sur les écrevisses de Louisiane, la comparaison des CPUEs obtenues par les nasses entre 2017 et 2018 lors de la première et deuxième session est réalisée (Cf. Figure 11) afin d'observer si certaines frayères sont privilégiées par les brochets suivant les années. Entre 2017 et 2018, aucune différence significative n'est observée sur le site des Grands bonhommes (p-value = 0.4595) ni sur la Sénaigerie (p-value = 0.4327). A l'inverse, sur le site de la Pré aux canes, la CPUE moyenne, qui s'élève à 0.13±0.03 individu par nasse en 2017, est plus importante par rapport à 2018 ($CPUE_{2018}$ = 0.03±0.02 ; p-value = 0.04839) tout comme sur le site de Zinay où la CPUE moyenne s'élevait à 0.18±0.04 en 2017 et 0.02±0.02 cette année (p-value = 0.002306) soit une CPUE neuf fois plus importante en 2017.

Contrairement à l'année 2018, en 2017 aucune différence significative n'est observée entre les CPUEs des différents sites (p-value > 0.05). L'année 2018 est donc marquée par des fluctuations plus importantes entre les sites par rapport à 2017.

D'après la figure 12, il est constaté que les captures lors de la première session de 2018 (CPUE = 0.008±0.008) sont nettement inférieures à la première session de 2017 (p-value = 5.85 e -05) mais également aux deuxièmes sessions de 2017 (p-value = 2.254e-05) et 2018 (p-value = 0.0009748). Cependant, il n'y a pas de différence significative entre les deuxièmes sessions de 2017 et 2018 (p-value = 0.2504).

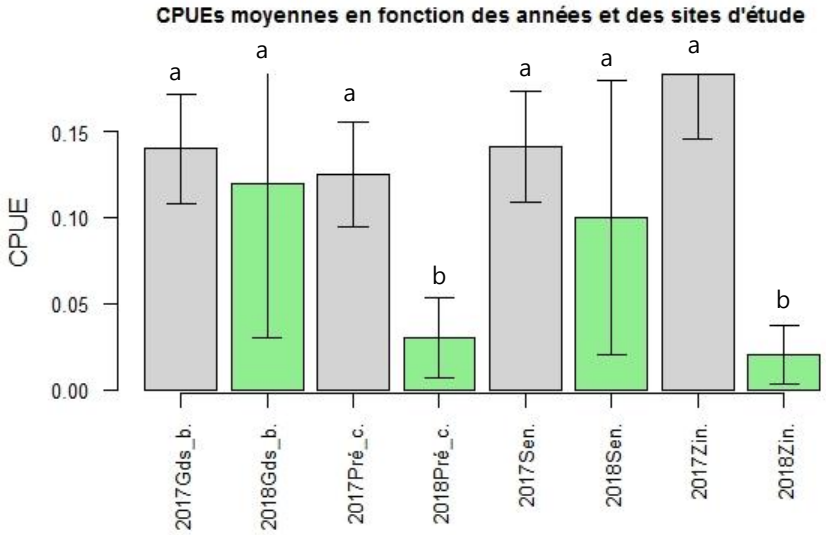


Figure 11 : Barplots représentant les CPUEs moyennes selon les sites et les années (Gds_b : Grands bonhommes, Pré_c : Pré aux canes, Sen : Séniagerie, Zin : Zinay. en gris : Année 2017, en vert : Année 2018).

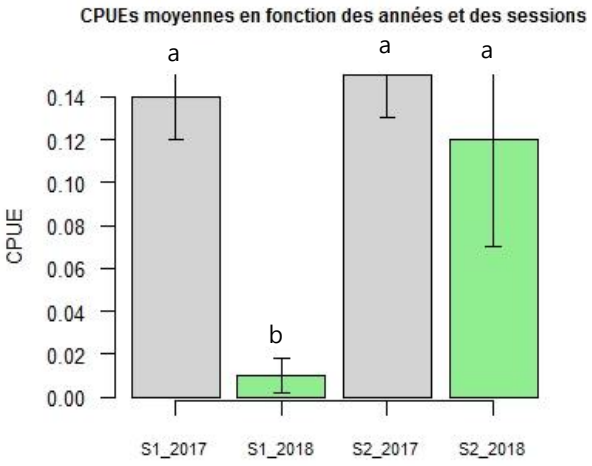


Figure 12 : Barplots représentant les CPUEs moyennes selon les sessions et les années d'échantillonnage (S1 : 1ère Session, S2 : 2ème Session, S3 : 3ème Session, en gris : Année 2017, en vert : Année 2018).

d) Evolution de la taille des brochetons entre les sites et les sessions

D'après la figure 13, la taille des brochetons varie de 26mm à 59mm lors de la première session avec une moyenne de 46.5 ± 2.4mm, de 49mm à 122mm lors de la deuxième session avec une moyenne de 78.4 ± 1.2mm et enfin de 55mm à 142mm lors de la troisième session avec une moyenne de 101.2±1.4mm. Sur l'ensemble de la période d'échantillonnage, la taille des brochetons évolue donc d'un centimètre par semaine ce qui est en accord avec les données de Chancerel (2003). Deux classes de taille sont très représentées lors de la deuxième session : la classe comprise entre 60 et 65mm et celle comprise entre 70 et 75mm. Ces pics d'effectifs correspondraient aux cohortes de la troisième session mesurant entre 90 et 95mm et 100 et 105mm.

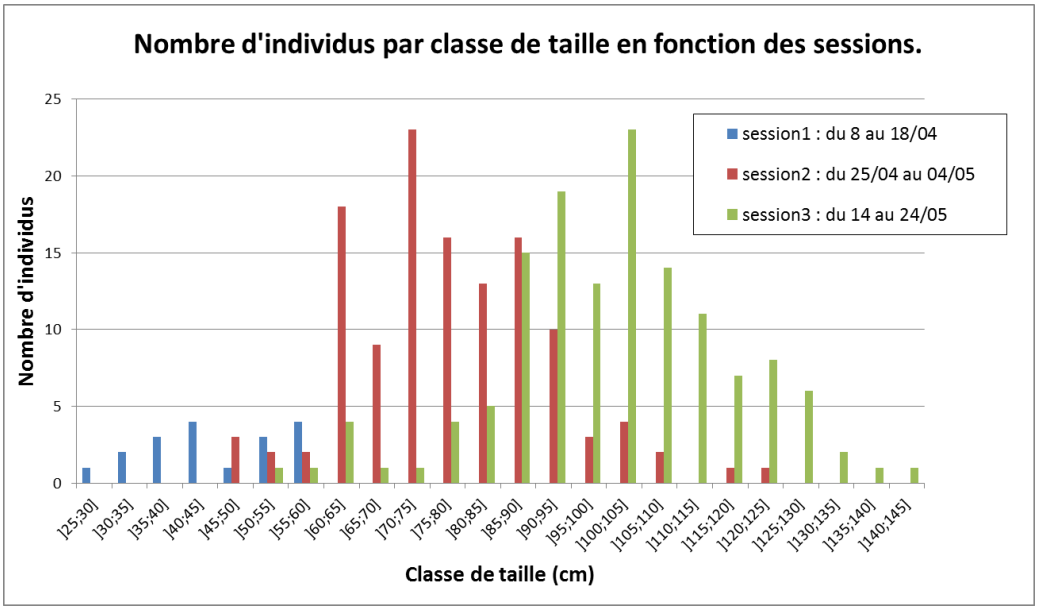


Figure 13 : Graphique représentant le nombre d'individus par classes de taille en fonction des sessions.

Afin d'observer si des différences de taille apparaissent entre les sessions et les frayères, une comparaison de moyennes représentée par la figure 14 a été réalisée. Lorsque la taille des brochetons est comparée en fonction des sessions d'échantillonnage, une augmentation significative de cette taille est observée entre la 1ère, la 2ème et la 3ème session (p-value < 0.05) excepté sur le site de Zinay entre la 2ème et 3ème session (p-value = 0.09524), et sur la Sénaigerie entre la 1ère et 2ème session (p-value = 0.09648) et entre la 1ère et la 3ème session (p-value = 0.1038) où il n'y a pas de différence significative.

Une comparaison des tailles entre les sites est également faite :

- ➔ Lors de la première session, les individus sont significativement plus grands sur les Grands bonhommes par rapport à la Pré aux canes (p-value = 0.005825).
- ➔ Lors de la deuxième session, les individus sont significativement plus petits sur le site de la Sénaigerie par rapport à l'ensemble des autres sites (p-value<0.05) excepté Zinay (p-value =0.09794). Les individus capturés sur Zinay sont également plus petits que les Grands bonhommes et l'Ile verte (respectivement : p-value = 0.03544 et p-value = 0.02484). A l'inverse, les individus capturés sur la Pré aux canes sont cette fois-ci significativement plus grands que sur les autres sites (p-value<0.05).
- ➔ Lors de la troisième session, sur la Sénaigerie, les individus capturés sont toujours plus petits que sur les autres frayères (p-value<0.05). A l'inverse, ce sont les individus de l'Ile verte qui sont cette fois-ci les plus grands (p-value<0.05).
  Contrairement à la première session, les individus sont encore une fois plus petits sur les Grands bonhommes que ceux de la Pré aux canes (p-value = 1.657 e -11). Enfin, les individus de la Pré aux canes sont eux plus petits que ceux de la Malgogne (p-value = 0.003906)

Suivant les sessions et les sites, la croissance des individus évolue très différemment : les individus sur les Grands bonhommes, la Pré aux canes et l'Ile verte semblent cependant croître plus rapidement que les individus présents sur la Sénaigerie et Zinay.

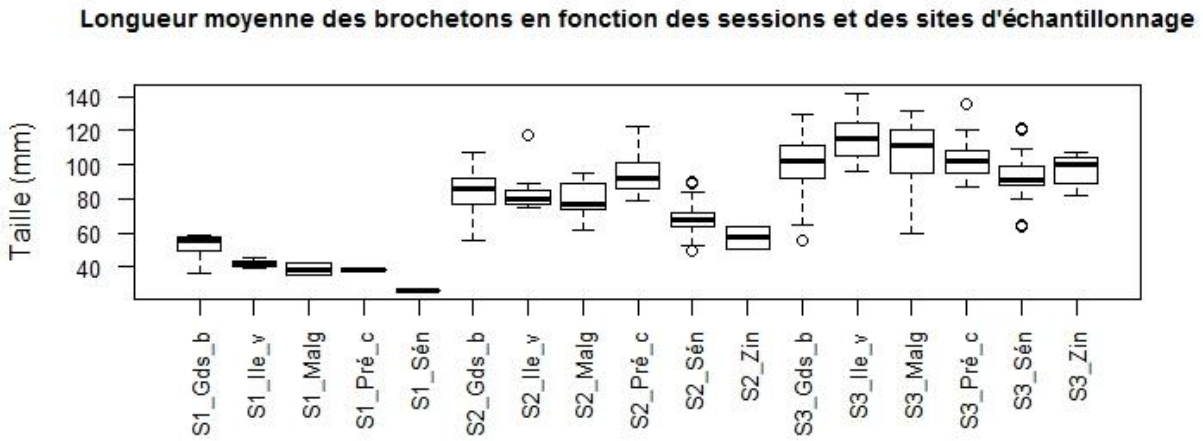


Figure 14 : Boxplots représentant l'évolution des tailles en fonction des sites et des sessions (S1 : 1ère Session, S2 : 2ème Session, S3 : 3ème Session, Gds_b : Grands bonhommes, Ile_v : Ile verte, Malg : Malgogne, Pré_c : Pré aux canes, Sén : Senaigerie.).

e) Evolution de la taille des brochets en fonction des années de capture

La comparaison de moyennes représentée par la figure 15, montre que la taille des brochetons est significativement plus faible entre 2018 et 2017 lors de la deuxième session (p-value = 1.044 e -05), avec une taille moyenne de 112.6±4.8mm en 2017 et de 82.5±2.8 mm en 2018. La taille des brochetons est également significativement plus faible lors de la troisième session de 2018, avec une taille moyenne de 100.0±2.3mm, par rapport à la deuxième session de 2017 (p-value = 0.003323). Entre la première session de 2017 et 2018, aucune différence entre les tailles n'est observée (p-value = 0.1843). Cependant en 2018, seul un individu était capturé dans les nasses lors de la première session.

Pour une même période, les individus sont donc plus petits en 2018 qu'en 2017.

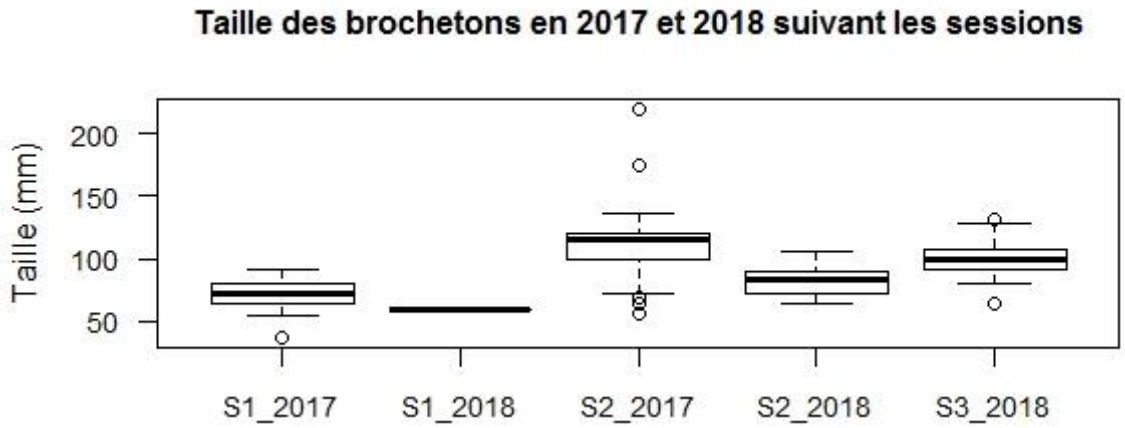


Figure 15 : Boxplots représentant l'évolution de la taille des brochetons en fonction de sessions d'échantillonnage et des années (S1 : 1ère session, S2 : 2ème session, S3 : 3ème session).

f) Mortalité et recapture

Sur les 288 individus capturés, une seule recapture a été observée et 32 brochetons ont été capturés morts, soit 11% des effectifs : 16 ont été prédatés dont 3 lors de la 2ème session et 13 lors de la 3ème session. Les 16 autres individus retrouvés morts n'avaient aucune marque de prédation. Parmi ces individus, 11 ont été piégés lors de la 2ème session et 5 lors de la 3ème session. Aucune mortalité n'a été observée lors de la première session.

2. Etude des paramètres influençant la dynamique de population des brochetons

a) Niveaux d'eau et durée de submersion

Le niveau d'eau dans les frayères est un des critères les plus importants lors de la reproduction du brochet. Celui-ci doit en effet être suffisamment important durant toute la période de reproduction et du développement de l'alevin. En 2018, entre le 1er février et le 31 avril, les mois les plus critiques pour le brocheton, la Cote Buzay était à un niveau compris entre 2.16 mètres et 2.81 mètres avec une moyenne de 2.54 mètres. En comparaison, en 2017, les niveaux d'eau étaient beaucoup plus bas pour cette même période avec un minimum de 1.69 mètre, un maximum de 2.25 mètres et une moyenne de 1.99 mètre (Cf. Figure 16).

Sur les frayères, une hauteur d'eau minimale de 20cm est nécessaire pour la reproduction, le développement et la survie du brocheton. D'après le tableau 4, avec une Cote Buzay de 2.17 mètres, la hauteur d'eau sur l'ensemble des sites étudiés est supérieure ou égale à 20cm, la Sénaigerie ayant une hauteur d'eau moyenne de 20cm. Aussi, en 2017, une hauteur d'eau moyenne supérieure à 20cm a été atteinte sur l'ensemble de ces frayères pour une période égale à 15 jours ce qui est nettement inférieur à 2018 où l'ensemble des frayères étaient submergées pendant 111 jours consécutifs. Cependant des frayères comme Zinay peuvent être immergées plus longtemps, la Cote Buzay minimale étant de 1.88m pour atteindre 20cm.

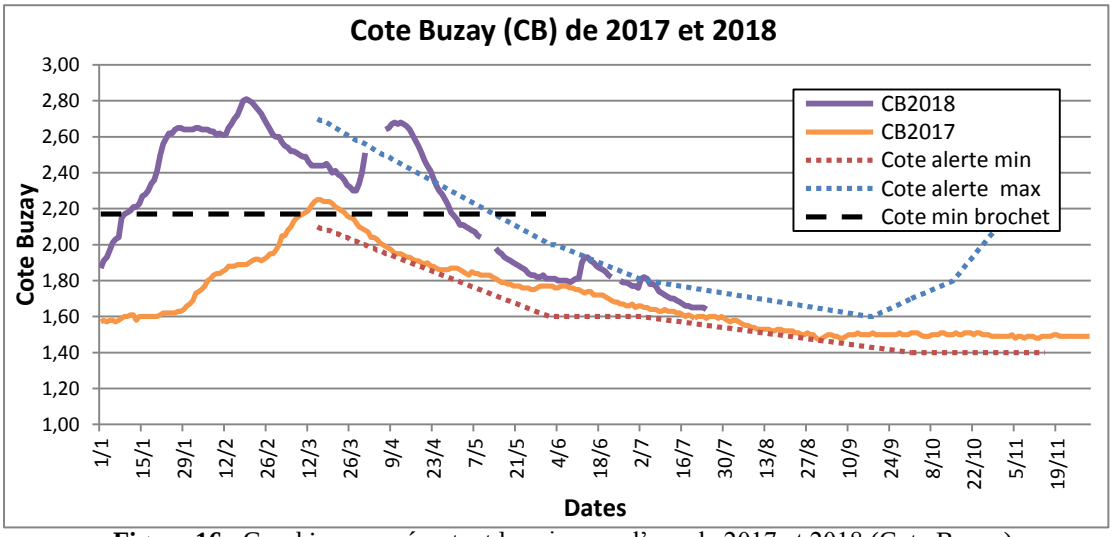


Figure 16 : Graphique représentant les niveaux d'eau de 2017 et 2018 (Cote Buzay).

Tableau 4 : Niveau d'eau moyen (± écart type) pour les frayères à une CB de 2.17.

Sites	H moy (cm)
Zinay	49±8,0
Gds Bonhommes	41±12
Pré aux canes	36±6,8
Malgogne	34±10
Ile verte	29±11
Sénaigerie	20±21

b) Topographie et ouverture des sites

Les cartographies (Cf. Figure 17) représentent la topographie sur chaque site pour une Cote Buzay de 2.34 mètres. La topographie d'une frayère est un critère important à prendre en compte lors de l'étude de la reproduction du brochet. Des pentes douces permettent en effet une migration facilitée des brochetons vers les milieux permanents. Ce type de topographie est observé sur la frayère de la Sénaigerie où les brochetons peuvent se déplacer des frayères vers les milieux permanents sans difficulté. Sur les frayères de la Pré aux canes et de Zinay, la topographie est suffisamment plane, et sur l'Ile verte la présence de petites tranchées permettent aux brochetons de sortir des frayères. A l'inverse, sur les frayères telles que les Grands bonhommes ou la Malgogne, un dépôt sédimentaire est observé en bord de douve ce qui créé à terme un bourrelet sédimentaire pouvant empêcher la migration des brochetons des frayères vers les milieux permanents.

Sur les cartographies, l'ouverture des sites est également observée : les prairies sont des milieux très ouverts avec une strate arbustive très peu présente. A l'inverse, les roselières, excepté l'Ile verte, sont des milieux nettement plus fermés que les prairies avec une strate arbustive beaucoup plus abondante, ce qui peut avoir un effet sur l'accessibilité des frayères par les brochets.

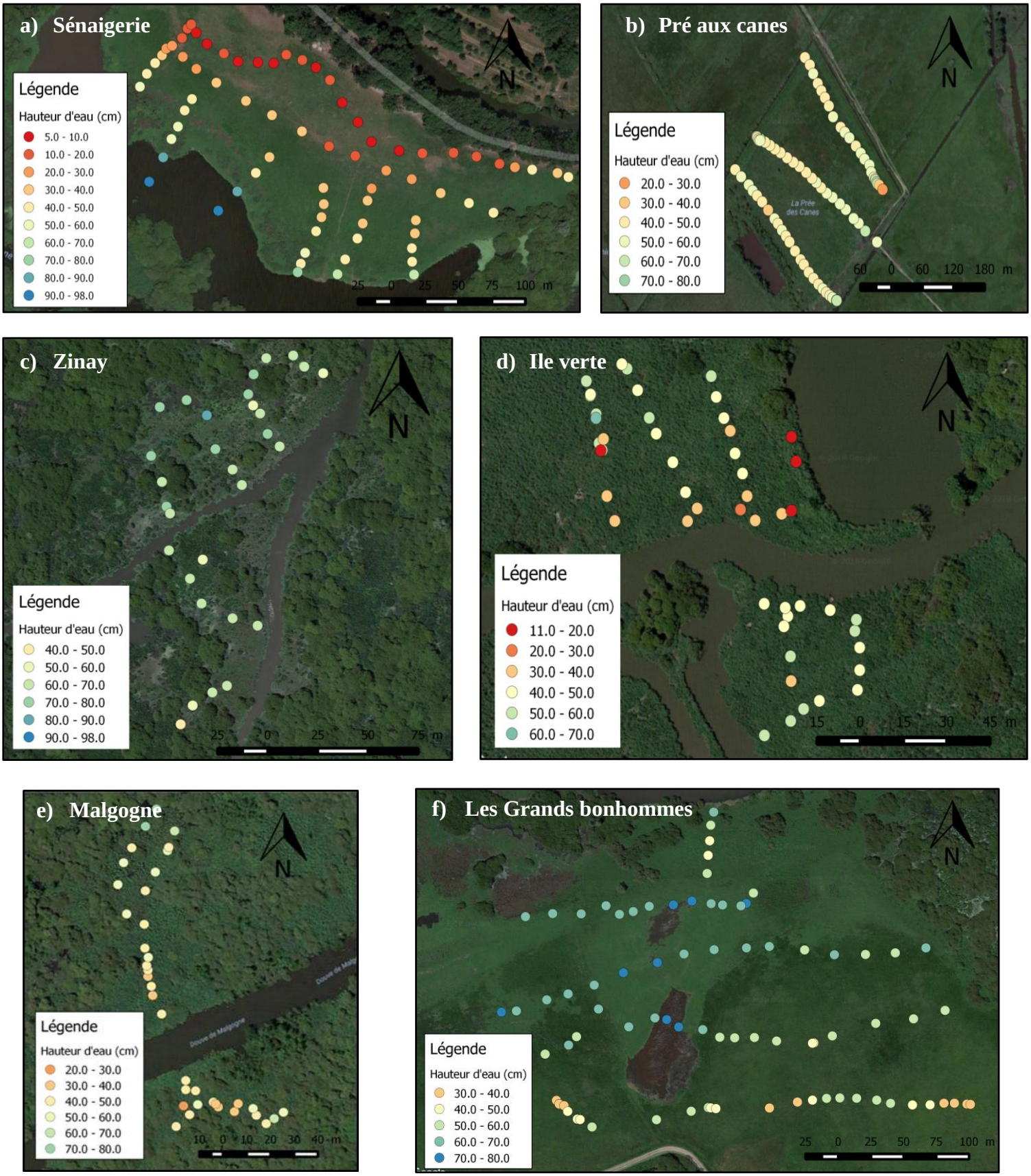


Figure 17 : Cartographie de la topographie des sites (pour une Cote Buzay de 2.34mètres).

c) Paramètres physico-chimiques

- *Température*

La figure 18 schématise les températures du lac en 2017 et en 2018, entre les mois de janvier et mai. L'enregistrement des températures sur les frayères en 2018 a débuté plus tardivement, à partir du 21 février. Dans un souci de lisibilité de la figure, les températures de chaque frayère n'ont pas été présentées, celles-ci étant très similaires, mais seule la moyenne de ces températures a été faite pour observer la tendance. Le lac de Grand-Lieu présente des profondeurs maximales faibles (1.65mètre de profondeur pour une Cote Buzay de 1.60mètre), aussi les températures du lac fluctuent rapidement en fonction des températures extérieures. En 2017, à la mi-janvier les températures du lac n'ont pas été enregistrées sur une dizaine de jours car l'eau était alors gelée. En effet, les températures extérieures atteignaient jusqu'à 6.7°C à cette période-là (Cf. Annexe 11).

En 2018, des températures inférieures à 6°C, températures défavorables pour la reproduction du brochet, ont été enregistrées pendant 11 jours consécutifs du 5 au 15 février et pendant 10 jours du 24 février au 5 mars. Les températures enregistrées en continu dans les frayères sont semblables à celles du lac avec cependant une variabilité légèrement plus importante car les profondeurs sont plus faibles sur ces milieux : l'eau se réchauffe ou se refroidit donc plus rapidement que sur le lac.

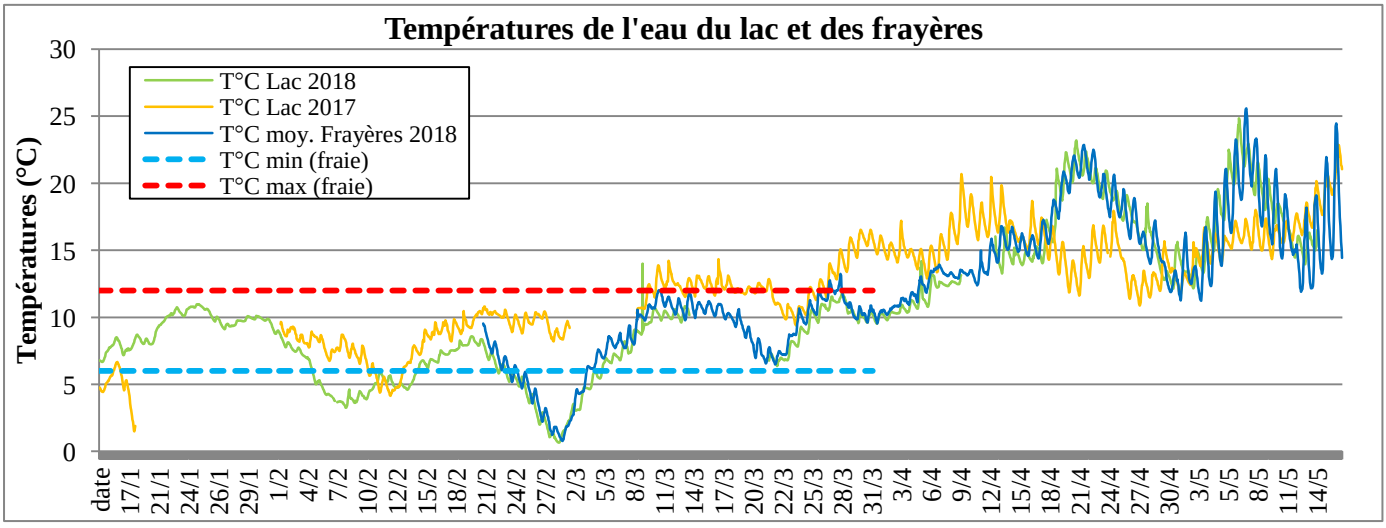


Figure 18 : Graphique représentant l'évolution des températures de l'eau du lac et des frayères.

- *Oxygène dissous et pH*

Pour l'oxygène dissous, les concentrations minimales pouvant être létales pour le brochet sont comprises entre 0.5 et 2.0 mg/L. Sur les frayères, lors de la première session, les concentrations moyennes étaient comprises entre 6.72 ± 0.36 mg/L pour la Malgogne et 10.04 ± 0.42 mg/L pour l'Ile verte. Les concentrations moyennes diminuent ensuite lors de la 2ème session avec un minimum de 2.21 ± 0.54 mg/L pour Zinay et un maximum de 6.85 ± 1.51 mg/L pour les Grands bonhommes. Ces concentrations tendent à se stabiliser lors de la 3ème session avec un minimum de 2.62 ± 0.40 mg/L sur la Sénaigerie et un maximum de 4.46 ± 1.62 mg/L sur l'Ile verte. En moyenne, sur aucun site, les concentrations ne sont descendues en dessous de 2.0 mg/L.

Quant au pH, la valeur la plus faible a été mesurée sur les Grands bonhommes à 6.42 et la plus forte a été mesurée sur Zinay à 8.19. Sur l'ensemble des sites, le pH correspond aux exigences écologiques du brochet qui est compris entre 5 et 9.5. Le pH ne doit donc pas avoir de conséquence sur la dynamique de population du brocheton dans le cas présent.

d) Végétation

Les différents relevés floristiques ont permis de caractériser la végétation dominante des différentes frayères mais uniquement de la strate herbacée. Le tableau 5 ci-dessous présente la surface prospectée, le recouvrement global, les espèces favorables au brochet et leur coefficient de Braun-Blanquet. L'ensemble des espèces rencontrées est présenté en annexe 12.

D'après le tableau ci-dessous, les roselières ont une richesse spécifique plus faible que les prairies avec uniquement deux espèces favorables sur Zinay et Malgogne et trois sur l'Ile verte alors que les prairies ont entre cinq et neuf espèces favorables pour le brochet. Sur l'ensemble des sites, au moins une espèce favorable est très dominante (coefficient de Braun Blanquet = 4) excepté sur l'Ile verte et sur une des zones prospectées sur Zinay pour lesquelles aucune espèce ne recouvre plus de 50% de la surface étudiée.

Malgré des abondances variables suivant les sites, toutes les frayères présentent au moins deux espèces favorables au brochet en tant que support de ponte. Cependant le recouvrement total de la végétation a également un rôle important. Sur une partie du site de Zinay, celui-ci est inférieur aux autres frayères. La présence de sangliers et de ragondins à cet endroit a eu un fort impact sur ce recouvrement. La Pré aux canes présente également une absence de végétation à l'entrée de la prairie, due sûrement au passage des engins agricoles.

Tableau 5 : Espèces favorables au brochet sur les différentes frayères.

Sites	Zinay(1)	Zinay(2)	Malgogne	Ile verte	Sénaigerie	Pré aux canes (1)	Pré aux canes (2)	Grands bonhommes(1)	Grands bonhommes(2)
Date de prospection	26/07/2018	26/07/2018	26/07/2018	28/06/2016	26/07/2018	01/08/2018	01/08/2018	28/05/2014	28/05/2014
Surface prospectée (m2)	150	125	100	12,25	50	100	200	30	30
Recouvrement strate herbacée (%)	65	85	100	95	100	100	90	80	90
Hauteur moyenne (cm)	40	70	130	80	120	80	60	55	55
Espèces	Coefficient de Braun Blanquet								
Agrostis canina						3		1.2	1.1
Agrostis stolonifera					1	2	4	2.2	
Carex acuta					2				1.3
Carex lasiocarpa						4	1		
Carex visicaria							2		
Eleocharis palustris					2		1	4.4	4.5
Glyceria maxima								2.2	2.3
Juncus acutiflorus							2		
Juncus articulatus						2			
Mentha aquatica	1	3	2	2	4				
Mentha arvensis						3	1		
Mentha x verticillata								3.3	2.3
Molinia caerulea						2	1		
Phalaris arundinacea	3	4	4	2	1	3	2	1.2	2.2
Phragmites australis			3	2		1	1		
Total d'espèces favorables au brochet	**2**	**2**	**3**	**3**	**5**	**8**	**9**	**6**	**6**

e) Proies et Prédateurs

- *Proies potentielles : Le zooplancton et les cyprinidés*

D'après la figure 19 ci-dessous, la concentration en zooplancton est significativement différente entre les sites (p-value<2.2 e -16) et évolue en fonction des sessions de capture. Sur l'ensemble des frayères, la concentration est plus importante lors de la deuxième session, exceptée sur la Sénaigerie où la concentration est légèrement plus importante lors de la 3ème session. Sur l'ensemble des sessions, la frayère de la Pré aux canes présente la concentration moyenne la plus importante avec 250.0 ± 54.6 individus par litre. Le site de Zinay a une concentration moyenne de 150.4 ± 67.3 individus par litre, la Malgogne, 174.5 ± 47.7 individus et l'Ile verte 180.8 ± 83.9 individus. Sur la Sénaigerie et les Grands bonhommes les concentrations sont plus faibles avec en moyenne respectivement 94.9 ± 25.0 et 95.4 ± 56.0 individus par litre sur l'ensemble des sessions.

D'après la figure 20 présentée ci-dessous, le nombre de cyprinidés capturés sur les différentes frayères est lui aussi significativement différent entre les sites et les sessions (p-value<2.2 e -16) et est très variable : sur les frayères de la Sénaigerie et de Zinay les moyennes s'élèvent respectivement à 307.3 ± 177.4 et 178.6 ± 79.1 individus sur les 3 sessions. A l'inverse sur la Malgogne, la Pré aux canes, l'Ile verte ou les Grands bonhommes, les moyennes s'élèvent respectivement à 31.5 ± 6.5, 34 ± 28, 32 ± 17 et 32.3 ± 16.9 individus. De plus, lors de la troisième session, peu d'individus ont été capturés par rapport aux autres sessions : le maximum de captures a été fait sur Zinay (avec 44 captures) et aucune capture n'a été faite sur la Pré aux canes et la Malgogne. Sur l'ensemble des sites, l'Able de Heckel (16.5%) et le Pseudorasbora (80.1%) sont les espèces les plus représentées.

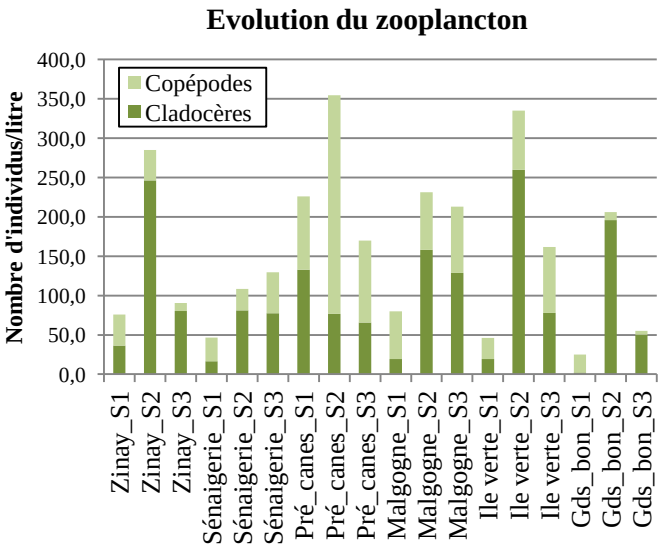


Figure 19 : Graphique représentant l'évolution du zooplancton en fonction des sites et des sessions.

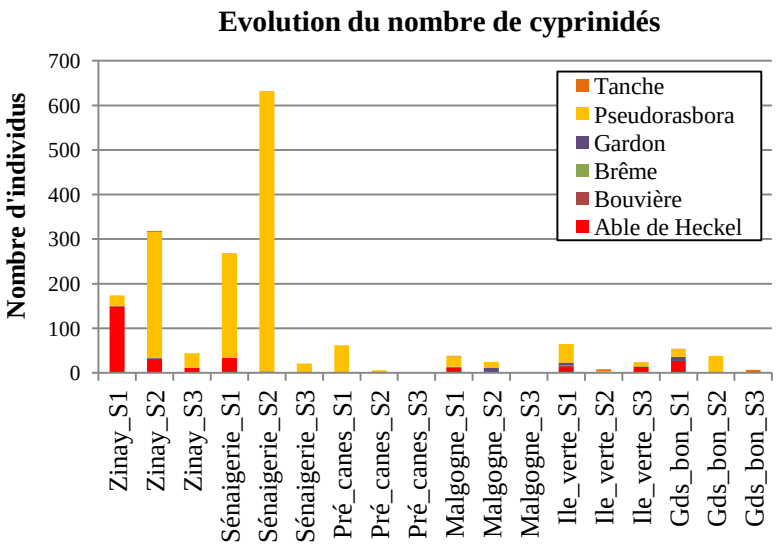


Figure 20 : Graphique représentant l'évolution du nombre de cyprinidés en fonction des sites et des sessions.

- *Prédateurs potentiels : Insectes prédateurs et écrevisses de Louisiane*

Sur les frayères, les alevins de brochets peuvent subir la prédation par les macroinvertébrés tels que les hétéroptères (Notonectidae, Naucoridae et Nepidae), les coléoptères (larves et adultes), les larves de libellules ou encore l'écrevisse de Louisiane.

La figure 21 ci-dessous représente les principaux insectes aquatiques pouvant prédater les alevins de brochets. Le nombre de ces insectes est significativement différent entre les sites et les sessions (p-value<2.2 e -16). Sur les sites de Zinay et de la Sénaigerie, en moyenne 172.0±110.7 et 457.7±125.9 individus ont été capturés respectivement sur l'ensemble des sessions. Ces effectifs chutent fortement pour les quatre autres sites avec 3.7±0.9 individus pour la Pré aux canes, 46.3±18.8 individus pour Malgogne, 13.7±9.9 individus pour l'Ile verte et 68.3±44.5 individus pour les Grands bonhommes. Les coléoptères dominent sur l'ensemble des sessions et des sites.

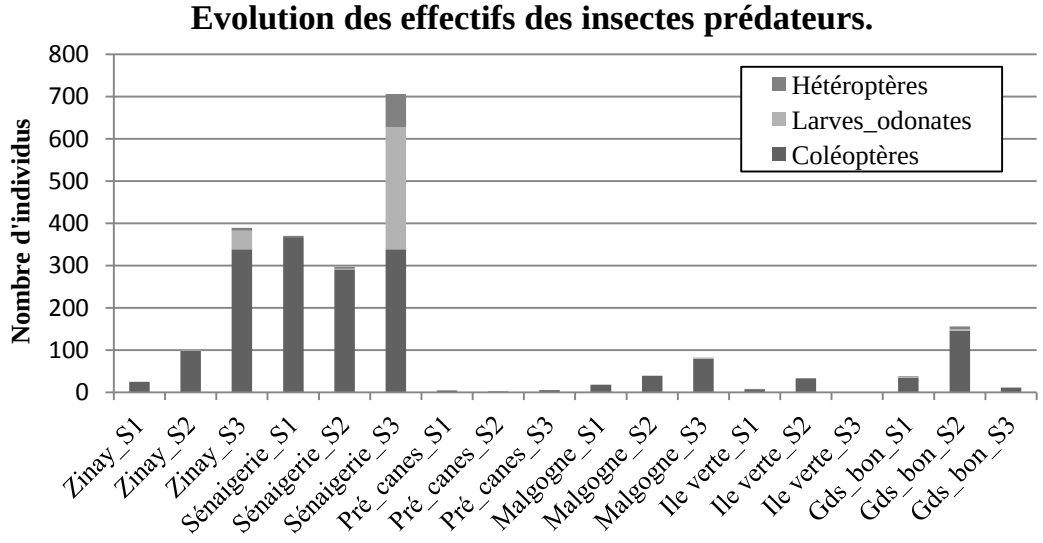


Figure 21 : Graphique représentant l'évolution des effectifs d'insectes prédateurs suivant les sessions et les sites (S1 : Session1, S2 : Session 2, S3 : Session 3, Gds_bon : Grands bonhommes)

Les écrevisses de Louisiane sont également des prédateurs potentiels des juvéniles de brochets. Les résultats des CPUEs sont présentés sur la figure 22. Les écrevisses sont très présentes sur les sites de la Pré aux canes (avec en moyenne sur les 3 sessions 200.4±77.4 individus) ainsi qu'aux Grands bonhommes (avec 143.0±84.6 individus). A l'inverse, elles sont significativement moins nombreuses sur les sites de la Sénaigerie (avec 11.9±3.9 individus en moyenne) et de Zinay (avec 3.7±1.4 individus). Le nombre d'individus capturés augmente de manière significative sur l'ensemble des sites entre la première et la deuxième et entre la première et la troisième session (p-value < 0.05). Il n'y a cependant pas de différences significatives entre la deuxième et la troisième session excepté sur la Pré aux canes où le nombre d'individus est plus important entre la troisième session et la deuxième session, avec un doublement des effectifs (p-value = 0.003637). De plus, suivant les sites, le ratio « écrevisses de grande taille » / « écrevisses de petite taille » est très variable (Cf. Figure 23) : lors de la troisième session sur la Pré aux canes le ratio est de 0.30 alors que pour les Grands bonhommes ce ratio s'élève à 18.4. La présence de jeunes individus peut être une source de nourriture intéressante pour les brochetons ayant une taille suffisante, ce qui est le cas lors de

la deuxième et troisième session. En effet, les jeunes écrevisses de Louisiane sont plus abondantes sur les frayères en mai par rapport à avril. Ainsi, les prédateurs potentiels comme les insectes et les écrevisses de Louisianne peuvent devenir des proies potentielles lorsqu'il y a changement de régime alimentaire du brocheton.

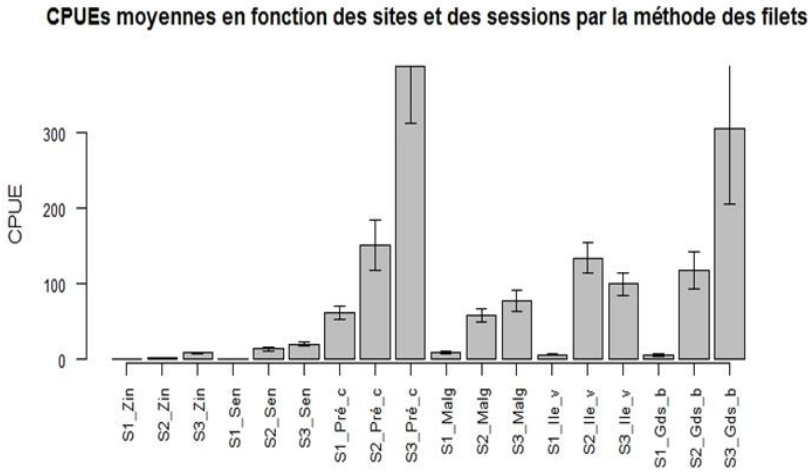


Figure 22 : Barplots représentant l'évolution des CPUEs moyennes en écrevisses en fonction des sites et des sessions.

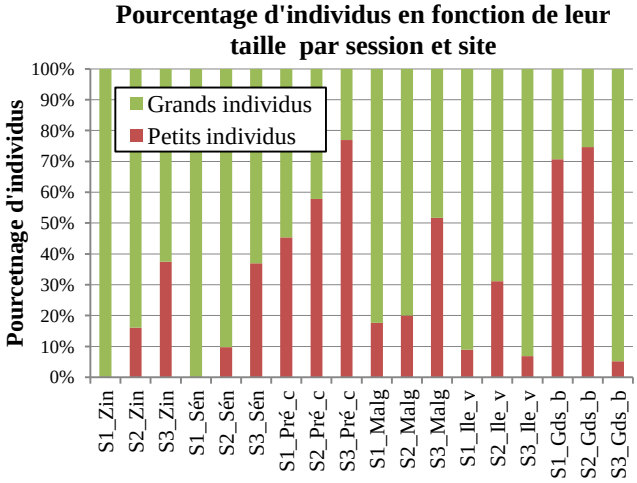


Figure 23 : Graphique représentant le ratio « grande taille » / « petite taille » des écrevisses en fonction des sites et des sessions.

3. Répartition des brochetons après migration

Sur l'ensemble des pêches effectuées en relation avec les pêcheurs professionnels du lac de Grand-Lieu, 148 brochetons ont été capturés ce qui fait une CPUE moyenne de 3.4±0.6 brochetons par filet. Leur taille varie de 135mm à 264mm avec une moyenne de 189.3±2.3mm. Onze brochets de plus d'un an ont également été capturés, leur taille variant de 430 à 800 mm avec une moyenne de 552,7±37.8mm. Aucun brochet mesurant entre 300 et 400 mm n'a été capturé (Cf. Figure 24) : ces tailles sont sûrement atteintes lors de la période automnale ou hivernale d'où l'absence de brochets dans cette classe de taille. Le nombre de brochetons capturés est variable d'un engin de pêche à un autre (Cf. Figure 25), le minimum étant zéro et le maximum étant dix-huit. Les densités les plus importantes sont majoritairement à l'ouest et au sud du lac dans des zones abritées avec une présence de végétation (majoritairement des nénuphars). Des brochetons ont été capturés également au nord du lac dans les douves.

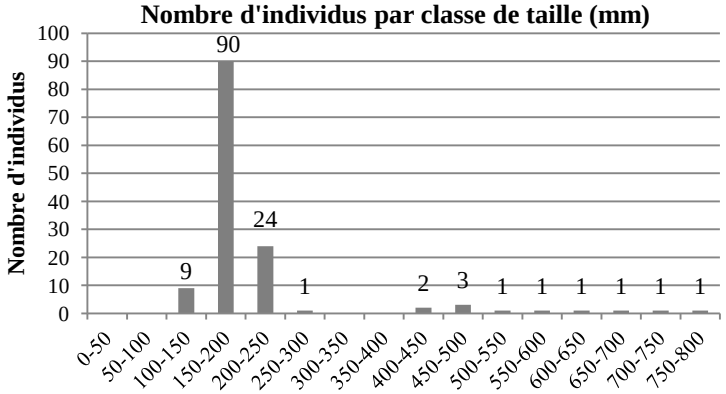


Figure 24 : Graphique représentant le nombre d'individus capturés par classe de taille.

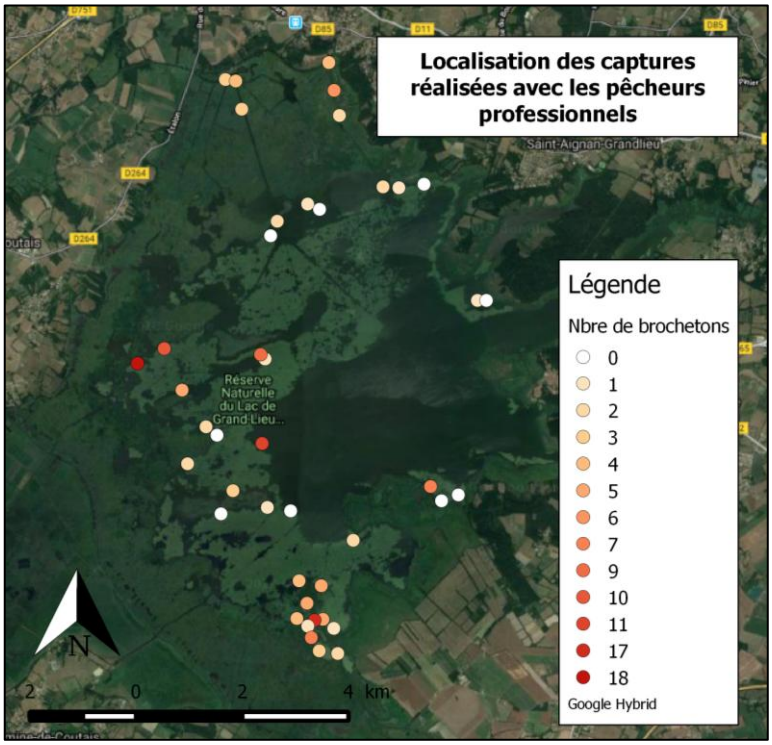


Figure 25 : Cartographie de la répartition des brochetons sur l'ensemble du lac.

III) Discussion

1. Etude des populations de brochetons en lien avec les paramètres biotiques et abiotiques.

D'après les différentes captures réalisées, les densités de brochetons les plus importantes se trouvent sur les prairies telles que les frayères des Grands bonhommes et de la Sénaigerie et à l'inverse, les frayères qui présentent les plus faibles densités en brochetons sont les roselières comme Malgogne et Zinay. Cette année, les prairies semblent donc être les milieux privilégiés pour la reproduction par rapport aux roselières. Les prairies étudiées ici sont des milieux très ouverts et accessibles pour le brochet contrairement aux roselières qui sont plus fermées de par la présence de saulaies autour de celles-ci, exception faite pour le site de l'Ile verte où le recrutement est plus fort que sur les autres roselières et où le milieu est plus ouvert. De plus, les Grands bonhommes et la Sénaigerie sont des sites faciles d'accès car ils sont connectés soit au lac directement, soit à un plan d'eau, contrairement aux autres sites qui sont connectés au lac par l'intermédiaire de douves, ce qui rend l'accès moins favorable pour le brochet.

Lors de cette étude, les niveaux d'eau ont eu un rôle non négligeable sur l'augmentation des CPUEs entre la 1ère et la 2ème et 3ème session. En effet, une hauteur d'eau importante lors de la 1ère session a sûrement provoqué un phénomène d'évitement des pièges, ces derniers ne couvrant pas l'ensemble de la colonne d'eau. Un phénomène de « dilution » peut aussi expliquer le nombre de captures plus faible, les individus étant répartis sur des espaces plus importants lors de la 1ère session par rapport à la 2ème et 3ème session. A cette période-là, une activité plus faible des alevins peut également expliquer ces faibles captures.

Lors de la 3ème session, sur certains sites comme la Sénaigerie, ou l'Ile verte le nombre d'individus piégés est plus faible que lors de la 2ème session. La période d'échantillonnage de la 3ème session a été faite à la mi-mai, période correspondant à la migration des brochetons vers les milieux permanents ce qui peut donc justifier cette diminution d'effectifs. La migration vers ces milieux est dépendante de la topographie. En effet sur ces deux sites, la topographie permet un accès facilité des brochetons depuis la frayère vers le lac. A l'inverse, lors de la 3ème session, sur les Grands bonhommes et dans une moindre mesure Zinay et Malgogne, les effectifs sont beaucoup plus importants que lors de la 2ème session. La topographie sur les Grands bonhommes présente plusieurs dépressions dans lesquelles les brochetons viennent s'abriter. Cependant, lorsque les niveaux baissent, les dépressions ne sont plus connectées aux milieux permanents ce qui entraîne un « piégeage » des individus dans ces dépressions et donc une augmentation des chances de capture. Le même phénomène peut apparaître sur la Malgogne où un bourrelet sédimentaire est formé en bord de douve empêchant la migration des brochetons.

Concernant l'efficacité des pièges, les filets verveux semblent nettement plus efficaces que les nasses pour capturer les brochetons, et cela est dû à leur longueur et leur hauteur plus importante. Les nasses permettent toutefois, lorsque les niveaux d'eau sont plus faibles, d'échantillonner des zones qui ne sont pas forcément prospectables par la méthode des filets. La combinaison des deux pièges permet donc d'avoir un effort de capture plus important.

L'utilisation des nasses a également permis, dans la mesure du possible, de comparer les résultats de 2018 avec ceux de 2017. Le fait que les CPUEs sur Zinay et la Pré aux canes, soient beaucoup plus faibles cette année peut s'expliquer par deux paramètres : la topographie et la végétation. En effet, Zinay est la frayère présentant la profondeur moyenne la plus forte. En 2017, les niveaux d'eau étant peu élevés, les brochets ont sûrement privilégié des milieux ayant une submersion plus importante et plus précoce. Cette année, les niveaux d'eau ont été suffisamment importants durant la phase de reproduction et ont ainsi permis aux brochets de choisir des milieux plus adaptés. Un deuxième paramètre peut expliquer cette baisse de capture sur le site de Zinay : la végétation. Cette année, son recouvrement est nettement inférieur aux autres frayères. En effet, entre 2017 et 2018, il a été observé une nette diminution du recouvrement, causée par la présence de sangliers et de ragondins sur ce site, pouvant ainsi expliquer la régression des CPUEs entre ces deux années. L'absence de végétation entraînant une absence de supports de ponte mais également une absence de caches pour les juvéniles en fait un milieu plutôt défavorable pour la reproduction.

Concernant la taille des brochetons capturés au sein d'une même frayère et lors d'une même session, celle-ci peut être très variable, allant du simple au triple. Ces différences de taille peuvent s'expliquer par des périodes de reproduction différées (Bruslé & Quignard, 2001) qui peuvent avoir pour conséquence des phénomènes de cannibalisme assez important.

La différence de taille des brochetons entre les sites lors d'une même session est, quant à elle, justifiée par deux facteurs. Le premier facteur est dû à un aspect technique : l'ensemble des pêches n'a pas été réalisée en simultanée mais avec un temps de décalage allant jusqu'à une semaine suivant les sites. Les brochetons ont donc un temps de croissance plus important sur les sites comme les Grands bonhommes ou l'Ile verte par rapport à des sites comme la Sénaigerie ou Zinay qui ont été prospectés une semaine avant. La présence de proies est

l'autre facteur pouvant expliquer les variations de croissance entre les sites. En prenant l'exemple de la Pré aux canes, lors de la 2ème et 3ème session, les individus sont plus grands que ceux des Grands bonhommes tandis que lors de la 1ère session ceux-ci étaient plus petits. D'après les données obtenues sur les proies potentielles, la Pré aux canes présente une concentration en zooplancton importante qui a sûrement permis aux alevins un développement rapide lors de leurs premiers jours de croissance. Cependant, lorsque le régime alimentaire des brochetons devient entomophage et/ou ichtyophage, la densité en larves et adultes d'insectes aquatiques et en cyprinidés y est très faible voire nulle. Aussi, la forte densité d'écrevisses, et notamment de jeunes individus, a sûrement été une source potentielle de nourriture justifiant une croissance plus importante sur la Pré aux canes par rapport à des frayères telles que les Grands bonhommes. En l'absence de proies, le cannibalisme peut également s'avérer plus important, le brochet adaptant son régime alimentaire suivant la disponibilité de la ressource (Chancerel, 2003). La présence d'écrevisses de Louisiane semble avoir un impact sur la présence d'insectes aquatiques et de cyprinidés sur les frayères. Plus le nombre d'écrevisses est important, moins les cyprinidés et insectes sont présents. La diminution du nombre de cyprinidés lors de la 3ème session peut également coïncider avec le changement de régime alimentaire du brochet qui passe alors d'un régime entomophage à un régime ichtyophage.

Enfin, la comparaison des tailles entre 2017 et 2018 a montré que pour une même période les individus pêchés en 2017 sont plus grands qu'en 2018. La température étant l'un des paramètres influençant la reproduction des brochets, cette dernière a peut-être eu lieu plus tôt en 2017. En effet, en 2017 les températures étaient inférieures à 6°C en janvier. La fraie s'effectuant pour des températures comprises entre 6 et 12°C, la reproduction s'est peut-être faite lorsque l'eau s'est réchauffée c'est-à-dire vers fin janvier début février malgré des niveaux d'eau très faibles. A l'inverse, en 2018, des températures inférieures à 6°C ont été mesurées durant une vingtaine de jours en février, mois durant lequel la reproduction débute. Cela a pu avoir pour conséquence d'interrompre la reproduction, de ralentir la croissance des brochetons, celle-ci étant très dépendante des degrés-jours accumulés, ou encore de causer des mortalités chez les brochetons pour des températures inférieures à 5.8°C.

Des cas de mortalité sont également retrouvés dans les pièges mais cette fois-ci pour deux raisons autres : un phénomène de prédation et un phénomène d'anoxie. Lors de la 1ère session aucune mortalité n'a été observée. Sur l'ensemble des sites, les écrevisses étaient, lors de la 1ère session, très peu présentes limitant ainsi le phénomène de prédation dans les pièges. A l'inverse, les effectifs d'écrevisses et des insectes prédateurs augmentent entre la 2ème et 3ème session or la mortalité par prédation augmente également entre ces deux sessions. Il est cependant, dans ce cas présent, fort peu probable que la mortalité soit causée par les insectes prédateurs lors de la 2ème et 3ème session, les brochetons atteignant alors des tailles trop importantes pour ces derniers (Le Louarn & Cloarec, 1996). Au contraire, ces macro-invertébrés peuvent même devenir des proies potentielles pour les juvéniles, leur régime alimentaire évoluant vers un régime entomophage avant de devenir ichtyophage. Enfin, pour expliquer les mortalités sur les brochetons dont aucune trace de prédation n'a été observée, le manque d'oxygène dans les pièges en est sûrement la raison. En effet, sur l'ensemble des

frayères, les taux d'oxygène ne descendent pas en dessous du taux létal mais dans les pièges, des phénomènes localisés d'anoxie peuvent se créer causant la mort des poissons.

2. Répartition des brochetons sur les milieux permanents

Les brochetons sont répartis sur la quasi-totalité du lac avec des effectifs toutefois supérieurs au sud et à l'ouest du lac. Les prairies inondées de Sainte-Lumine étant situées au sud-ouest du lac, les brochetons ont sûrement migré depuis ces sites. Près de la prairie des Grands bonhommes, plusieurs brochetons ont été capturés ce qui signifie qu'une partie des brochetons migrent relativement tôt des prairies et ne se font pas piéger dans les dépressions de la frayère étudiée. Il est toutefois remarqué que les brochetons ne s'exposent pas et sont peu retrouvés dans la zone d'eau libre du lac. La CPUE moyenne est de manière générale plus élevée par rapport aux captures faites dans les frayères, car les pièges utilisés sont plus efficaces : ils présentent trois poches et une longueur de nappe plus importante que les filets verveux doubles. Continuer à travailler avec les pêcheurs permettrait d'avoir des données plus importantes et complémentaires avec celles obtenues sur les frayères.

3. Propositions de gestion et améliorations envisageables de l'étude

Avant d'effectuer toute proposition de gestion des niveaux d'eau vis-à-vis du brochet et de tirer toute conclusion définitive, il serait nécessaire d'effectuer ce suivi sur plusieurs années avec des conditions hydrologiquement différentes mais aussi similaires afin de comparer la reproduction et le comportement des brochets suivant les années.

Le maintien des niveaux d'eau doit cependant être suffisamment haut pour que l'ensemble des frayères soit immergé (avec une hauteur d'eau supérieure à 20cm) durant deux mois consécutifs entre février et avril. Cela signifie également de très faibles variations dans ces niveaux d'eau, les brochets y étant très sensibles.

Concernant les milieux eux-mêmes, il est important de conserver le fauchage et le pâturage sur les prairies humides car ils permettent un maintien de l'ouverture de ces milieux favorables aux brochets, que ce soit pour l'accessibilité à la frayère, l'éclairement mais aussi pour le maintien d'une végétation nécessaire pour le brochet.

Le cas de la prairie des Grands bonhommes pourrait faire l'objet d'une gestion particulière. En effet, il a été constaté un phénomène important de « piégeage » des brochetons dans les dépressions de cette frayère, qui a pourtant un potentiel pour la reproduction non négligeable. Créer une tranchée à travers le bourrelet sédimentaire depuis les dépressions vers le lac permettrait une migration facilitée des brochetons vers le milieu permanent. Cependant cette action a déjà été réalisée par le passé et a abouti à un comblement de cette tranchée. Cette méthode demande donc d'être renouvelée fréquemment.

Pour que la végétation soit à nouveau favorable au brochet sur la roselière de Zinay, il serait nécessaire de contrôler la présence des ragondins et des sangliers sur ce site. Cependant au vue de la superficie des frayères sur le lac de Grand-Lieu, il est impossible d'effectuer une gestion adaptée au brochet sur l'ensemble des sites. Il est préférable de privilégier les frayères ayant démontré un potentiel de recrutement important.

Dans un but d'amélioration de cette étude, différentes pistes sont envisageables. Sur les prochaines études, pour pouvoir comparer au mieux les données, il serait intéressant de

faire les sessions d'échantillonnage aux mêmes dates, sur les mêmes sites et avec les mêmes pièges que cette année. Mettre en place les sondes de température dans les frayères dès le début du mois de février pourrait être également intéressant. Le fait que l'ensemble des sites ne puisse être échantillonné lors d'une seule et même journée est l'un des biais de cette étude car cela peut engendrer, sur un intervalle de temps d'une semaine, des variations de taille conséquentes suivant les sites, sans compter des variations importantes de température ou des niveaux d'eau. Cependant ce biais fait partie des contraintes techniques difficilement modifiables. La détermination de la période de fraie en fonction de la taille des individus et des degrés-jours est difficilement estimable, la présence de proies (Bry, 1991) et la densité des brochetons sur une frayère pouvant avoir également un impact sur la taille (Chancerel, 2003). Un complément à cette étude pourrait être réalisé afin d'estimer la période de reproduction de manière plus précise et la localisation des frayères utilisées. Cela consisterait à implanter des radio-transmetteurs dans l'oviducte de la femelle brochet et d'observer où ceux-ci sont libérés (Pierce *et al.,* 2007). Des transpondeurs pourraient être également mis sur les brochetons de taille suffisamment importante (supérieure à 100mm) pour permettre de faire un suivi sur les déplacements depuis les frayères vers le lac.

IV) Conclusion

Cette étude, portant sur la dynamique de population des brochetons et de la fonctionnalité des frayères à brochets sur le lac de Grand-Lieu, a montré toute la complexité et l'assemblage des paramètres qui interviennent sur la reproduction et l'évolution du brochet. Elle a cependant permis d'observer que le niveau d'eau, l'ouverture du milieu, la topographie, la température et le recouvrement de la végétation ont un rôle important sur la reproduction et le recrutement en brochetons en fonction des frayères étudiées.

Les densités de proies ne semblent pas avoir d'influence sur les effectifs de brochetons mais plutôt sur leur croissance, même si une densité plus faible de proies peut engendrer un phénomène de cannibalisme plus fort. Les températures ont également un impact direct sur la croissance des brochetons.

Les conclusions concernant la gestion des niveaux d'eau sur le lac de Grand-Lieu vis-à-vis du brochet sont difficiles à tirer en se basant sur les résultats de deux années uniquement. Cependant, il semble que les brochets s'adaptent aux conditions environnementales en privilégiant certaines frayères par rapport à d'autres suivant les années. Les surfaces importantes de frayères potentielles sur le lac de Grand-Lieu permettent donc des variations interannuelles pour les niveaux d'eau. Il faut cependant conserver une stabilité intra-annuelle et donc un temps de submersion suffisant, pour permettre aux alevins de se développer durant les premiers mois. Cette gestion des niveaux d'eau n'est pas facilitée par la présence de nombreux acteurs sur le lac ayant des attentes différentes. Il est en effet constaté que lors d'années exceptionnelles comme celle-ci avec des niveaux d'eau très importants, il est difficile d'appliquer l'arrêté préfectoral permettant des fluctuations interannuelles.

Bibliographie

Baudoin J. M., Burgun V., Chanseau M., Larinier M., Ovidio M., Sremski W., Steinbach P., Voegtle B. (2014). *Evaluer le franchissement des obstacles par les poissons. Principes et méthodes.* ONEMA : Comprendre pour agir, 200p.

Bobbink R., Whighan D. F., Beltman B., Verhoeven J. T. A. (2006). *Wetland Functioning in Relation to Biodiversity Conservation and Restoration.* Ecological studies, n°191, pp. 1-12.

Bruslé J. Quignard J.P. (2001). "Le brochet", dans *Biologie des poisons d'eau douce européens*. Paris : Editions Tec&Doc, « Collection Aquaculture – Pisciculture », pp. 8-20.

Bry C. (1996). « Role of vegetation in the life cycle of pike », dans *Pike Biology and Exploitation*. Londres : Ed. J.F. Craig. « Fish and Fisheries Series », pp. 46-67.

Bry C., Hollebecq M.G., Ginot V., Israel G., Manelphe J. (1991). *Growth patterns of pike (Esox Lucius L.) larvae and juveniles in small ponds under various natural temperature regimes.* Aquaculture, n°97, pp 155-168.

Carpentier A., Cucherousset J., Feunteun E. (2011). « Le brochet », dans Keith P., Persat H., Feunteun E., Allardi J., *Les poissons d'eau douce de France.* Paris : Biotope Editions, « Collection Inventaires&biodiversité », pp. 382-385.

Carpentier A., Paillisson J.M., Marion L. (2007). *Assessing the interaction between cormorants and fisheries: the importance of fish community change*. pp. 187-195.

Carpentier A. (2006). *Qualité du Lac de Grand-Lieu pour l'accueil d'une population de Brochet (Esox lucius) : frayères, nurseries et domaine de croissance des adultes.* 75p.

Casselman J.M, Lewis C.A. (1996). *Habitat requirements of nothern pike (Esox Lucius).* Canadian Journal of Fissheries and Aquatic Sciences, n°53, pp 161-174.

Chancerel F. (2003). *Le brochet . Biologie et gestion*. Collection Mise au point. Conseil Supérieur de la Pêche (Ed.), 199 p.

Conservatoire du littoral. (s.d.). *Lac de Grand-Lieu.* Stratégie d'intervention 2015-2050 – Rivages de Bretagne, Pays de la Loire. pp 44-45.

Craig J.F. (2008). *A short review of pike ecology.*Hydrobiologia, n°601, pp. 5-16.

Denys G.P.J., Dettai A., Persat H., Hautecoeur M., Keith P. (2014). *Morphological and molecular evidence of three species of pikes Esox spp. (Actinopterygii, Esocidae) in France, including the description of a new species.* C.R Biologies, n°337, pp. 521-534.

Dethier M. (1985). *Insectes – Hétéroptères aquatiques et ripicoles.* Bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon. vol. 55, n°1, 68p.

Dorier A. (1938). *A propos de l'oeuf et de l'alevin de brochet*. Bulletin français de pisciculture, n°110, pp. 61-73.

Drouin B. (2017). *Etude de l'écrevisse de Louisianne et des jussies à Grand-Lieu – En regard à la gestion des niveaux d'eau*. Master 2 - Université de Rennes 1, 55p.

Fonteneau F., Paillisson J.M. (2013). *Fonctionnalités de prairies inondables pour le brochet Esox lucius à la Réserve Naturelle Régionale du lac de Grand-Lieu (Loire-Atlantique) et évaluation d'opérations de restauration de connectivité hydrologique.* UMR Ecobio 6553 CNRS/Université de Rennes 1, Région Pays de la Loire, Fédération Départementale des Chasseurs de Loire-Atlantique, 72 p.

Gillier J.M., Reeber S. (2018). *Plan de Gestion 2018-2027*. SNPN, 267p.

Gres P., Lim P., Belaud A. (1996). *Influence de la densité initiale de larves de brochet (Esox lucius L., 1758) en élevage intensif sur la survie, la croissance et la consommation journalière de nourriture (zooplancton, chaoboridés)*. Bull. Fr ; Pêche Piscic, n°343, pp 153-174.

Harvey B. (2009). *A biological synopsis of Northern Pike (Esox lucius)*. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci., 2885, 31p.

Hennessey S. (2011). *Esox Lucius : Northern pike.* Aquatic Invasion Ecology, 17p.

Herodet B. (2006). *Diagnostic, proposition d'amélioration et de suivi de frayères à Brochet de la Sâone aval – Rapport bibliographique*. Master professionnel - Université de Franche-Comté Besançon, 62p.

Inskyp P.D. (1982). *Habitat suitability index models : northern pike.* U.S. Dept. Int., Fish. Wildl. Serv., 50p.

Jeannot N., Marchand F. (2006). *Identification par le marquage des poisons. Quelques exemples utilisés en écologie aquatique.* INRA, pp 105-110.

Junk W.J., An S., Finlayson C.M., Gopal B., Kvet J., Mitchell S.A., Mitsch W.J., Robarts R.D. (2013). *Current state of knowledge regarding the world's wetlands and their future under global climate change: a synthesis.* Aquatic Sciences, n°75, pp. 151-167.

Keith P., Marion L. (2002). *Methodology for drawing up a Red List of threatened freshwater fish in France.* Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst, n°12, pp. 169-179.

Le Louarn H., Cloarec A. (1997). *Insect predation on pike fry.* Journal of Fish Biology, n°50, pp. 366-370.

Nilsson C., Liermann C.R., Dynesius M. & Revenga C. (2005). *Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems*. Science, n°308, pp 405-408.

Ouest Am'. (2015). *Mise en œuvre du plan de gestion de la réserve naturelle régionale de GRAND LIEU. Synthèse suivi année 6 (2014) – Volet flore.* 65p.

Pierce R.B., Younk J.A., Tomcko C.M. (2007). *Expulsion of miniature radio transmitters along with eggs of muskellunge and northern pike – a new method for locating critical spawning habitat*. Environ. Biol. Fish., n°79, pp 99-109.

Puissauve R., Poulet N. (2015). *Fiches d'information sur les espèces aquatiques protégées : Brochet, Esox lucius Linnaeus, 1758.* Service du patrimoine naturel du MNHN & Onema, 4p.

Raat A.J.P. (1988). *Synopsis of biological data on the Northern Pike*. FAO Fisheries Synopsis, n°30, 179p.

Richoux P. (1982). *Coléoptères aquatiques*. Bulletin de la société Linnéenne de Lyon, vol. 51, n°4, 56p.

Siron M. (2015). *Inventaire et analyse des suivis piscicoles en marais.* Master 2 – Université de Poitiers, 74p.

Skov C., Perrow M.R., Berg S., Skovgaard H. (2002). *Changes in the fish community and water qualityduring seven years of stocking piscivorous fish in a shallow lake*. Freshwater Biology, n°47, pp. 2388-2400.

Tockner K., Stanford J.A. (2002). *Riverine flood plains: present state and future trends.* Environmental Conservation, n°29, pp. 308-330.

Wang Z., Song K., Ma W., Ren C., Zhang B., Liu D., Chen J.M., Song C. (2011). *Loss and fragmentation of marshes in the Sanjiang Plain, Northeast China, 1954-2005.* Wetlands, n°31, pp. 945-954.

Witty L.M. (2004). *Practical guide to identifying freshwater crustacean zooplankton*. Cooperative Freshwater Ecology Unit, 50p.

- Sites internet

AFB. Les zones humides – Une zone humide c'est quoi ? [en ligne]. Disponible sur : http://www.zones-humides.org/entre-terre-et-eau/une-zone-humide-c-est-quoi (consulté le 23/04/2018).

AFB. Milieux humides [en ligne]. Disponible sur : http://www.eaufrance.fr/s-informer/observer-et-evaluer/etat-des-milieux/milieux-humides-83/# (consulté le 23/04/2018).

Direction Départementale des Territoires et de la Mer. Arrêté préfectoral annuel n° 2017/SEE/2539 réglementant l'exercice de la pêche en eau douce pour l'année 2018 dans le département de la Loire-Atlantique [en ligne]. Disponible sur :

http://www.lagaulenantaise.fr/attachments/article/213/arr%C3%AAt%C3%A9%202018.pdf (consulté le 10/07/2018).

DREAL Pays de la Loire. Ressources naturelles et paysages. FR5210008 Lac de Grand-Lieu (ZPS). 2014 [en ligne]. Disponible sur : http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/fr5210008-lac-de-grand-lieu-zps-a2547.html (consulté le 02/08/2018).

DREAL Pays de la Loire. Ressources naturelles et paysages. FR5200625 Lac de Grand-Lieu (ZSC). 2016 [en ligne]. Disponible sur : http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/fr5200625-lac-de-grandlieu-zsc-a3777.html (consulté le 02/08/2018).

Froese R., Pauly D. *Esox lucius* Linnaeus, 1758 [en ligne]. WORMS, 2018. Disponible sur : http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=154210 (consulté le 19/03/2018).

LEGIFRANCE. Arrêté du 8 décembre 1988 fixant la liste des espèces de poissons protégées sur l'ensemble du territoire national [en ligne]. Disponible sur : https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000327373 (consulté le 20/03/2018).

LEGIFRANCE. Code de l'environnement - Article L432-3 [en ligne]. Disponible sur : https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006074220&idArticle=LEGIARTI000006834111&dateTexte=&categorieLien=cid (consulté le 19/03/2018).

NatureServe. Esox lucius. The IUCN Red List of Threatened Species [en ligne]. 2013, 2018. Disponible sur : http://www.iucnredlist.org/details/summary/135631/0 (consulté le 19/03/2018).

Ramsar. La convention de Ramsar et sa mission [en ligne]. Disponible sur : https://www.ramsar.org/fr/a-propos/la-convention-de-ramsar-et-sa-mission (consulté le 23/04/2018).

SNPN (a). LA SNPN [en ligne]. Disponible sur : http://www.snpn.com/la-snpn/ (consulté le 17/07/2018).

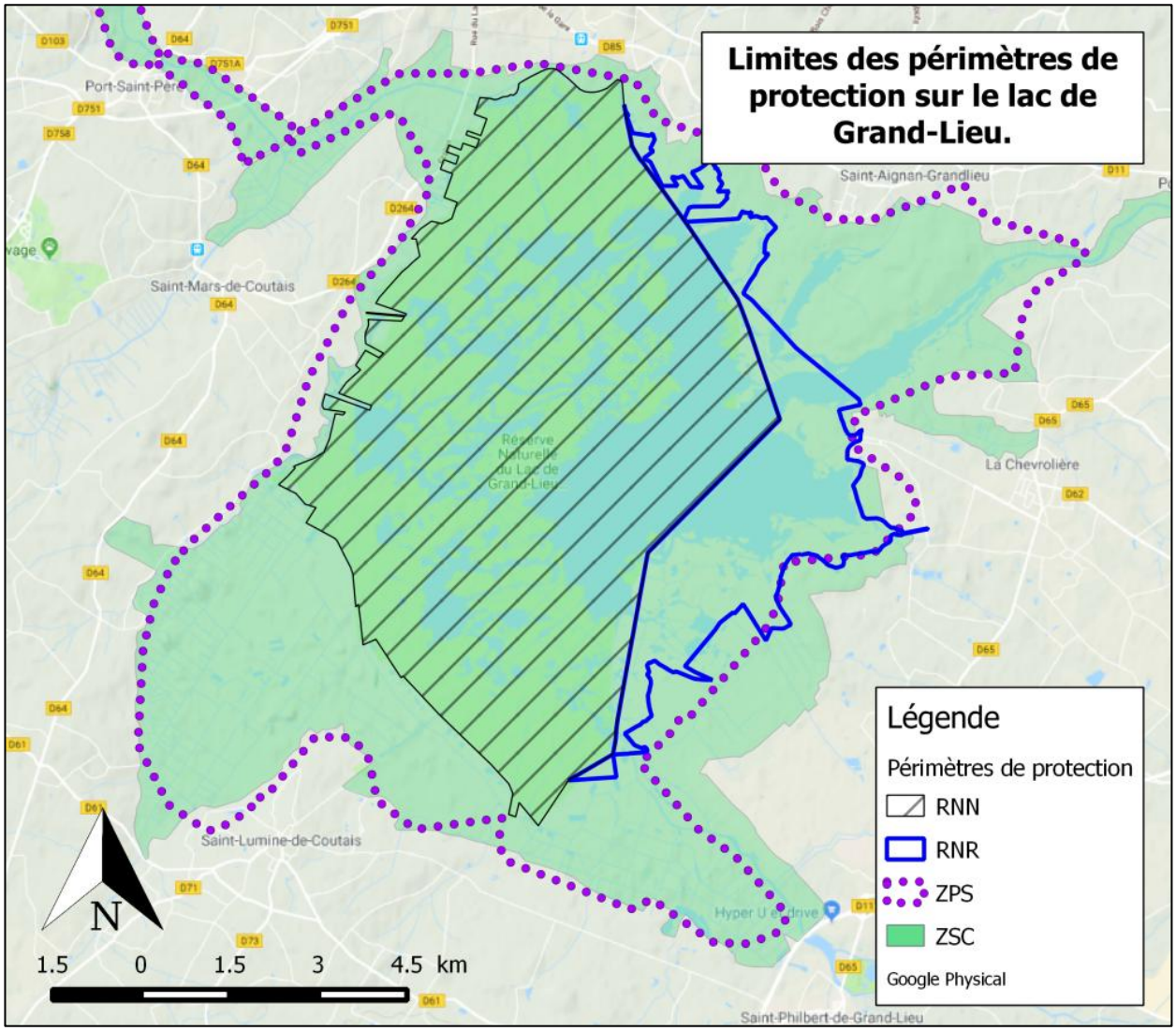
SNPN (b). Nos revues [en ligne]. Disponible sur : http://www.snpn.com/nos-revues/ (consulté le 17/07/2018).

SNPN (c). Historique [en ligne]. Disponible sur : http://www.snpn.com/reservedulacdegrandlieu/historique/ (consulté le 20/04/2018).

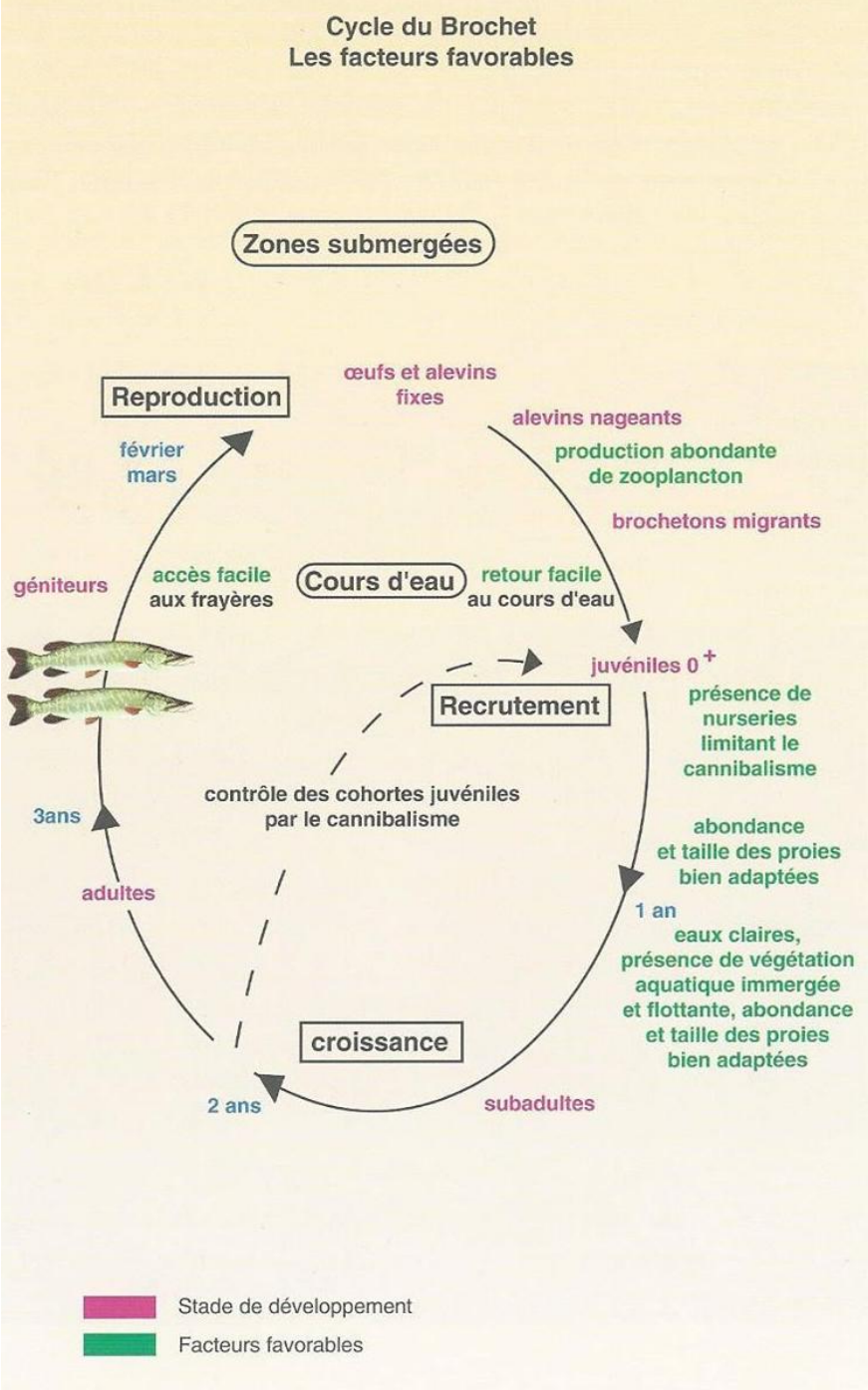
ANNEXES

Annexe 1 : Périmètres de protection du lac de Grand-Lieu 36
Annexe 2 : Cycle de vie du brochet 37
Annexe 3 : Arrêté préfectoral pour la gestion des niveaux d'eau 38
Annexe 4 : Photographies des frayères 41
Annexe 5 : Arrêté préfectoral d'autorisation de pêche scientifique sur le lac de Grand-Lieu 43
Annexe 6 : Présentation des pièges 45
Annexe 7 : Position des filets et des nasses 46
Annexe 8 : Fiche de capture (Filets verveux) 48
Annexe 9 : Fiche de capture (Nasses) 49
Annexe 10 : Fiche station 50
Annexe 11 : Températures extérieures et du lac (2017) 51
Annexe 12 : Relevés floristiques 52

Annexe 1 : Périmètres de protection du lac de Grand-Lieu



Annexe 2 : Cycle de vie du brochet



Source : Chancerel (2003).

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFET DE LA LOIRE-ATLANTIQUE

DIRECTION REGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT,
DE L'AMENAGEMENT ET DU LOGEMENT
Service ressources naturelles et paysages
Division biodiversité

Arrêté préfectoral DREAL n° 2015
définissant la gestion expérimentale
du niveau d'eau du lac de Grand-Lieu

LE PRÉFET DE LA RÉGION DES PAYS DE LA LOIRE
PRÉFET DE LA LOIRE-ATLANTIQUE
Officier de la Légion d'Honneur
Officier de l'Ordre National du Mérite

VU le code de l'environnement, et notamment l'article L.211-1 ;

VU l'arrêté ministériel du 28 mars 1996 portant autorisation du règlement d'eau du vannage de Bouaye sur la rivière l'Acheneau (lac de Grand-Lieu – Loire-Atlantique) ;

VU l'arrêté inter-préfectoral du 7 juillet 2014 portant modification du périmètre et des statuts du syndicat mixte d'aménagement hydraulique du sud de la Loire (SAH) ;

VU le courrier de l'association « Le collectif Grand-Lieu » en date du 25 mars 2011 qui souligne que « le rétablissement d'un fonctionnement hydrologique plus naturel serait probablement plus approprié (…), et que ce seraient les conditions météorologiques qui piloteraient alors l'évolution des niveaux d'eau »

VU la proposition collective validée en Commission Géographique LAC de la Commission Locale de l'Eau (CLE) du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) Logne Boulogne Ognon Grand-Lieu réunie le 6 juillet 2012 ;

VU les propositions résultant de l'étude visant à élaborer un nouveau protocole expérimental de gestion des niveaux d'eau du lac et un protocole de suivi-évaluation de cette nouvelle expérimentation menée par le groupement d'étude ISL et AQUASCOP,

VU l'accord du conseil scientifique de la réserve naturelle nationale de Grand-Lieu (RNN) réuni le 17 décembre 2014 sur la révision des niveaux d'eau et sur l'expérimentation d'un nouveau règlement d'eau ;

VU l'accord du comité consultatif de la RNN de Grand-Lieu réuni sous la présidence du préfet le 10 février 2015 sur la révision des niveaux d'eau et sur l'expérimentation d'un nouveau règlement d'eau ;

VU la consultation du public organisée du 11 février 2015 au 5 mars 2015 inclus, conformément à l'article L. 120-1 du code de l'environnement (…) ;

CONSIDERANT qu'après plusieurs années d'expérimentation des niveaux d'eau sur la base de la courbe expérimentale de 2002, les objectifs de conservation du patrimoine naturel de la RNN de Grand-Lieu n'ont pas tous été atteints ;

CONSIDERANT que le conseil scientifique de la RNN de Grand-Lieu préconise un mode de gestion basé sur une plus grande variation inter-annuelle des niveaux d'eau en tenant compte des conditions hydro-climatiques et des manœuvres induisant des variations progressives des niveaux du lac ;

CONSIDERANT que le syndicat mixte d'aménagement hydraulique du sud de la Loire, propriétaire et gestionnaire de l'ouvrage de Bouaye a la compétence pour ce vannage,

Sur proposition du secrétaire général de la préfecture de Loire-Atlantique ;

ARRETE

Article 1 : Objet

Le présent arrêté a pour objet :

- De fixer les conditions de niveau d'eau et de débit à respecter au vannage de Bouaye,
- D'établir les règles à appliquer pour assurer l'ensemble des conditions ainsi définies.

Article 2 : Description de la zone d'influence hydraulique du vannage de Bouaye

L'ouvrage influence les niveaux sur l'ensemble des terrains occupés par le lac de Grand-Lieu ainsi que le linéaire des cours d'eau se jetant dans le lac et ce sur une distance qui évolue en fonction du niveau du lac et des débits des cours d'eau (courbe de remous du lac). Cette influence n'est plus effective lorsque les niveaux dépassent un seuil aux alentours de 2.05 m IGN69 (soit 2.5 CB Cote Buzay), le contrôle hydraulique se faisant alors par l'aval ; les niveaux sur le lac dépendent alors des niveaux de la Loire et de la gestion des ouvrages de restitution de l'Acheneau : barrages de Buzay, Carnet, Martinière, Vieux Buzay. Au-delà de cette cote de 2.05 m IGN69, on est en régime de « hautes eaux ».

Article 3 : Description de l'ouvrage de Bouaye et de l'ouvrage associé de Maison Blanche

En dehors de la période de « hautes eaux » pour lesquelles les niveaux à l'aval de l'ouvrage de Bouaye contrôlent complètement les niveaux du lac, le vannage de Bouaye et le déversoir de Maison Blanche permettent la gestion des niveaux d'eau sur le lac de Grand-Lieu. L'ouvrage de Bouaye comprend 5 vannes tandis que le déversoir de Maison Blanche comprend un seuil fixe.

Article 4 : Objectifs généraux et règles générales de gestion

Précision sur le référentiel topographique utilisé

Différents référentiels topographiques sont utilisés sur le territoire influencé par le vannage de Bouaye : la cote Buzay (CB) pour le lac de Grand-Lieu, la cote marine (CM) pour les ouvrages d'évacuation à la Loire, la cote IGN69 pour les documents topographiques de base (cartes IGN et levés récents réalisés par laser aéroporté).

Les corrections suivantes sont retenues :

0 mIGN69=0,45 m CB = 3.16 m CM en référence à la cote à Saint-Nazaire

Compte tenu de l'antériorité du référentiel Cote Buzay et de son utilisation courante par les acteurs d'une part, de l'utilisation générale du référentiel IGN69 d'autre part, les cotes seront exprimées selon les deux référentiels.

Règles générales de gestion

Le règlement d'eau définit :

- Un type de gestion en fonction de la période de l'année faisant intervenir selon la période une cote de référence, une vitesse d'abaissement du lac ou bien un débit de restitution à maintenir,

- Un fuseau délimitant tout au long de l'année les cotes du lac pour lesquelles les règles de gestion par période s'appliquent. En dehors de ce fuseau, une gestion dite « de crise » est établie. Cette gestion de crise consiste, au cas par cas, en la prise des mesures adéquates pour que les cotes du lac reviennent le plus vite

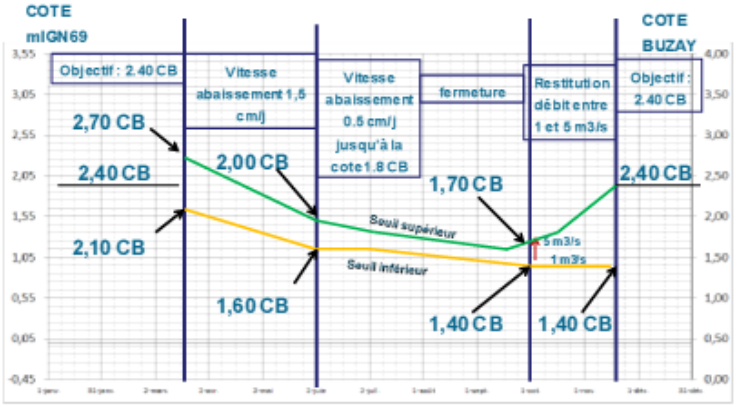
Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement des Pays de la Loire
Service ressources naturelles et paysages (SRNP)
5, rue Françoise Giroud - CS 16326 – 44263 NANTES Cedex 2
Téléphone 02 72 74 75 70 – Télécopie 02 72 74 75 79

possible à l'intérieur du fuseau. Cette gestion de crise est déclenchée par le Préfet sur alerte du gestionnaire du vannage de Bouaye.

En dehors de cette gestion de crise, la gestion courante du vannage de Bouaye doit permettre l'atteinte des objectifs suivants :

- Du 15 novembre au 1er mars, le niveau du lac est géré de manière à réduire au mieux les risques d'inondation.
- Du 1er au 14 mars : pour pouvoir tenir la cote de 1.15 m IGN69 (1.60 CB) au 31 mai en tenant compte de l'abaissement mentionné dans l'article 6, le niveau du lac sera, si nécessaire, ramené dans la fourchette de 1.95 mIGN69 (2.40 CB) à 2.25 m IGN69 (2.70 CB).
- Du 15 mars au 31 mai : une vitesse d'abaissement de 1.5 cm/jour est recherchée. Cette vitesse est suivie par période de 10 jours,
- A partir du 1er juin, l'abaissement du lac à une vitesse de 0.5 cm/jour est appliqué pour atteindre la cote 1.35 m IGN69 (1.80 CB), cote à partir de laquelle la fermeture de l'ouvrage intervient. Cette vitesse est suivie par période de 10 jours,
- A partir du 1er octobre et jusqu'au 15 novembre, un débit dépendant de la valeur de la cote au 1er octobre est restitué à l'aval (du lac vers l'Acheneau). Ce débit est contrôlé de manière hebdomadaire.

Le graphe ci-après synthétise les règles de gestion et indique les limites du fuseau :



Article 5 : Gestion du 15 novembre au 14 mars

Du 15 novembre au 1er mars, le niveau du lac est géré de manière à réduire au mieux les risques d'inondation.

Du 1er au 14 mars : pour pouvoir tenir la cote de 1.15 m IGN69 (1.60 CB) au 31 mai en tenant compte de l'abaissement mentionné dans l'article 6, le niveau du lac sera, si nécessaire, ramené dans la fourchette de 1.95 mIGN69 (2.40 CB) à 2.25 m IGN69 (2.70 CB).

Lorsque la nappe d'eau est prise par la glace, les écoulements aux vannages seront fortement diminués voir arrêtés afin de préserver les berges, les piles de pont et les vannes des ouvrages et de protéger les prairies de marais.

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement des Pays de la Loire
Service ressources naturelles et paysages (SRNP)
5, rue Françoise Giroud - CS 16326 – 44263 NANTES Cedex 2
Téléphone 02 72 74 75 70 – Télécopie 02 72 74 75 79

Article 6 : Gestion du 15 mars au 31 mai

À partir du 15 mars, la gestion de l'ouvrage de Bouaye est établie afin d'assurer un abaissement de la cote du lac de 1.5 cm/jour si les conditions hydrologiques le permettent. En effet, en cas de crue, les capacités de l'ouvrage peuvent être insuffisantes pour respecter cette consigne. En cas de dépassement du seuil supérieur du fuseau, les vannes sont ouvertes jusqu'à retrouver la cote correspondant au niveau supérieur du fuseau de manière progressive, dans les limites hydrauliques acceptables à l'aval. À partir de ce niveau et dans le cas où les conditions hydrologiques le permettent, la vitesse d'abaissement de 1.5 cm/jour est de nouveau recherchée.

Lors des périodes d'abaissement artificiel c'est-à-dire lorsque les conditions hydrologiques le permettent, une erreur de 10 % est tolérée sur l'abaissement du lac sur 10 jours : plus ou moins 1.5 cm sur un abaissement cumulé de 15 cm.

Le tableau ci-après présente les cotes correspondant aux limites de fuseau en début et fin de période :

	Cote supérieure fuseau	Cote inférieure fuseau
Début de période : 15 mars	2.25 m IGN69 (2.70 CB)	1.65 m IGN69 (2.10 CB)
Fin de période : 31 mai	1.55 m IGN69 (2.00 CB)	1.15 m IGN69 (1.60 CB)

Article 7 : Gestion du 1er juin au 30 septembre

À partir du 1er juin et jusqu'au 15 juillet, la gestion de l'ouvrage de Bouaye est établie afin d'atteindre la cote 2.25 m IGN 69 (1.80 CB).

Sur cette période, deux situations peuvent se présenter :

Si la cote 2.25 m IGN 69 (1.80 CB) n'est pas atteinte au 1er juin : la vitesse d'abaissement du lac est portée à 0.5 cm/jour jusqu'à atteindre la cote 2.25 m IGN 69 (1.80 CB) si les conditions hydrologiques le permettent. En effet, en cas de crue, les capacités de l'ouvrage peuvent être insuffisantes pour respecter cette consigne. Dans ce cas, les vannages sont ouverts jusqu'à ce que la consigne puisse être respectée. En cas de dépassement du seuil supérieur du fuseau, les vannages sont ouverts jusqu'à retrouver la cote correspondant au niveau supérieur du fuseau. A partir de ce niveau et dans le cas où les conditions hydrologiques le permettent, la vitesse d'abaissement de 0.5 cm/jour est de nouveau recherchée. Lorsque la cote 2.25 m IGN 69 (1.80 CB) est atteinte, la gestion consiste à maintenir ce niveau dans la mesure où les conditions hydrologiques le permettent. Habituellement, un abaissement du plan d'eau intervient du fait de l'évaporation sur le lac excédent les apports par les cours d'eau et les précipitations directes.

Si la cote 2.25 m IGN 69 (1.80 CB) est atteinte au 1er juin : la gestion consiste à maintenir cette cote.
À partir du 15 juillet, le niveau supérieur du fuseau est inférieur à 2.25 m IGN 69 (1.80 CB). La plupart du temps, l'abaissement régulier du plan d'eau résulte de l'évaporation. La vanne est alors fermée et les cotes se situent dans le fuseau. En cas de crue, la gestion consiste à ne pas dépasser les cotes du fuseau supérieur.
Dans la période d'abaissement à 0.5 cm/jour, une erreur de 10% est tolérée sur l'abaissement du lac sur 10 jours : plus ou moins 0.5 cm sur un abaissement cumulé de 5 cm.

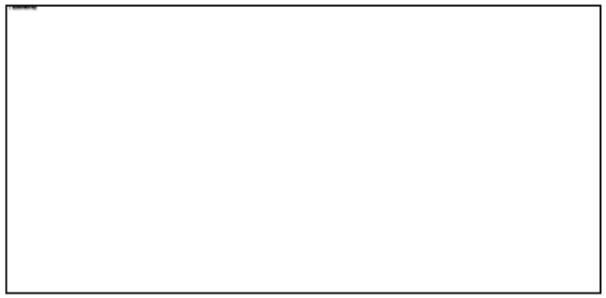
Le tableau ci-après présente les cotes correspondant aux limites de fuseau en début et fin de période et au 15 juillet :

	Cote supérieure fuseau	Cote inférieure fuseau
Début de période : 1er juin	1.55 m IGN69 (2.00 CB)	1.15 m IGN69 (1.60 CB)
15 juillet	1.35 mIGN69 (1.80 CB)	1.13 m IGN69 (1.58 CB)
15/09	1.15 mIGN69 (1.60 CB)	1.00 mIGN69 (1.45 CB)
Fin de période : 30 septembre	1.25 m IGN69 (1.70 CB)	0.95 m IGN69 (1.40 CB)

Article 8 : Gestion du 1er octobre au 15 novembre

À partir du 1er octobre et jusqu'au 15 novembre, la gestion consiste lorsque les conditions hydrologiques le permettent à restituer un débit constant à l'aval sur l'Acheneau. Le débit à restituer dépend de la cote atteinte par le lac au 1er octobre : restitution d'un débit de 1 m3/s à plus ou moins 10% si la cote au 1er octobre est de 1 m IGN69 (1.45 CB), de 5 m3/s à plus ou moins 10% si la cote est de 1.35 m IGN69 (1.80 CB) avec une progression linéaire du débit en fonction de la cote entre 1 m et 1,35 m IGN69 (1.45 et 1.80 CB, ces deux cotes ne servant qu'à tracer la progression linéaire, les seuils de gestion de crise étant de 1.40 et 1.70 CB).

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement des Pays de la Loire
Service ressources naturelles et paysages (SRNP)
5, rue Françoise Giroud - CS 16326 – 44263 NANTES Cedex 2
Téléphone 02 72 74 75 70 – Télécopie 02 72 74 75 79



En cas de dépassement de la cote supérieure du fuseau (crue), le vannage est ouvert afin de retrouver la cote du niveau supérieur du fuseau. À partir de cette cote, la restitution du débit défini au 1er octobre s'établit de nouveau.
Dans le cas où le niveau bas du fuseau est atteint (0.95 m IGN69, 1.40 CB), alors la condition de restitution ne s'applique plus. Le vannage est fermé et les conditions de restitution font l'objet d'une décision du Préfet (gestion de crise).

Le tableau ci-après présente les cotes correspondant aux limites de fuseau en début et fin de période :

	Cote supérieure fuseau	Cote inférieure fuseau
Début de période : 1er octobre	1.25 m IGN69 (1.70 CB)	0,95 m IGN69 (1.40 CB)
Fin de période : 15 novembre	1.95 m IGN69 (2.40 CB)	0,95 m IGN69 (1.40 CB)

Article 9 : Dispositifs de mesure et d'information

Le gestionnaire dispose d'un système de suivi des cotes en amont et en aval du vannage. Ces cotes sont disponibles au public au pas de temps journalier via un site web.

Article 10 : Mesures de sauvegarde

La gestion de l'ouvrage visé par cet arrêté garantit chacun des éléments mentionnés à l'article L211-1 du code de l'environnement. Le vannage est équipé d'une passe à civelles et anguillettes. Les dispositions relatives à la continuité écologique sont respectées, notamment par le maintien de l'alimentation de la passe.

Article 11 : Cession et cessation d'exploitation des ouvrages

La cession de tout ou partie des ouvrages par le propriétaire à une autre personne ou la cessation définitive de l'exploitation de tout ou partie des ouvrages doit faire l'objet d'une déclaration par le propriétaire, auprès du Préfet, dans le mois qui suit.
Cette déclaration doit mentionner, s'il s'agit d'une personne physique, les noms, prénoms et domicile du nouveau bénéficiaire et s'il s'agit d'une personne morale, sa dénomination ou sa raison sociale, sa forme juridique, l'adresse de son siège social ainsi que la qualité du signataire de la déclaration. Il est donné acte de cette déclaration.

Article 12 : Durée de validité du présent arrêté et modalités de révision

Le présent arrêté est applicable à compter de sa publication sur une durée d'expérimentation de 10 années.

Un bilan annuel de sa mise en œuvre et des résultats du protocole de suivi et d'évaluation sera présenté au comité consultatif et au conseil scientifique. En fonction de l'évolution de la réglementation et/ou en fonction de l'amélioration des connaissances, et après consultation du conseil scientifique et du comité consultatif, cet arrêté pourra être modifié et/ou abrogé selon le niveau d'atteinte des objectifs présentés dans les considérants.

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement des Pays de la Loire
Service ressources naturelles et paysages (SRNP)
5, rue Françoise Giroud - CS 16326 – 44263 NANTES Cedex 2
Téléphone 02 72 74 75 70 – Télécopie 02 72 74 75 79

A l'issue de cette expérimentation, une modification de l'arrêté ministériel du 28 mars 1996 portant autorisation du règlement d'eau du vannage de Bouaye sur la rivière l'Acheneau pourra être envisagée en fonction des résultats du protocole de suivi et d'évaluation, après consultation du conseil scientifique et du comité consultatif.

Article 13 : Mesures dérogatoires

Le préfet pourra prendre toute mesure dérogatoire aux dispositions prévues par le présent arrêté, afin d'assurer les travaux, entretiens ou chômages rendus nécessaires par l'état des ouvrages et programmés par le propriétaire ou gestionnaire.

Article 14 : Contrôles

À toute époque, le gestionnaire est tenu de donner accès aux agents chargés de la police de l'eau. Sur les réquisitions des fonctionnaires du contrôle, il devra les mettre à même de procéder à ses frais à toutes les mesures et vérifications utiles pour constater l'exécution du présent règlement.
Le gestionnaire tient, hors de portée de toute inondation, un registre sur lequel sont mentionnés au fur et à mesure, avec indication des dates, les principaux renseignements relatifs à l'exploitation de l'ouvrage (niveau amont, niveau aval, vitesse de descente, débit lâché, manœuvres de vannes effectuées, mesures de contrôle faites). Ce registre est tenu à disposition du service chargé de la police des eaux sur simple demande. Le gestionnaire assurera aussi la bancarisation des données journalières de niveaux amont et aval.

Article 15 : Voies et délais de recours

Le présent arrêté peut faire l'objet, dans un délai de deux mois à compter de sa publication d'un recours gracieux auprès du préfet et/ou d'un recours contentieux auprès du tribunal administratif de Nantes.

L'éventuel recours gracieux n'interrompt pas le délai de recours contentieux.

Article 16 : Exécution

Le secrétaire général de la préfecture de la Loire-Atlantique, le directeur régional de l'environnement, de l'aménagement et du logement, le directeur départemental des territoires et de la mer, le chef du service départemental de l'office national de l'eau et des milieux aquatiques et les maires concernés sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté qui sera affiché dans les mairies concernées, et publié au recueil des actes administratifs de la préfecture de la Loire-Atlantique.

Nantes, le

Le PREFET,

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement des Pays de la Loire
Service ressources naturelles et paysages (SRNP)
5, rue Françoise Giroud - CS 16326 – 44263 NANTES Cedex 2
Téléphone 02 72 74 75 70 – Télécopie 02 72 74 75 79

Annexe 4 : Photographies des frayères

- Sénaigerie (Session 1 à gauche, Session 3 à droite)

- Zinay (Session 2 à gauche, Session 3 à droite)

- Malgogne (Session 1)

- La Pré aux canes (Session 1 à gauche, Session 3 à droite)

- Ile verte (Session 1 à gauche, Session 3 à droite)

- Les Grands bonhommes (Session 1 à gauche, Session 2 à droite)

Annexe 5 : Arrêté préfectoral d'autorisation de pêche scientifique sur le lac de Grand-Lieu

PRÉFÈTE DE LA LOIRE-ATLANTIQUE

DIRECTION DEPARTEMENTALE
DES TERRITOIRES ET DE LA MER
Service eau, environnement
Unité Biodiversité

Arrêté n°2018/SEE-Biodiversité/43 portant autorisation de pêche scientifique du Brochet sur le lac de Grand-Lieu

LA PREFETE DE LA REGION PAYS DE LA LOIRE
PREFETE DE LA LOIRE-ATLANTIQUE

Officier de la Légion d'Honneur
Commandeur de l'Ordre National du Mérite

VU le titre III du livre IV du Code de l'Environnement, notamment son article L.436-9 ;

VU la partie réglementaire du code de l'environnement, notamment ses articles R.432-5, R.432-6 et R.432-11 ;

VU la demande d'autorisation de pêches scientifiques sur le lac de Grand-Lieu, présentée par la Société Nationale de Protection de la Nature en date du 02 février 2018 ;

VU la demande d'avis adressée à l'agence française de la biodiversité en date du 06 février 2018 ;

VU la demande d'avis adressée à la fédération de Loire-Atlantique pour la pêche et la protection du milieu aquatique en date du 06 février 2018 ;

VU l'avis de l'association des pêcheurs professionnels en eau douce en date du 12 février 2018 ;

VU l'arrêté du 12 février 2018 donnant délégation de signature de madame la préfète à monsieur Thierry LATAPIE-BAYROO, directeur départemental des territoires et de la mer de la loire-atlantique, et l'arrêté de subdélégation du 21 février 2018 de monsieur Thierry LATAPIE-BAYROO à certains de ses collaborateurs ;

Sur proposition du directeur départemental des territoires et de la mer ;

ARRÊTE

Article 1er : **Objet de l'arrêté**

La présente autorisation est destinée à assurer un suivi sur la population du Brochet et de ses frayères sur le lac de Grand-Lieu et ses annexes.

Article 2 : **Bénéficiaire de l'opération**

La Société Nationale de Protection de la Nature (SNPN) – réserve naturelle du Lac de Grand-Lieu est autorisée à pratiquer des pêches scientifiques sur l'espèce Brochet dans les conditions et sous les réserves précisées dans le présent arrêté.

Article 3 : **Responsable de l'exécution matérielle**

Les opérations sont placées sous l'autorité de la Société Nationale de Protection de la Nature – réserve naturelle du lac de Grand-Lieu.

Est désigné en tant que responsable de l'opération :

M. Jean-Marc GILLIER	Responsable de l'opération (Directeur de la Réserve Naturelle Nationale du Lac de Grand-Lieu)

Personnels chargés de l'exécution matérielle :

M. Philippe GALLAIS	Chargé d'opération (SNPN – Réserve Naturelle du lac de Grand-Lieu)
M. Sébastien REEBER	Chargé d'opération (SNPN – Réserve Naturelle du lac de Grand-Lieu)
Mme Laura BEON	Chargé d'opération (SNPN – Réserve Naturelle du lac de Grand-Lieu)
M. Christophe SORIN	Chargé d'opération (Fédération des chasseurs 44)

L'intervention de personnel stagiaire ne peut se faire que sous le contrôle du responsable de l'opération.

Ces opérations se déroulent également en concertation avec les agents :

- du service départemental de l'agence française de la biodiversité ;
- de la fédération départementale pour la pêche et la protection du milieu aquatique de Loire-Atlantique ;
- de la société coopérative des pêcheurs professionnels du lac de Grand-Lieu ;
- de la fédération départementale des chasseurs ;
- de la réserve naturelle régionale du lac de Grand-Lieu.

Article 4 : **Durée de validité**

La présente autorisation est valable du 1er avril 2018 au 30 juin 2018.

Article 5 : **Conditions d'exécution**

Le bénéficiaire de cette autorisation est tenu de prévenir la fédération départementale pour la pêche et la protection du milieu aquatique de Loire-Atlantique, le directeur départemental des territoires et de la mer, ainsi que l'agence française de la biodiversité avant chaque opération de capture aux adresses suivantes :

- Fédération départementale pour la pêche et la protection du milieu aquatique de la Loire-Atlantique
11 rue de la Bavière – 44240 La Chapelle sur Erdre
secretariat@federationpeche44.fr

- Agence française de la biodiversité
1 rue Eugène Varlin – 44100 Nantes
sd44@afbiodiversite.fr

- Direction départementale des territoires et de la mer
10 bd Gaston Serpette – BP 53606 – 44036 Nantes cedex 1
ddtm-see-biodiv@loire-atlantique.gouv.fr

Article 6 : **Lieu des opérations**

L'ensemble des opérations se déroule sur le lac de Grand-Lieu et ses annexes sur les territoires des communes de Saint-Philbert-de-Grand-Lieu et de Saint-Lumine-de-Coutais.

Article 7 : **Matériel utilisé**

Les opérations s'effectuent à l'aide d'engins de piégeage passif de type verveux.

Article 8 : **Destination du poisson capturé**

Les poissons capturés sont identifiés, pesés et mesurés, puis sont relâchés vivants sur le site de capture à l'exception des espèces susceptibles de créer des déséquilibres biologiques (poissons-chats, perches soleil, écrevisses rouges de Louisiane, Pseudorasbora , ….) qui sont détruites et non remises à l'eau.

Dans le but de ne pas fausser les résultats de l'opération, une ablation partielle d'une pelvienne est effectuée sur l'espèce Brochet afin d'identifier précisément les poissons déjà étudiés.

La localisation exacte du déversement des poissons capturés est déterminée au moment de la pêche en fonction des conditions hydrologiques.

Article 9 : **Compte-rendu d'exécution**

Dans un délai de un mois à compter de la date de fin de validité du présent arrêté, un rapport de synthèse sur les opérations est réalisé, indiquant les lieux, dates, objets et résultats obtenus selon le modèle à disposition sur le site internet de la DDTM44 ;

DDTM44/Politiques publiques / Environnement / Pêche en eau douce /
Conditions d'exercice du droit de pêche/ Rapport d'exécution

Le rapport de synthèse et le rapport final sont transmis au directeur départemental des territoires et de la mer, au président de la fédération de la Loire-Atlantique pour la pêche et la protection du milieu aquatique, au chef du service départemental de l'agence française de la biodiversité et à l'association des pêcheurs professionnels en eau douce.

Article 10 : **Présentation de l'autorisation**

Le bénéficiaire ou le responsable de l'exécution matérielle de l'opération doit être porteur de la présente autorisation lors des opérations et est tenu de la présenter à toute demande des agents commissionnés au titre de la police de la pêche.

Article 11 : **Accord des détenteurs du droit de pêche**

Le bénéficiaire ne peut exercer les droits qui sont liés à la présente autorisation, que s'il a obtenu l'accord du (des) détenteur(s) du droit de pêche.

Article 12 : **Retrait de l'autorisation**

La présente autorisation est incessible. Elle peut être retirée à tout moment sans indemnité si le bénéficiaire n'en respecte pas les clauses ou les principes qui lui sont liés.

Article 13 : **Exécution**

Le secrétaire général de la préfecture de la Loire-Atlantique, le général commandant le groupement de gendarmerie de la Loire-Atlantique, le directeur départemental des territoires et de la mer le président de la fédération départementale pour la pêche et la protection du milieu aquatique, le chef de la brigade départementale de l'agence française de la biodiversité, le chef de la brigade départementale de l'office national de la chasse et de la faune sauvage, monsieur le maire de Saint-Philbert-de-Grand-Lieu et monsieur le maire de Saint-Lumine-de-Coutais sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté qui sera publié au Recueil des Actes Administratifs.

NANTES, le 27 FEV. 2018

Pour la préfète et par délégation
P/le directeur départemental des territoires et de la mer
et par subdélégation,
la chef du service eau, environnement,

Cécilia MATHIS

Annexe 6 : Présentation des pièges

- **Le filet verveux double**

Le filet verveux double est un engin permettant la capture des poissons venant à la fois de l'amont et de l'aval. D'une longueur totale de 8 mètres, il est composé de deux verveux séparés par un filet guide de 4 mètres dirigeant les poissons vers ces deux extrémités. Le filet guide est équipé de flotteurs sur le dessus et de plombages sur le dessous pour occuper l'ensemble de la colonne d'eau. Les verveux (de 2 mètres chacun), sont composés de quatre anneaux dont deux avec des goulots afin d'éviter l'échappement des espèces capturées. Les mailles des filets utilisées sont de 4mm pour piéger l'ensemble des brochetons. Les extrémités du filet sont fixées à deux piquets plantés dans le substrat pour obtenir un filet tendu comme présenté sur la figure ci-dessous.

Source : FIPEC.

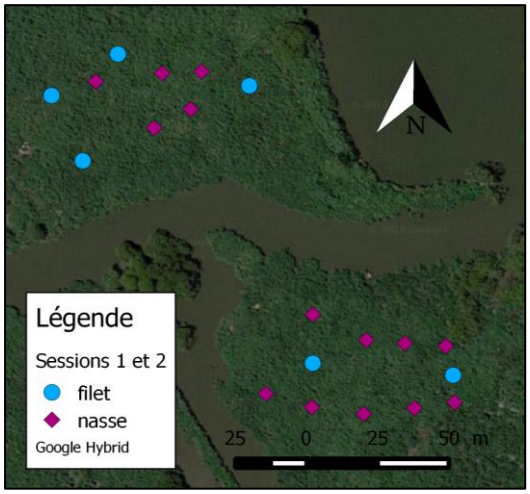
- **La nasse**

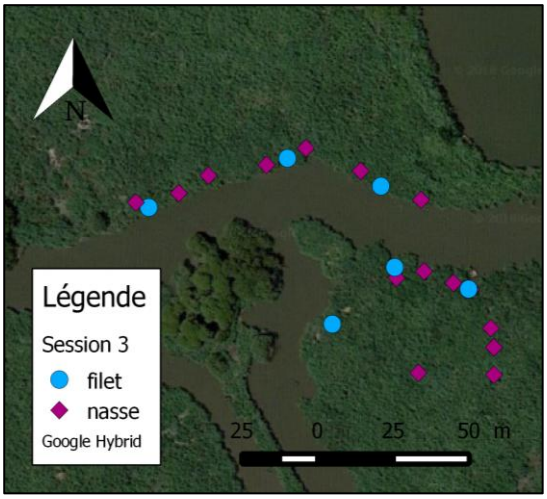
Les nasses, d'une longueur de 50cm, d'une hauteur de 28cm et d'une largeur de 17cm, sont composées de deux entrées latérales sous forme de goulots pour éviter l'échappement des individus une fois capturés. Un exemple de nasse est présenté ci-dessous.

Source : Auterie-Devaud

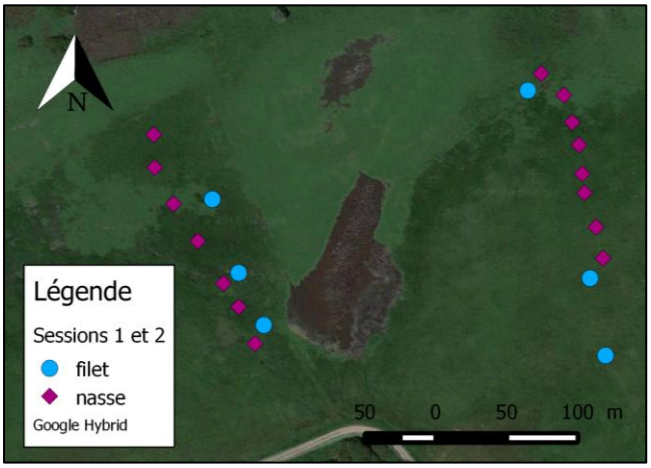
Annexe 7 : Position des filets et des nasses

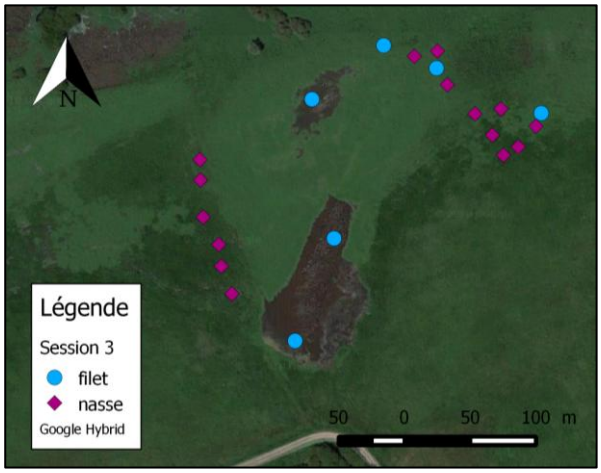
- **L'Ile verte**



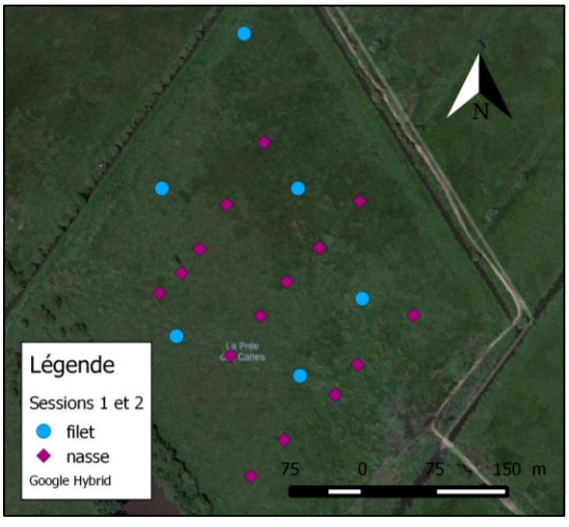


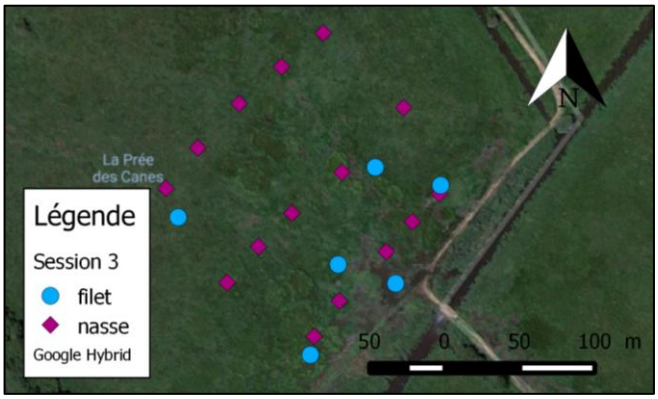
- **Les Grands bonhommes**



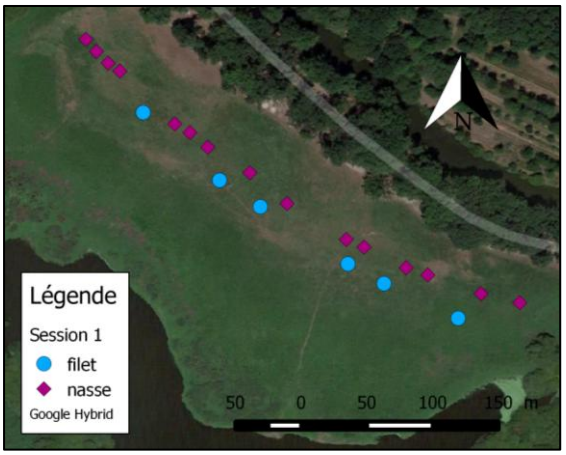


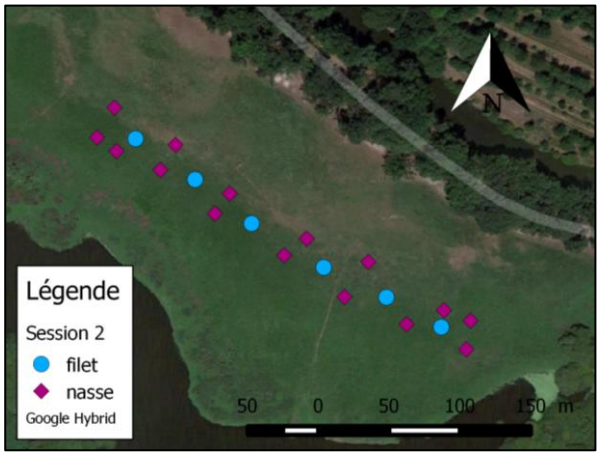
- **La Pré aux canes**

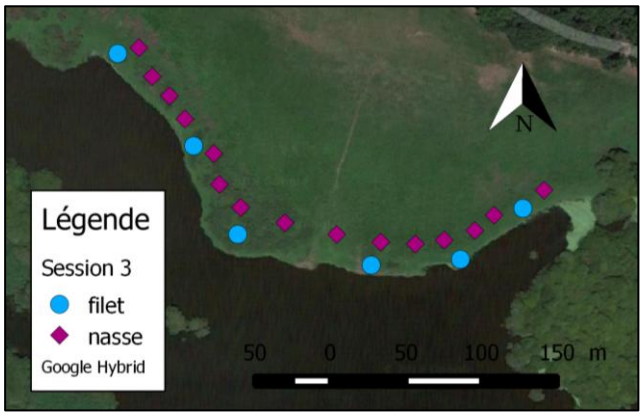




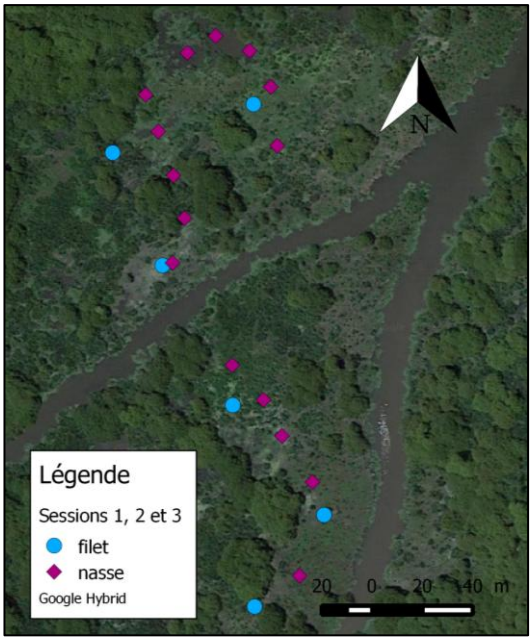
- **Sénaigerie**



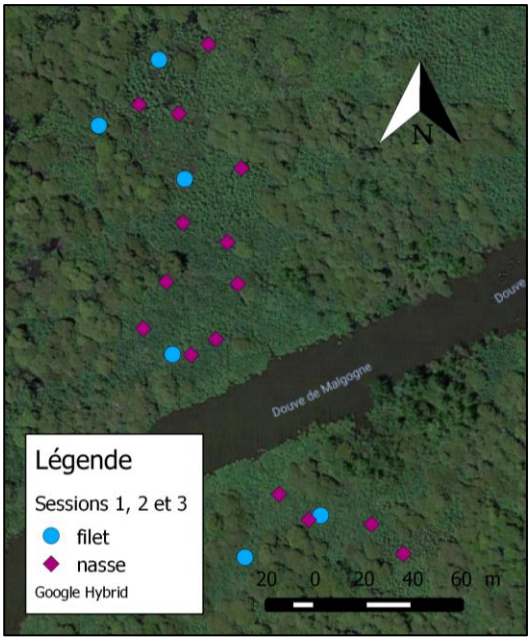




Zinay



Malgogne



Annexe 8 : Fiche de capture (Filets verveux)

Fiche Terrain : Filets verveux

Nom de la frayère :
Date d'échantillonnage :
Surface de la frayère (évolution) :
Conditions climatiques :
Nageoire coupée : ☐Gauche ☐Droite
Heure de pose : Heure de relève :

	Espèces (+ Nombre)	
Filet n°	Verveux Droit	Verveux Gauche

N° de filet	Coordonnées GPS	Brochets recapturés	
		Verveux droit	Verveux Gauche

N° filet + G/D	Taille	N° filet + G/D	Taille	N° filet+ G/D	Taille	N° filet + G/D	Taille	N° filet+ G/D	Taille	N° filet+ G/D	Taille

Annexe 9 : Fiche de capture (Nasses)

Fiche Nasses

Nom de la frayère :

Date d'échantillonnage :

N° Filet	Coord. GPS	Espèces + Nombre + Taille (uniquement brochet)	Nbre de Bro recap.
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

Annexe 10 : Fiche station

« Frayère à brochets »

Nom de la frayère :
Type de frayère : ☐Roselière ☐Prairie inondable – Mode de gestion :
Coordonnées GPS :
Surface de la frayère :
Distance à la zone centrale :

	J1	J2	J3
Dates d'échant.			
Météo			
Cote Buzay			

Végétation			
	Espèces	Tx de recouv.	Hauteur moy.
Strate herbacée	- - - -	- - - -	
Strate arbustive	- -	- -	
Strate arborée	- -	- -	

Ombrage

☐ - de 5% ☐entre 5 et 25 % ☐entre 25 et 50% ☐entre 50 et 75% ☐+ de 75%

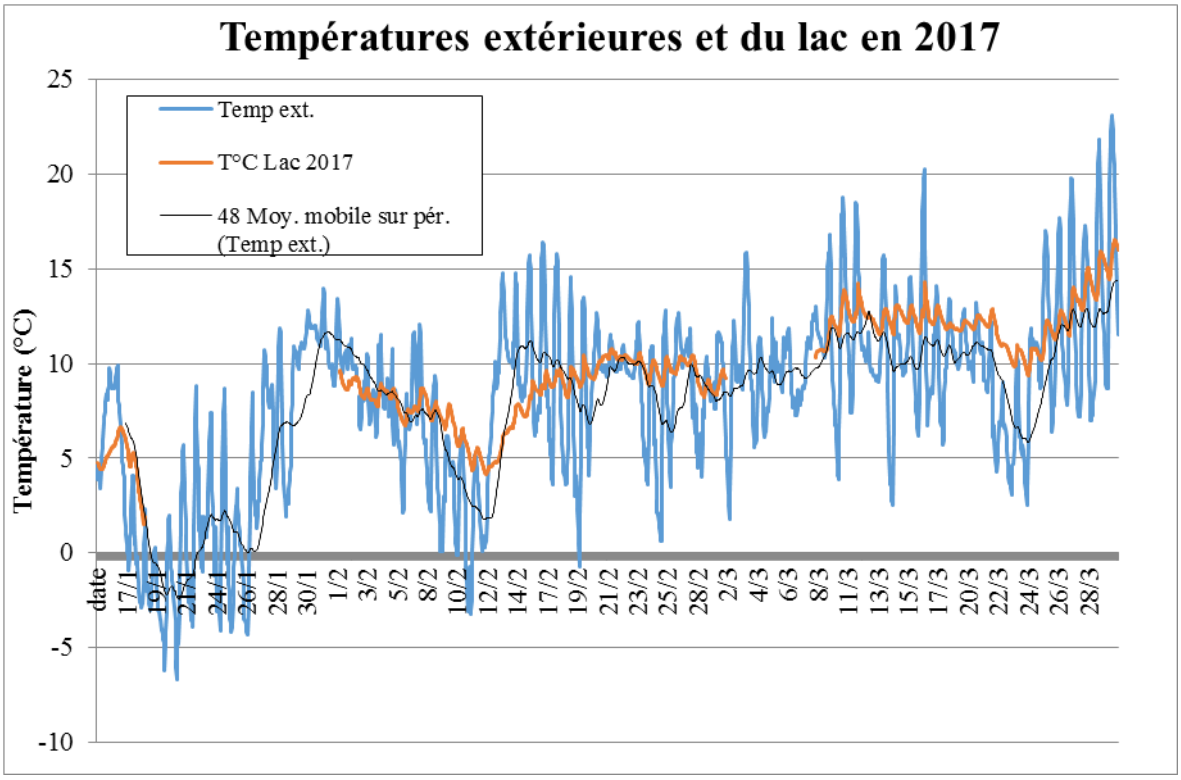
Substrat

☐Sableux ☐Vaseux ☐Graviers ☐Autres

	J1	J2	J3	J4
Turbidité				
Hauteur d'eau				
Température				
pH				
O2dissous				

Mesure zooplancton : Nombre de litres :
Présence de prédateurs observés (oiseaux) :

Annexe 11 : Températures extérieures et du lac (2017)



Annexe 12 : Relevés floristiques

Site	Malgogne	Zinay (Zone 1)	Zinay (Zone 2)	Ile verte	Pré aux canes (Zone 1)	Pré aux canes (Zone 2)	Sénaigerie	Grands Bonhommes (Zone 1)	Grands Bonhommes (Zone 2)
Date de prospection	26/07/2018	26/07/2018	26/07/2018	28/06/2016	01/08/2018	01/08/2018	26/07/2018	28/05/2014	28/05/2014
Surface prospectée (m2)	100	250	200	12,25	100	200	50	30	30
Recouvrement strate herbacée (%)	100	65	85	95	100	90	100	80	90
Hauteur moyenne (cm)	130	40	70	80	80	60	120	55	55
Espèces	Coefficient de Braun Blanquet								
Agrostis canina					3			1.2	1.1
Agrostis stolonifera	+				2	4	1	2.2	
Alisma lanceolatum							1	+	+
Alisma plantago aquatico							+	r	+
Apium inundatum								+	1.1
Baldellia ranunculoides								1.1	1.1
Bidens cernua	r	+	+						
Bidens tripartita	r								
Calystegia sepium	1	+					+		
Cardamine pratensis				r					
Carex acuta							2		1.3
Carex lasiocarpa					4	1			
Carex visicaria						2			
cf Gnaphalium uliginosum						r			
Cirsium dissectum					1				
Convolvulus sepium				+					
Iris pseudacorus	2	2	2	2	i	+	3		
Echinochloa crus-galli							r		
Eleocharis palustris						1	2	4.4	4.5
Eleocharis uniglumis								+	
Equisetum fluviatile									+
Galium palustre									+
Glyceria maxima								2.2	2.3
Gratiola officinalis									2.3
Juncus acutiflorus						2			
Juncus articulatus					2				
Juncus bulbosus					r				
Hydrocotyle vulgaris									r
Lemna minor		1	+						
Ludwigia grandiflora	r	4	3				4	1.3	+
Ludwigia palustris	r	r							
Lycopus europaeus	+								
Lysimachia vulgaris	1				1	1	2	+	1.1
Lythrum salicaria	1				+	1	2		
Mentha aquatica	2	1	3	2			4		
Mentha arvensis					3	1			
Mentha x verticillata								3.3	2.3
Molinia caerulea					2	2			
Myosotis laxa subsp. cespitosa							+	+	+
Myosotis scorpioides	+								
Persicaria amphibia				1					
Phalaris arundinacea	4	3	4	2	3	2	1	1.2	2.2
Phragmites australis	3			2	1	1			+
Polygonum amphibium	+	+	+				+	2.3	1.2
Polygonum hydropiper							r		
Oenanthe fistulosa								1.1	+
Ranunculus flammula					1	1			
Ranunculus lingua									1.2
Rorippa amphibia	+								r
Scutellaria galericulata				+					
Sium latifolium							r	1.2	1.1
Sparganium erectum						+		1.2	
Solanum dulcamara				1					
Stachys palustris	1				+	+	r		+
Thalictrum flavum				+					
Thelypteris palustris	1								
Veronica scutellata					+	r	r		

Résumé / Abstract

Le lac de Grand-Lieu a pour particularité la présence de zones inondables importantes, riches d'une biodiversité remarquable, mais dépendant directement des niveaux d'eau. La gestion de ces derniers est un enjeu important du lac car de nombreux acteurs en sont tributaires.
C'est dans ce contexte que ce rapport traite de la mise en place d'une étude portant sur une espèce dont la reproduction est conditionnée par ces niveaux d'eau : le brochet (*Esox lucius).* Cela fait d'elle une espèce bio-indicatrice.
Un échantillonnage sur six frayères potentielles du lac a ainsi été réalisé dans le but d'observer et d'analyser le recrutement et l'évolution de la taille des brochetons en fonction de différents paramètres biotiques et abiotiques. Des individus ont été capturés sur l'ensemble des frayères mais les effectifs sont très variables. Aussi, en se basant sur les résultats de deux années d'étude, il semblerait que le recrutement soit influencé par les niveaux d'eau, l'accessibilité à la frayère, la topographie et la végétation. L'évolution de la taille des brochetons serait, elle, dépendante principalement de la température de l'eau mais également de la densité en proies sur les frayères. Il semblerait que le brocheton ait une capacité d'adaptation au milieu suivant les années et les conditions environnementales. Le fait que de nombreux paramètres interviennent sur la dynamique de population du brocheton ne permet pas de tirer des conclusions précises sur la gestion des niveaux d'eau en comparant uniquement les résultats sur deux années. Le maintien de niveaux d'eau stables entre février et avril est cependant nécessaire pour permettre le développement des brochetons.

Mots clés : Espèce bio-indicatrice, Niveaux d'eau, Frayères, Dynamique de population, Recrutement, Facteurs biotiques et abiotiques.

The main feature of Grand-Lieu Lake is the important surfaces of flood plains, where the biodiversity is remarkable, but conditioned by water level. Water management is an important lake's issue because many actors are water level dependent.
In this respect, this document deals with a study about one specie the breeding of which is conditioned by water level: the northern pike (*Esox Lucius*), a bioindicator specie.
A sampling on six spawning areas of the lake was made in order to observe and to analyse pike fingerlings' recruitment and size evolution in link with many biotic and abiotic parameters. Individuals were caught on every pike spawning area but figures are variable. On the basis of a two year study's results, it seems that the recruitment is influenced by water level, pike spawning area accessibility, topography and vegetation. Pike fingerlings size evolution would depend on water temperature and prey density. It seems that, according to years, pike has an adaptation capacity to environmental conditions. The fact that many parameters operate on the pike population dynamic doesn't permit to establish exact conclusion about water level management comparing only two years results. However, to maintain a water level stability between February and April is essential to allow pike fingerlings development.

Keywords: Bioindicator specie, Water level, Spawning area, Population dynamics, Recruitment, Abiotic and biotic factors.